

**INFORME AUDIENCIA PÚBLICA DE RENDICIÓN DE CUENTAS
AÑO 2020**

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

BOGOTÁ, DICIEMBRE 2020



TABLA DE CONTENIDO

1. Investigación, seguimiento y monitoreo de las amenazas geológicas y Actualización instrumental del Sistema Sismológico Nacional de Colombia.
2. Investigación en recursos del subsuelo y evaluar su potencial.
3. Ampliación del conocimiento geocientífico Básico e integral del territorio nacional.
4. Generación del conocimiento geocientífico en materia de Hidrocarburos.
5. Gestión integral del conocimiento geocientífico del territorio Nacional para garantizar su disponibilidad.
6. Caracterización e Investigación de materiales geológicos.
7. Mejoramiento, desarrollo y promoción de las capacidades científicas y tecnológicas de las aplicaciones nucleares y radiactivas.

1. Investigación, seguimiento y monitoreo de las amenazas geológicas y Actualización instrumental del Sistema Sismológico Nacional de Colombia.

1.1. Introducción Geoamenazas

Esta área de conocimiento trabaja en temas relacionados a la investigación, evaluación de amenazas y monitoreo de actividad sísmica y volcánica y deformación de la corteza terrestre. En la evaluación de las amenazas de origen geológico principalmente investigamos las amenazas relacionadas a movimientos en masa, actividad sísmica y volcánica. En la investigación y seguimiento a actividad sísmica, volcánica y deformación de la corteza terrestre, el Servicio Geológico Colombiano ha implementado la Red Sismológica Nacional de Colombia – RSNC, la Red Nacional de Acelerógrafos de Colombia – RNAC, las Subredes como la del Valle Medio del Magdalena, los Observatorios Vulcanológicos y Sismológicos de Manizales, Popayán y Pasto y Red Nacional de Estaciones GNSS – Geored.

1.2. Objetivo general:

Fortalecer la investigación, monitoreo y evaluación de amenazas de origen geológico a nivel nacional

Objetivos específicos:

- Fortalecer la generación de nuevo conocimiento de los procesos que generan amenazas geológicas
- Mejorar las condiciones técnicas, tecnológicas y operacionales para la recolección y análisis de datos

1.3. Estructura funcional – Grupos Internos de Trabajo



Fuente: Resolución No. D-249 de 2020

1.3.1. Evaluación de Amenazas por Movimientos en Masa.

- **Proyecto 1000636 - Elaboración de guías metodológicas- guía metodológica para evaluación de amenaza por avenidas torrenciales**

En el marco del convenio con la Pontificia Universidad Javeriana para elaboración de la guía metodológica, cuyo objeto es “Aunar esfuerzos técnicos, administrativos y financieros para generar la guía metodológica para zonificación de amenaza por avenidas torrenciales, alineada con la normatividad vigente y que la generación de este conocimiento geocientífico pueda ser incorporado en los procesos de ordenamiento territorial”, se continuó trabajando en la generación del documento base, obteniéndose una primera versión metodológica para las dos escalas de trabajo (1:25.000 y 1:2.000). Para obtener dicha propuesta metodológica, se tomó como base proyectos ejecutados por el SGC a diferentes escalas, como son el municipio de Mocoa y la cuenca de la quebrada La Negra en Útica, Cundinamarca

Dicha propuesta metodológica fue puesta en consideración de expertos nacionales e internacionales, quienes hicieron sus aportes, los cuales se tendrán en cuenta para la versión final. Los talleres con los expertos internacionales se realizaron en dos jornadas, los días 26 y 27 de agosto teniendo en cuenta la diferencia horaria con Europa. El día 28 de agosto se hizo un taller participativo abierto a entidades, agremiaciones y universidades, de quienes también se recibió retroalimentación.

Por otra parte, se continuó con la caracterización de las cuencas a nivel nacional con apoyo en el aplicativo en línea bajo la plataforma de *ArcGis On line*, a través del cálculo de los índices definidos en el marco de la torrencialidad. En relación con las cuencas piloto, en este trimestre se ejecutó el contrato de generación de la cartografía básica de la cuenca de la quebrada Surcabásiga del municipio de Guacamayas, Boyacá, se recibieron los productos y se está haciendo la revisión de los mismos. Por otra parte, se inició el proceso de fotointerpretación temática y se espera poder realizar trabajo de campo el próximo trimestre.

- **Proyecto 1000963 – Zonificación detallada de amenaza y riesgo por movimientos en masa. – Evaluación de amenaza por movimientos en masa del casco urbano de San Eduardo, Boyacá y caracterización del área inestable contigua, escala 1:2.000.**

Se trabajó en la generación de los capítulos finales que describen las temáticas de geología, geomorfología, cobertura de la tierra, uso del suelo y detonantes agua y sismo. El 14 de septiembre se reanudó el contrato 1139/2019 y se retomó de parte de la firma la ejecución de ensayos de laboratorio y toma de datos en campo. Se generaron varios modelos de evaluación de estabilidad para los diferentes perfiles definidos, utilizando los parámetros de los ensayos de laboratorio disponibles, se analizó la posibilidad de realizar modelación 3D en la zona del gran deslizamiento, sin embargo, debido a la poca profundidad del movimiento en relación con su área, se definió que dicha modelación no sería representativa del comportamiento del terreno.

- **Proyecto 1001399 – Lineamientos para incorporar las geoamenazas en los macro-proyectos de infraestructura.**

Se continuó desarrollando el documento con base en el índice definido en el segundo trimestre, se obtuvo una primera versión del documento que fue presentada en reunión al Director General y a los profesionales de la Oficina Jurídica, quienes revisaron el documento desde el punto de vista jurídico, con el fin de evitar que se supere la misión institucional.

Se continuó con las mesas de trabajo, en donde se ha discutido el alcance relacionado con la definición de macro-proyectos, de tal manera que se cuenta con una versión alterna del documento, a partir de la cual se ajustará la versión de trabajo.

Se hicieron contactos con expertos nacionales e internacionales para las diferentes temáticas, de tal manera que para finales del mes de octubre sea posible enviar un documento para revisión de dichos expertos, igualmente se avanzó en la definición de los aspectos logísticos y financieros para el pago de dichos servicios.

- **Proyecto 1000651 – Actualización del mapa nacional de amenaza por movimientos en masa escala 1:25.000.**

Se realizó el seguimiento a los convenios firmados con las universidades UIS, UNIPAMPLONA, UNAL BOGOTÁ Y UNICAUCA, de tal manera que para cada uno de los bloques se realizaron reuniones temáticas para apoyar temáticamente a los grupos en la generación de las variables UGS, SGMF, geología estructural y cobertura de la tierra. Se recibieron las fotointerpretaciones de las diferentes temáticas en los cuatro bloques, se realizaron las revisiones y generación de observaciones.

La UIS completó las correcciones de todas las temáticas, le fueron aprobadas y realizó el trabajo de campo durante el mes de agosto, actualmente se encuentra generando los mapas temáticos a partir del control de campo. La Universidad Nacional de Colombia igualmente realizó las correcciones de todas las temáticas, sin embargo, no realizó el trabajo de campo debido a la resolución emitida por las directivas, que prohíbe las salidas de campo durante el año 2020, por lo tanto fue necesario suspender el convenio a partir del 1 de septiembre de 2020, se reanuda en enero de 2021. La Universidad del Cauca terminó las correcciones de todas las temáticas e inició el trabajo de campo a finales del mes de agosto, sin embargo, debido al recrudecimiento de la violencia en dos de los municipios, fue necesario suspender por dos semanas el trabajo de campo, el cual se retomó en el mes de septiembre. La Universidad de Pamplona aún continúa realizando ajustes a las temáticas, debido al desajuste que tuvo el grupo de trabajo por el fallecimiento del Dr. Domingo Mendivelso, por COVID19, de tal manera que se espera que inicien trabajos de campo en octubre de 2020.

En relación con el tema de apropiación social del conocimiento, las dos universidades que realizaron o están realizando trabajo de campo, avanzaron en la realización de talleres participativos con los diferentes grupos focales y se dieron lineamientos para la generación de los documentos relacionados con dichos talleres.

En las reuniones de seguimiento se tocaron diferentes temas entre los que se encuentra la posibilidad de prórrogas de los convenios, de tal manera que las universidades están haciendo las evaluaciones a fin de hacer la solicitud formal al SGC.

Los avances al mes de septiembre de cada convenio son los siguientes:

Bloque 01/convenio No. 35/2019: 44.3 % Vs 86,5% programado.

Bloque 02/convenio No. 33/2019: 65.8 % Vs 80.2% programado.

Bloque 03/convenio No. 34/2019: 50% Vs 97% programado.

Bloque 04/convenio No. 37/2019: 62 % Vs 67% programado a 31 de agosto

En relación con los municipios control se tiene que para el municipio de Chinácota se generaron los informes finales de las temáticas de UGS, SGFM, Cobertura de la Tierra, Uso del suelo, a partir de los mapas ajustados después de la revisión por pares. Se realizó la modelación de la susceptibilidad, generándose la versión definitiva, después de generar por lo menos 75 versiones con diferentes escenarios.

En el municipio de Rosas se generó la versión para oficialización. Se definió a Marmato, Caldas como un nuevo municipio control, se realizó la programación en Plan View y se dio inicio al proceso de recolección de información, se realizó reunión con la alcaldía de Marmato y se generó oficio para solicitar el envío de la información que tienen a nivel local y departamental.

- **Proyecto 1000875 – APROPIACIÓN SOCIAL, ASISTENCIA TÉCNICA Y SIMMA**

En este frente de trabajo se dio respuesta a las diferentes solicitudes recibidas por el SGC en relación con el tema de movimientos en masa. Para el municipio de Rosas, Cauca se generó el informe final de la temática, el cual está incluido en el informe final. Se continuó el monitoreo de la situación social referente al COVID 19, con el fin de programar reuniones para la entrega del informe final de manera virtual. Para el caso del municipio de Chinácota, se continuó con el monitoreo de la situación social referente al COVID 19.

Para el nuevo municipio control se tramitó y realizó la reunión de socialización de los estudios ofrecidos por el SGC en el marco de la solicitud hecha por Minería Empresarial, con el fin de apoyar al municipio en su proceso de ordenamiento territorial y reubicación del casco urbano. En el frente de trabajo Mapa Nacional escala 1:25.000, se desarrollaron mesas de trabajo con los diferentes grupos de las universidades para revisar avances y productos.

En el frente de trabajo guía avenidas torrenciales, se preparó y realizó el segundo taller participativo en el marco de la construcción de la guía metodológica, de tal manera que el 26, 27 y 28 de agosto se llevaron a cabo talleres con expertos nacionales e internacionales y un taller abierto a todo público. Se continuó con el trabajo conjunto con el grupo de comunicaciones del SGC y del museo, con el fin de generar herramientas comunicativas del tema de movimientos en masa.

En el frente de trabajo de acompañamiento a otros proyectos en la apropiación social del conocimiento de la amenaza, se participó en las reuniones del municipio de Cáqueza, Cundinamarca, referente al seguimiento de la sentencia relacionada a la problemática de inestabilidad del municipio y se generaron respuesta a las solicitudes del Juez. En el tercer trimestre las universidades realizaron carga de datos tipo catálogo y tipo inventario al SIMMA, información que aún no se encuentra visible por cuanto debe verificarse en campo.

1.3.2. Evaluación y Monitoreo de Actividad Sísmica

- **Monitoreo De La Actividad Sísmica**

Durante el tercer trimestre del año se ha monitoreado la actividad sísmica del país 24 horas al día, 7 días a la semana, alimentando las bases de datos del SGC con más de 23.900 sismos localizables en este periodo de tiempo (enero - noviembre de 2020), los epicentros de los sismos del primer semestre del año se muestran en el siguiente mapa.

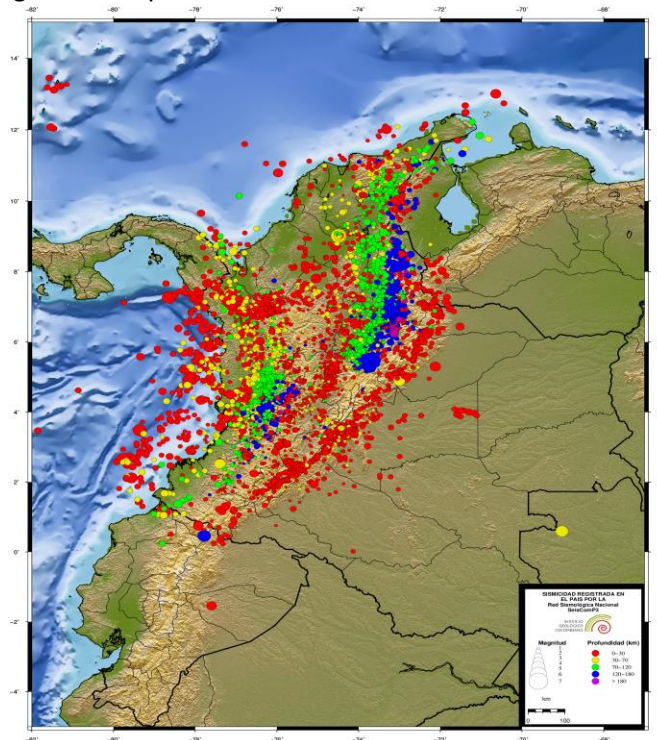


Figura 1: Sismicidad registrada por la red sismológica nacional del 1 de enero al 30 de junio de 2020.

Los eventos pueden ser consultadas a través de la página web <https://www.sgc.gov.co/sismos> y <http://bdrsnc.sgc.gov.co/paginas1/catalogo/index.php>. Y se hace la elaboración de los boletines de sismicidad mensuales de enero a septiembre de 2020.

Igualmente, durante el periodo de enero – noviembre de 2020 se ha realizado el procesamiento y cálculo de parámetros de aceleración de 88 eventos con magnitudes $M \geq 4.0$. Los eventos son mostrados en el siguiente mapa.

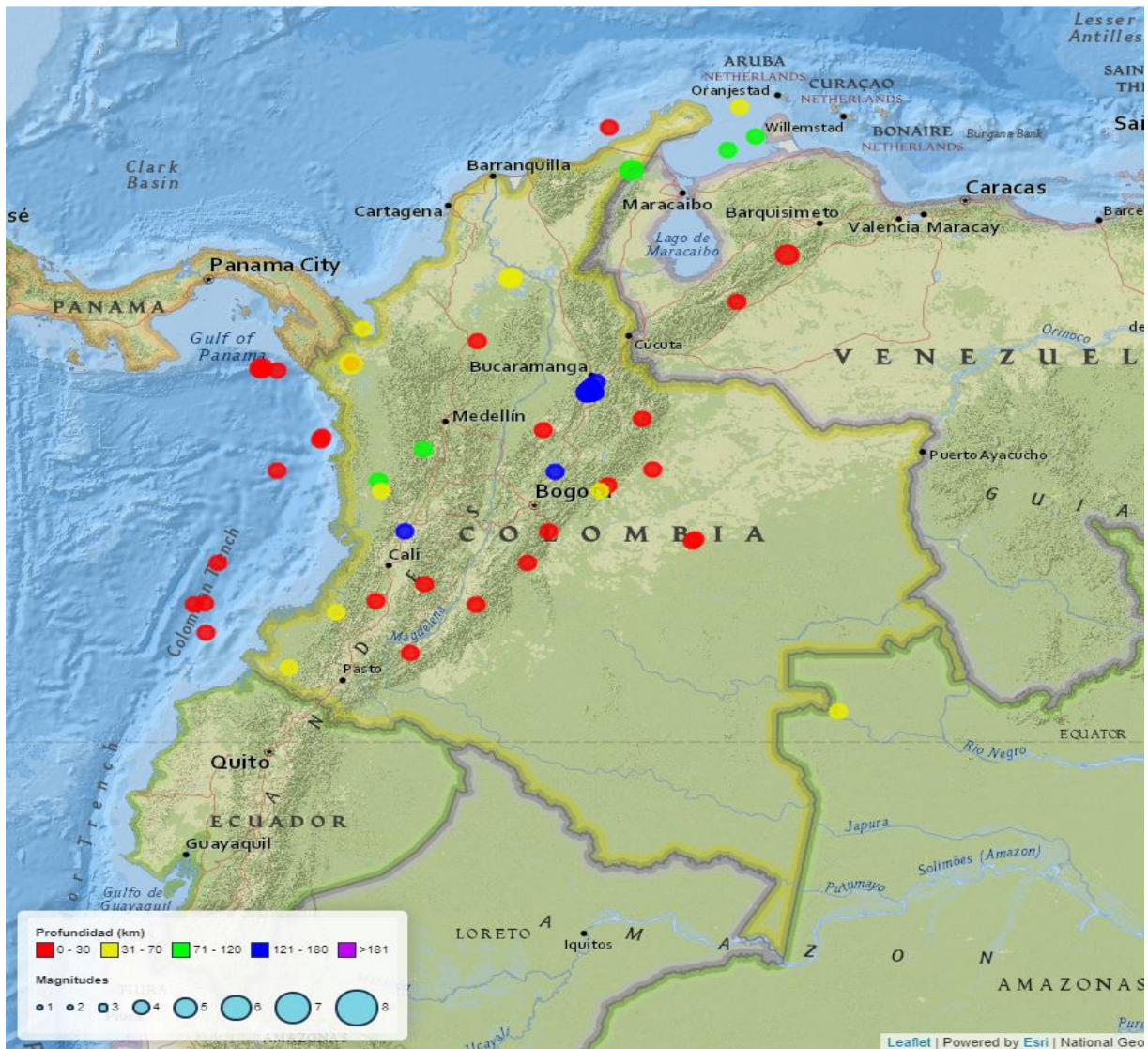


Figura 2. Eventos para los cuales han sido calculados los parámetros de aceleración desde el 1 de enero al 30 de noviembre de 2020.

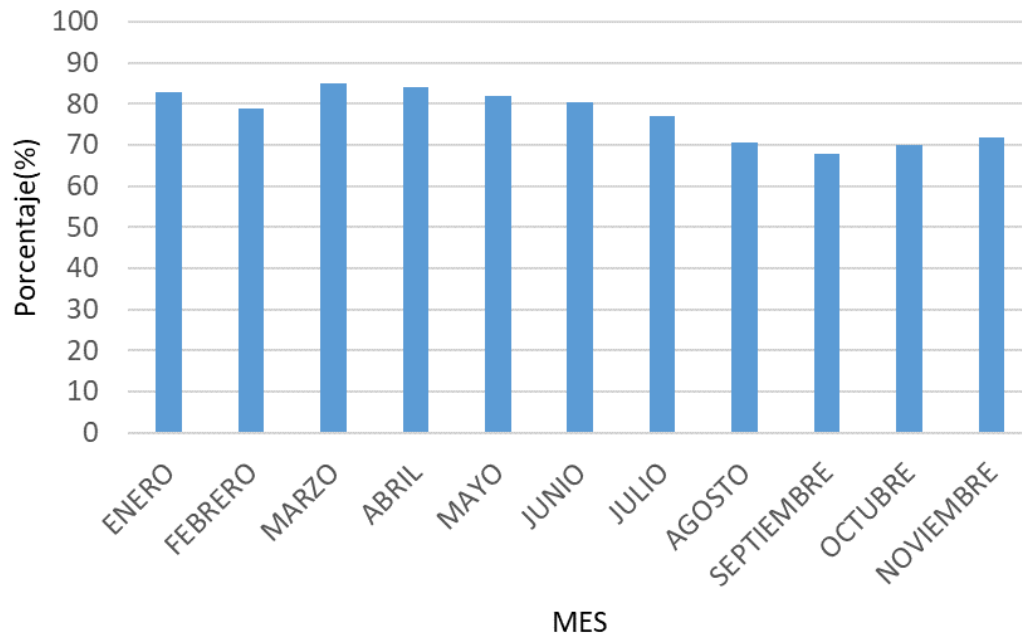
Los datos de aceleración calculados para los eventos pueden ser consultados en la página web en:

<https://www.sgc.gov.co/sismos>

http://bdrsnc.sgc.gov.co/paginas1/catalogo/index_rnac.php

- **Funcionamiento de la red de monitoreo sísmológico**

El funcionamiento de la red de monitoreo durante el periodo enero – noviembre del 2020 se muestra en las siguientes figuras, las cuales presentan las estadísticas de funcionamiento para las estaciones de la red de monitoreo sísmológico que operan en tiempo real.



Gráfica 1. Porcentaje de funcionamiento mensual de las estaciones de monitoreo sísmico en tiempo real (sismológicas y acelerográficas), enero – noviembre de 2020

Los principales problemas se deben a fallas en los sistemas eléctricos y hurtos en las estaciones. Debido a las medidas de restricción de movilidad debido a la Declaración de Emergencia Sanitaria en el país los mantenimientos correctivos y preventivos se han retrasado y esto ha tenido un impacto importante en el funcionamiento de las estaciones.

- **Actividades mantenimiento**

En atención a las recomendaciones del Gobierno Nacional con respecto al confinamiento preventivo obligatorio para evitar la propagación de la Covid-19, durante el primer semestre del año solo se realizaron las actividades de instalación y mantenimiento en aquellas estaciones que son estrictamente necesarias, cuyos desplazamientos y actividades no requieran más de un día, además de tener fácil acceso a la zona. En el segundo semestre las actividades se han tratado de normalizar, en la medida de lo posible, dependiendo de la zona. Siempre atendiendo las normas sanitarias recomendadas por el Ministerio de Salud y entidades territoriales.

Entre enero – noviembre se han realizado más de 200 visitas de mantenimiento a las estaciones de monitoreo sísmico, sin embargo, hay estaciones que no se han podido visitar. Igualmente, el Huracán Iota afectó las estaciones de Caribe, en particular las de San Andrés, Providencia y los Cayos, por ahora están fuera de funcionamiento, y esperamos en diciembre poder hacer un diagnóstico de las mismas y determinar si se puede reestablecer su funcionamiento.

- **Instalación de nuevas estaciones de monitoreo sísmico sin transmisión en tiempo real**

Con el interés de mejorar el cubrimiento de la sismicidad en el área de ocurrencia del sismo de Mesetas del 24 de diciembre de 2019 se realizó la búsqueda y selección de sitio, así como la instalación de estaciones portátiles en los lugares seleccionados. Dichas estaciones son:

Ilustración 1. Estación Sismológica DORAC, ubicada en el municipio de El Dorado, Meta:



Ilustración 2. Estación Sismológica ARAMC, ubicada en el municipio de San Juan de Arama, Meta:



- **Catálogo de tensor momento sísmico**

Se actualizó el catálogo de soluciones del tensor momento sísmico (TMS) con la revisión manual de las soluciones automáticas generadas por los diferentes algoritmos implementados en el SGC. En el siguiente mapa se recopilan todas las soluciones calculadas. Este catálogo puede ser consultado a través de la página web en:

http://bdrsnc.sgc.gov.co/sismologia1/sismologia/focal_seiscomp_3/index.html

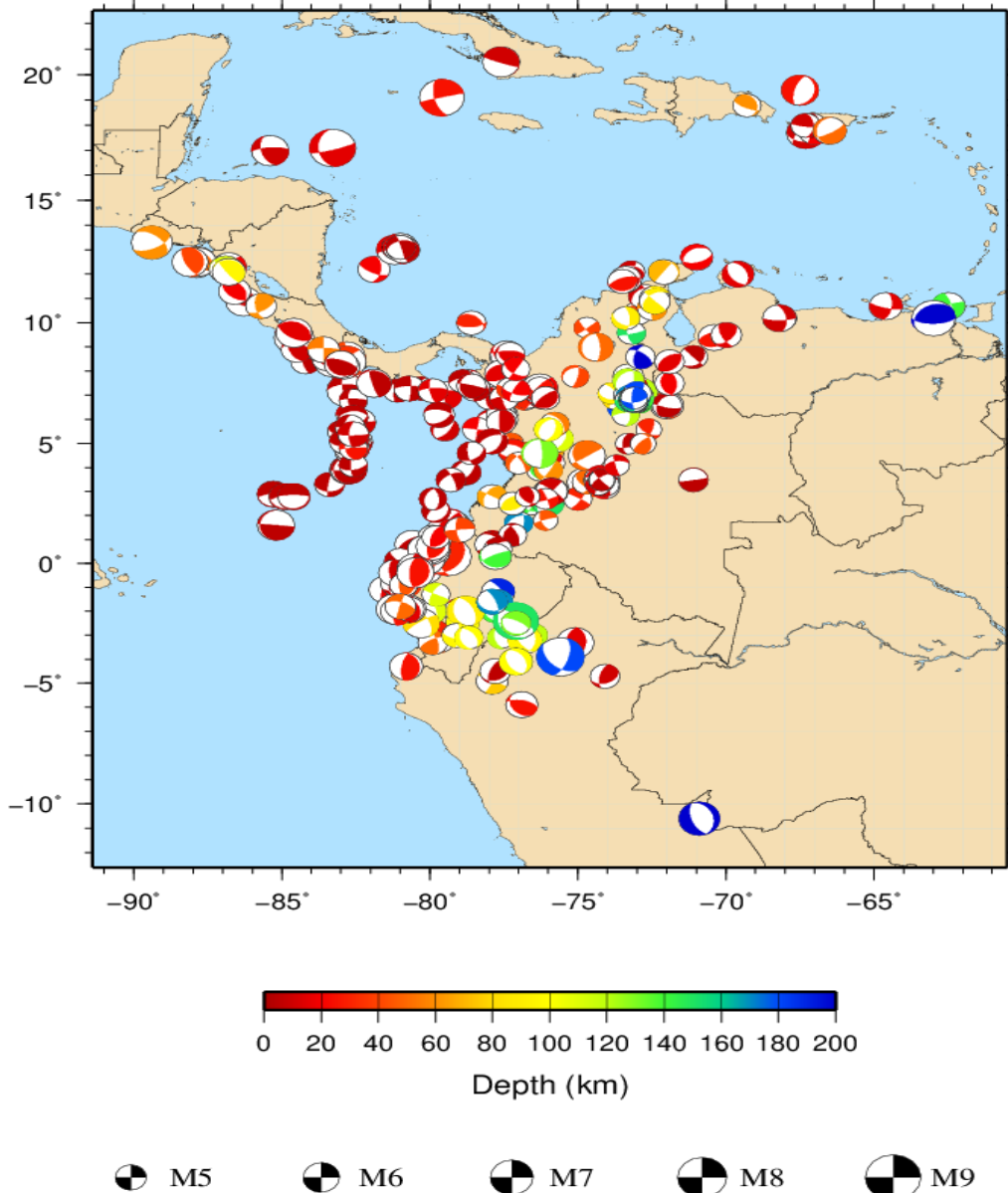


Figura 3. Mapa con las soluciones del tensor momento sísmico del catálogo 2014/01-2020/09

- **Modelo de velocidad de la cuenca de Bogotá Proyecto SATREPS**

En el marco del proyecto SATREPS, durante el primer semestre del 2020, una vez incluida toda la información disponible (26 multi-arreglos de gran tamaño y 327 arreglos miniatura, Figura 4) y actualizadas las ecuaciones empíricas Residual de Bouguer - Profundidad Capa para $V_s > 600$ m/s Figura 5 y Periodos - Profundidad de capa para para $V_s < 700$ m/s Figura 6, se continuó con la calibración del modelo de velocidad usando la Metodología de Inversión Conjunta propuesta por (Arai & Tokimatsu, 2004, 2005), se han calibrado 25 perfiles construidos a partir de las relaciones empíricas, en los sitios donde se tiene información de mediciones de microtremores de gran tamaño. En total se han calibrado 25 perfiles, a partir de estos se han construido las nuevas relaciones empíricas Residual Bouguer - Profundidad de capas para $V_s > 600$ m/s la cuales se usarán para generar los modelos de capas calibrados.

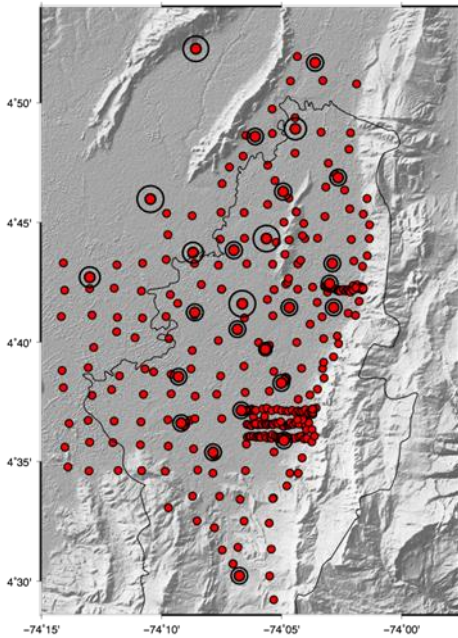


Figura 4. Arreglos de microtremores. 26 arreglos grandes (círculo rojo dentro círculo negro) y 300 Arreglos miniatura (círculo rojo).

- **Residual Bouguer – Perfiles V_s**

Una vez separados los perfiles en tres zonas geotécnicas (Cerros, Aluvia y Lacustre), se calcularon las relaciones empíricas para los diferentes grupos para valores de velocidad de onda de corte $V_s < 600$ m/s. Sin embargo, las ecuaciones calculadas para el grupo de datos que se encuentra sobre la zona cerros (círculos amarillos) es invariante al valor de residual de Bouguer. Lo cual nos indica que en zona el residual de Bouguer no aporta información a nuestro modelo. Para valores de $V_s > 600$ m/s, se calculó una sola ecuación que contiene los tres grupos de datos, ya que estos datos pueden ser representados por una única ecuación, los valores R^2 son mayores a 0.7, indicando un buen ajuste en los datos. Figura 5.

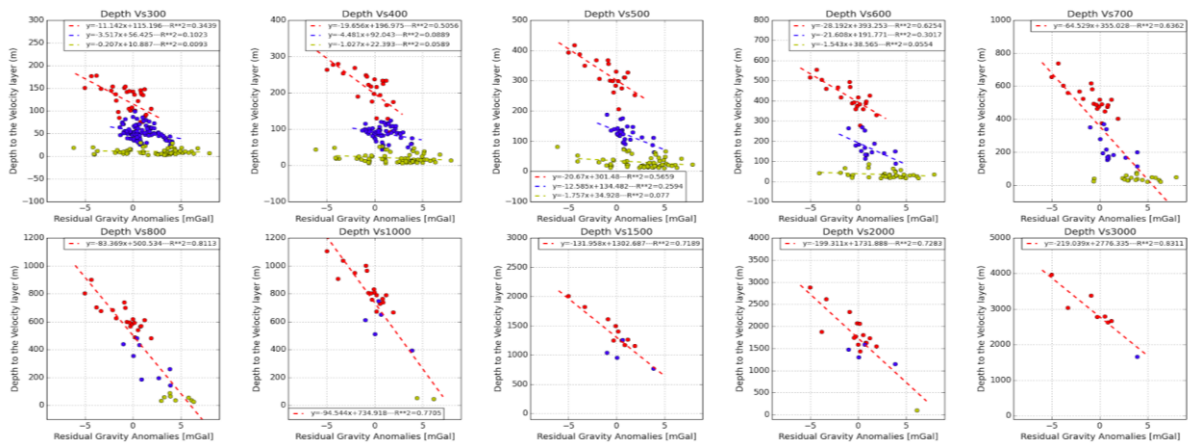


Figura 5. Relaciones empíricas actualizadas y separadas para tres zonas geotécnicas Cerros (círculos amarillos), Aluvial (círculos azules) y Lacustre (círculos rojos)

- HOV – Perfiles Vs.

Teniendo en cuenta la cantidad de mediciones de microtemores para la obtención del periodo predominante del suelo y la incorporación de 27 nuevas mediciones, se cuenta con más de 800 mediciones de HoV además de las 327 mediciones de arreglos de microtemores para la obtención de perfiles de velocidad de onda de corte Vs, se obtuvieron la relaciones entre la frecuencia y profundidad para diferentes valores de Vs (Vs300 m/s, Vs400 m/s, Vs500 m/s, Vs600 m/s, Vs800 m/s, Vs1000 m/s, Vs1500 m/s, Vs2000 m/s y Vs3000 m/s). Tal como se describe en la Figura 6, estas ecuaciones nos permiten obtener valores de profundidad para diferentes Vs, y son utilizadas principalmente en zonas de la cuenca de Bogotá, donde no se tiene buena cobertura de arreglos de microtemores y de gravimetría.

Las relaciones empíricas actualizadas, presentan buen ajuste, R2 mayores a 0.7, para Vs < 700 m/s, para los modelos profundos Vs > 700 m/s, los valores de R2 disminuyen (mayores a 0.69) al igual que el número de datos disponibles.

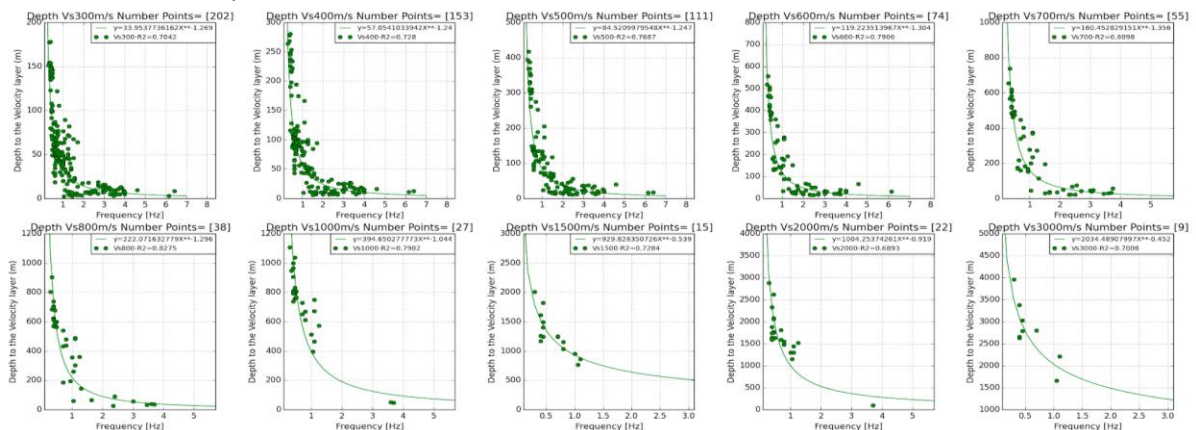


Figura 6. Relaciones empíricas obtenidos las para diferentes valores de Vs (Vs300m/s, Vs400m/s, Vs600m/s, Vs1000m/s, Vs1500m/s, Vs2000m/s y Vs3000m/s)

- **Modelo Velocidad de la cuenca de Bogotá**

Obtenidas las ecuaciones empíricas mencionadas anteriormente, residual Bouguer - Profundidad para diferentes valores de Vs y frecuencia - profundidad para diferentes valores de Vs (Vs300m/s, Vs400m/s, Vs600m/s, Vs1000m/s, Vs1500m/s, Vs2000m/s y Vs 3000m/s). Calculamos los modelos de profundidad para los diferentes valores de Vs, usando el residual de Bouguer obtenido para el área de estudio y los valores de frecuencia calculados en más de 800 puntos de medición. Figura 7. una de las ventajas tener estos dos modelos es que el modelo H/V superficiales y aporta información donde hay poca información de datos de arreglos de microtremores, mientras el Gravimétrico presenta un mejor control en las capas profundas.

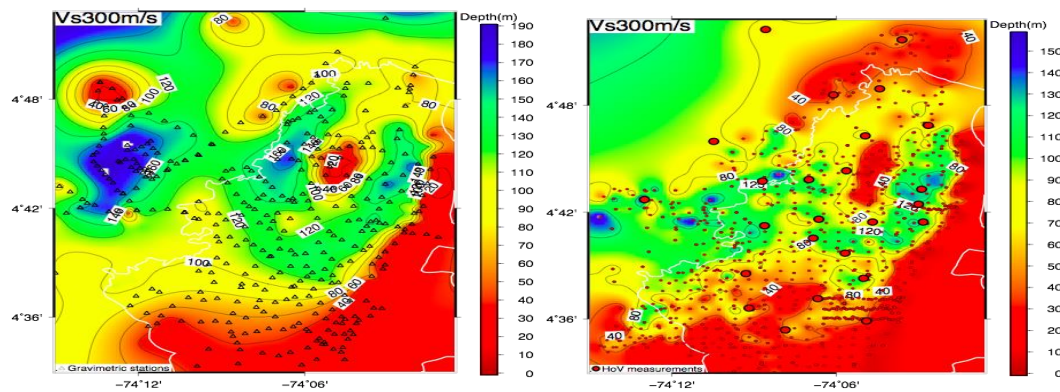


Figura 7. A la izquierda modelo gravimétrico y Figura Derecha el modelo H/V. Obtenidas de las relaciones empíricas para Vs 300 m/s.

- **Construcción del modelo de Velocidad 3D de Bogotá**

a) Modelo profundo ($V_s \geq 700$ m/s) - **Esta en proceso de calibración:** corresponde al modelo obtenido a partir de las relaciones empíricas profundidad-Residual de Bouguer para capas (Vs700 m/s, Vs800 m/s, Vs1000 m/s, Vs1500 m/s, Vs2000 m/s)

b) Modelo intermedio (Híbrido) ($300 \text{ m/s} \leq V_s < 700 \text{ m/s}$): Es un modelo que se obtiene a partir del modelo Gravimétrico + HoV + interpolación directa de microtremores. Este modelo híbrido se obtuvo haciendo uso de las herramientas de interpolación de Arcgis para capas (Vs300 m/s, Vs400 m/s, Vs500 m/s, Vs600 m/s).

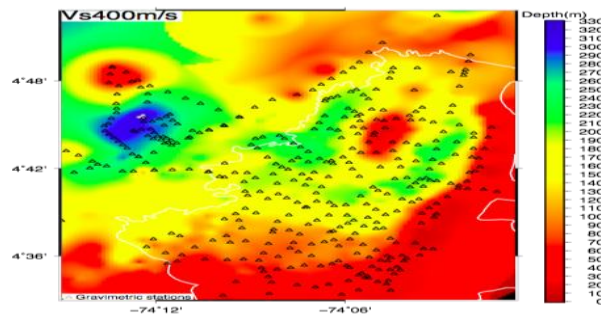


Figura 8. Modelo intermedio (híbrido) obtenido para Vs 400 m/s.

c) Modelo Superficial ($V_s < 300\text{m/s}$): Este modelo se construye a partir de la interpolación directa de los microtrémores, para este se generaron 8 capas, las cuales mejoran el modelo superficial.

- **Calibración del modelo del modelo profundo ($V_s \geq 700\text{ m/s}$)**

Para la calibración de modelo se está empleando la metodología de inversión conjunta propuesta por (Arai & Tokimatsu, 2004, 2005), en la cual a partir del hov y la curva de dispersión observada de las mediciones de microtrémores, se calcula un perfil de velocidad V_s que se ajuste a estas dos. Para iniciar el proceso de inversión se debe tener un modelo inicial, el cual se construye de las relaciones empíricas presentadas anteriormente. una vez terminado el proceso de inversión se obtiene el perfil calibrado Figura 9. con este se obtienen nuevamente las relaciones empíricas Residual de Bouguer - Profundidad para valores de $V_s > 600\text{ m/s}$. En total se han calibrado 25 perfiles de V_s en los sitios donde se realizaron mediciones de gran tamaño, el Software empleado (Leastsquare), fue proporcionado por el NIEC .

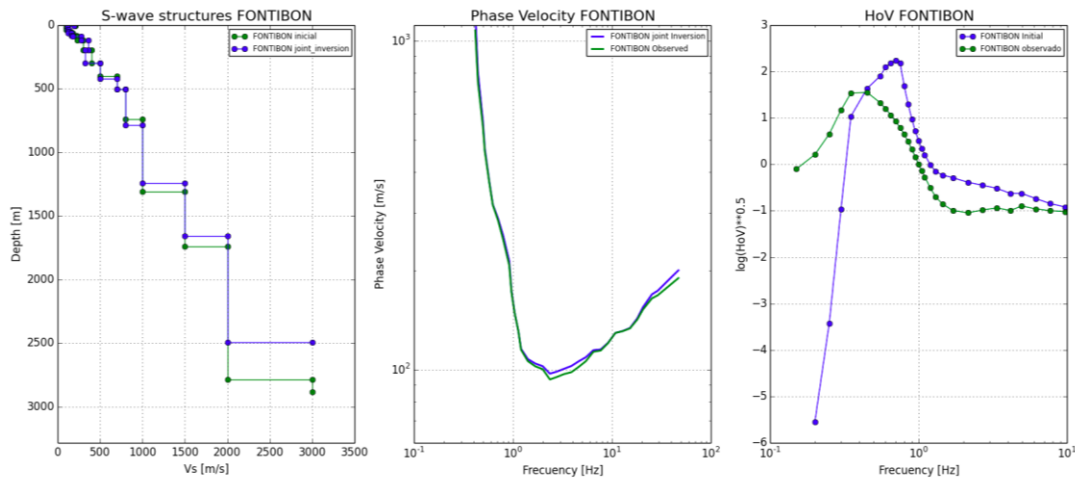


Figura 9. Calibración del perfil obtenido del modelo de Velocidad ubicado en Fontibón. Figura izquierda la línea verde representa el modelo inicial (obtenido del modelo 3D o regresiones empíricas), la línea azul corresponde al perfil calibrado, en la figura central y derecha la línea verde corresponde a la curva de dispersión y el espectro de hov observado en el sitio de la medición de microtrémores y las líneas azules corresponde a la curva de dispersión y espectro de hov teórico del perfil calibrado

- **Regresiones calibradas**

Una vez calibrados los perfiles de velocidad se obtienen nuevamente las relaciones empíricas Bouger - profundidad de capa para diferentes V_s , pero esta vez a partir del perfil calibrado, obtenidas las ecuaciones se calculan los modelos de capa calibrados, ver Figura 10.

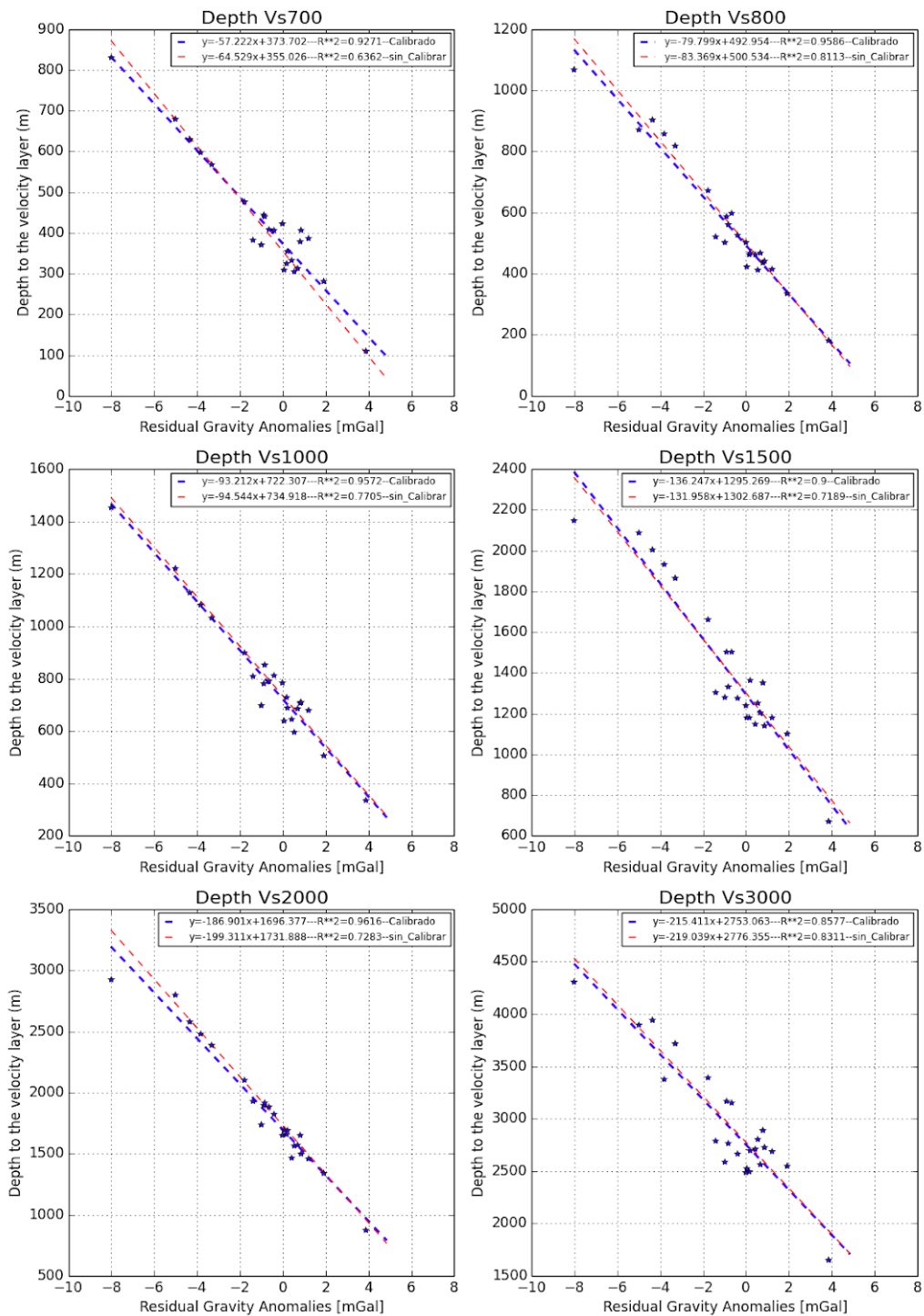


Figura 10. Regresiones empíricas Residual de Bouguer - Profundidad de capa para diferentes valores de Vs (Vs 700 m/s - 3000 m/s), la línea azul punteada, corresponde a la regresión calculada con los perfiles calibrados mientras la línea roja punteada representa las regresiones calculadas con los perfiles sin calibrar.

- **Análisis de la influencia de las estaciones sismológicas de la Red Sismológica Nacional en las incertidumbres de localización de sismos**

La precisión de la localización de un sismo depende de la distribución de estaciones sismológicas que lo registraron, la Red Sismológica Nacional se ha esforzado en tener una buena cobertura en Colombia, en especial alrededor las de las zonas que por su geología y registro histórico se consideran con potencial sísmogénico.

Es necesario realizar mantenimientos preventivos y correctivos en las estaciones instaladas, para brindar siempre un óptimo funcionamiento de las mismas. Cuando hay algún impedimento para realizar mantenimientos en las estaciones, por ejemplo, por problemas de orden público, problemas técnicos, naturales o eventualidades como la que estamos viviendo actualmente debido a una pandemia, resulta imperativo optimizar los recursos, lo cual implica organizar jerárquicamente las estaciones sismológicas para decidir de acuerdo a este orden qué estaciones deberían visitarse primero, para asegurar su continuo y correcto funcionamiento.

Se realizaron dos procedimientos, uno experimental empírico y otro experimental de base teórico con el fin de verificar la consistencia de la información obtenida por cada procedimiento. Se utilizaron 104 sismos de las zonas que se identificaron como las sísmicamente más activas (ver figura 11), con el objetivo de identificar, para cada zona, las estaciones sismológicas más cruciales en la localización de los sismos.

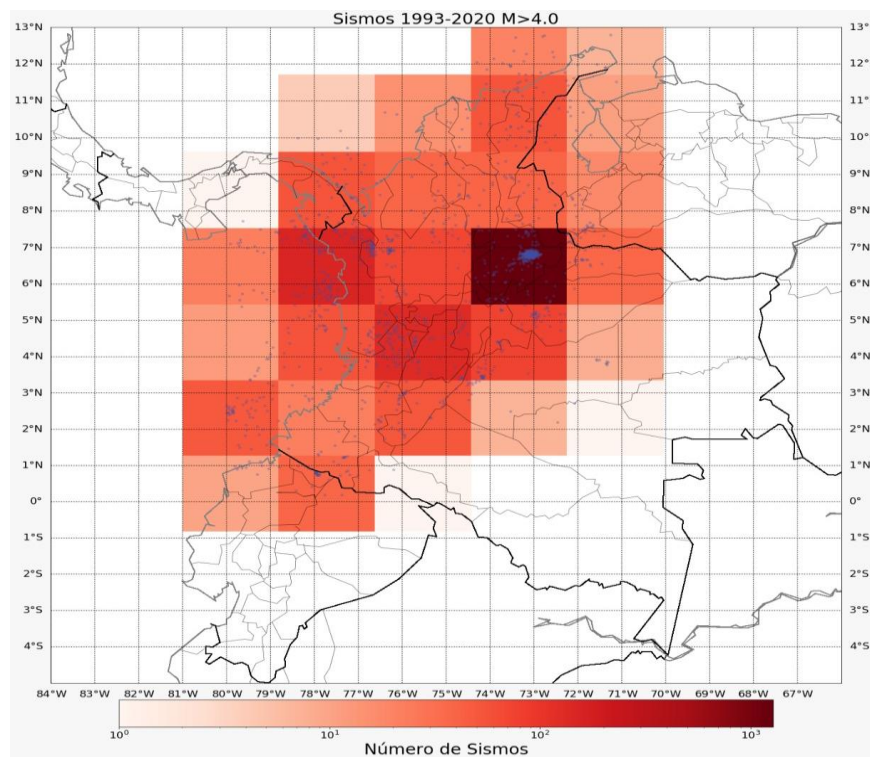


Figura 11. Mapa de densidad de sismos en Colombia. Sismos con magnitud mayor a 4 entre 1993 y 2020.

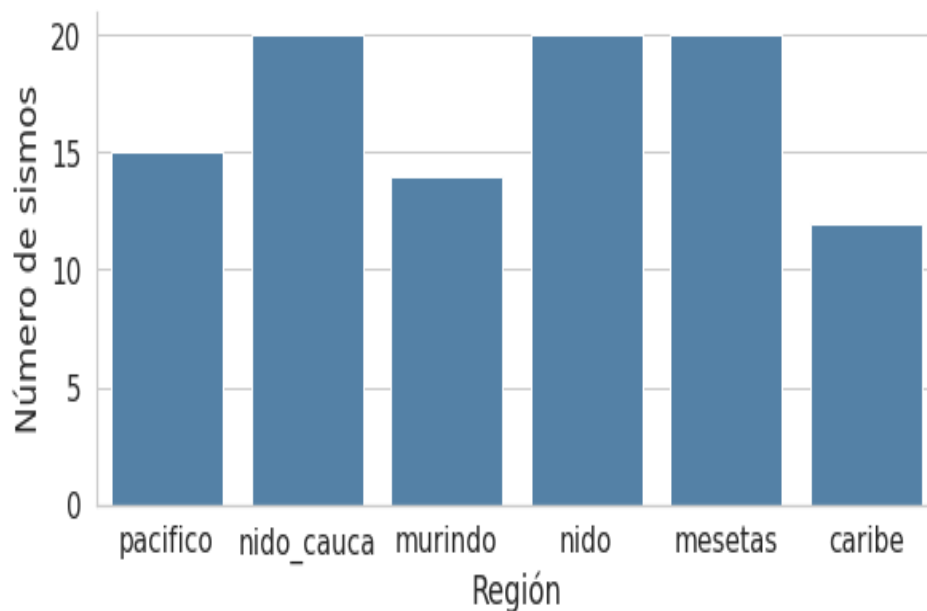
En el procedimiento experimental se relocalizaron los eventos iterativamente quitando estaciones sismológicas para encontrar las que más afectan la localización. En el procedimiento teórico se calculó para cada sismo el GAP azimutal secundario y se identificó la estación que cerraba el GAP azimutal. Adicionalmente, se recopiló de cada evento la información de los errores en localización, estaciones y fases usadas; y la distancia y el nombre de las dos estaciones más cercanas a cada sismo.

Datos

Partiendo de la necesidad de seleccionar el mejor conjunto de datos, se realizó un mapa de densidad de sismos para identificar las zonas sismogénicas de magnitud mayor a 4 (ver figura 4). De este mapa se identificaron las siguientes 6 zonas:

- Nido de Bucaramanga (latitud entre 5.8°N y 7.8°N, longitud entre 74.5°W y 72.5°W).
- Mesetas - Meta (latitud entre 3°N y 5°N, longitud entre 75°W y 73°W).
- Murindó-Antioquia y parte del Pacífico (latitud entre 5.3°N y 7.3°N, longitud entre 78.5°W y 75.5°W).
- Caribe (latitud entre 8.5°N y 12.5°N, longitud entre 76°W y 72.5°W).
- Pacífico (latitud entre 1°N y 6°N, longitud entre 80.5°W y 77.8°W).
- Nido Cauca (latitud entre 3.2°N y 5.2°N, longitud entre 76.8°W y -74.8°W).

De cada una de estas zonas se escogieron entre 14 y 20 sismos de magnitud mayor a 3.9, que ocurrieron entre febrero de 2018 a abril de 2020, 104 sismos en total. La gráfica 2 y la figura 12 muestran la distribución y localización de los sismos seleccionados.



Gráfica 2. Sismos utilizados para cada zona.

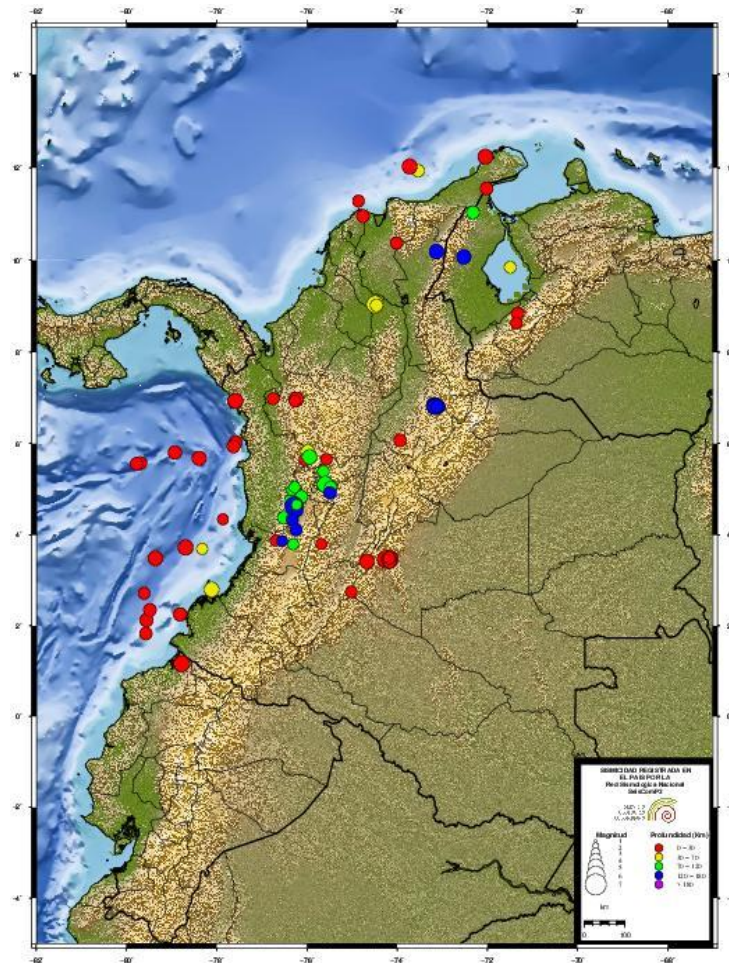


Figura 12. Localización de los sismos analizados.

Procedimiento experimental

Haciendo uso del sistema de adquisición y procesamiento de la Red Sismológica Nacional (SeisComP3), se relocaron los eventos iterativamente, quitando inicialmente las estaciones sismológicas que actualmente están fuera de funcionamiento (CRJC, MAL, TAM, TUM y ZAR), registrando la localización, errores en localización, número de fases y GAP en una tabla para analizar cambios en la localización, se realiza una nueva localización y se guardan sus características, esta vez omitiendo las estaciones que presentan un funcionamiento intermitente (ARGC, BBAC, DBB, GUA, HEL, MAP, NOR, ORTC, PTGC, QUBC, SMAR y VIL), finalmente se guarda el registro de una tercera localización, esta vez retirando las estaciones cercanas a la fuente del sismo hasta una distancia epicentral de 1.5°, siendo el peor escenario para poder localizar un sismo con menos estaciones.

Con el proceso anterior, analizando cada una de las tres localizaciones, se encontró la estación fundamental que permitió un mejoramiento notable en la localización de la mayoría de los sismos, que no sea tan distinta a la localización original y que se pueda encontrar con un número menor de fases. En varios casos la estación fundamental fue la más cercana al epicentro del sismo.

Procedimiento de base teórico

Partiendo de que empírica y teóricamente, la distancia de las estaciones más cercanas al sismo y el GAP son los factores fundamentales para obtener una buena localización se procedió a discriminar a través de estos dos factores las zonas sísmogénicas críticas.

Se calculó para cada sismo el GAP azimutal secundario y se identificó la estación que cerraba el GAP azimutal. Adicionalmente se recopiló de cada evento la información de los errores en localización, estaciones y fases usadas; y la distancia y el nombre de las dos estaciones más cercanas a cada sismo.

Se encontró que tanto para el GAP azimutal secundario como para la distancia a la estación más cercana, Pacífico y Caribe son las zonas cuyos sismos son los que menos satisfacen los criterios de distancia a la estación más cercana (menor a 30 km), GAP azimutal (menor a 110°) y de GAP azimutal secundario (menor a 160°) (ver figura 13, figura 14 y figura 15).

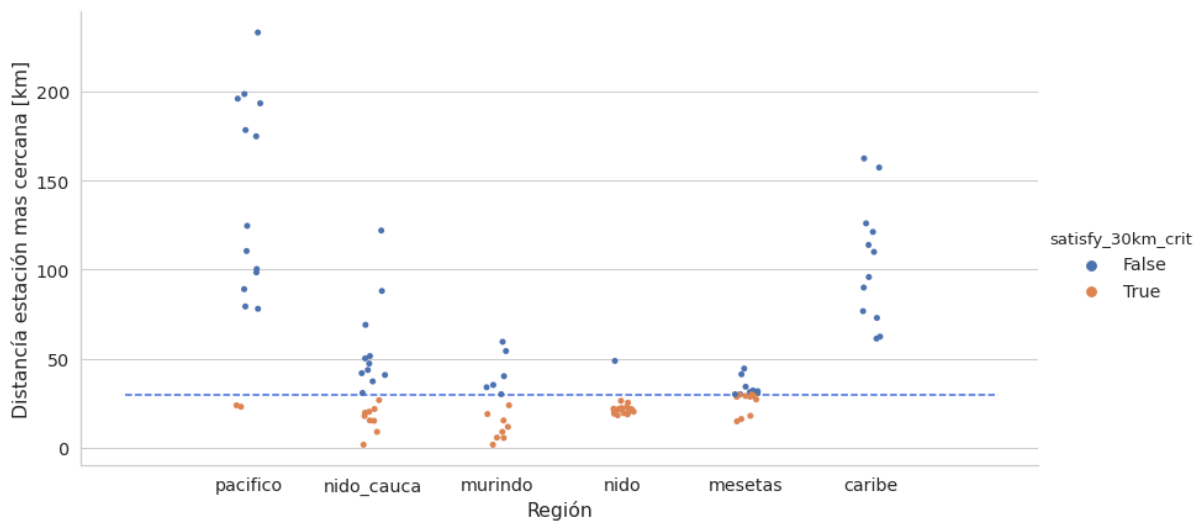


Figura 13. Distribución de la estación más cercana en cada una de las zonas definidas. La línea azul punteada representa el umbral definido teóricamente, estación más cercana a una distancia máxima de 30 km con relación al epicentro, para obtener una buena localización.

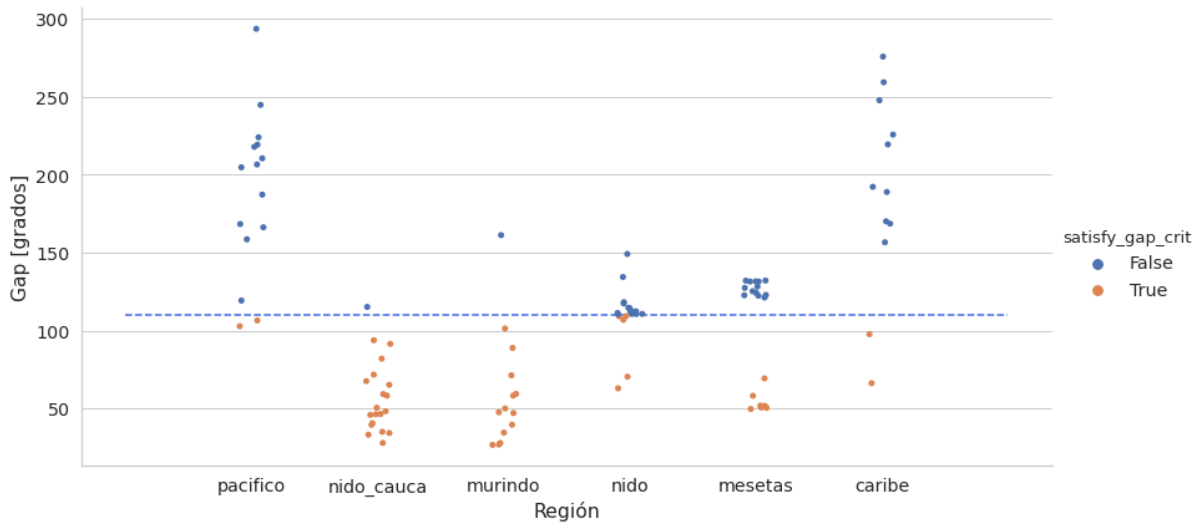


Figura 14. GAP azimutal para cada uno de los sismos utilizados en cada zona definida. La línea azul punteada representa el umbral definido teóricamente, máximo valor 110°, para obtener una buena localización.

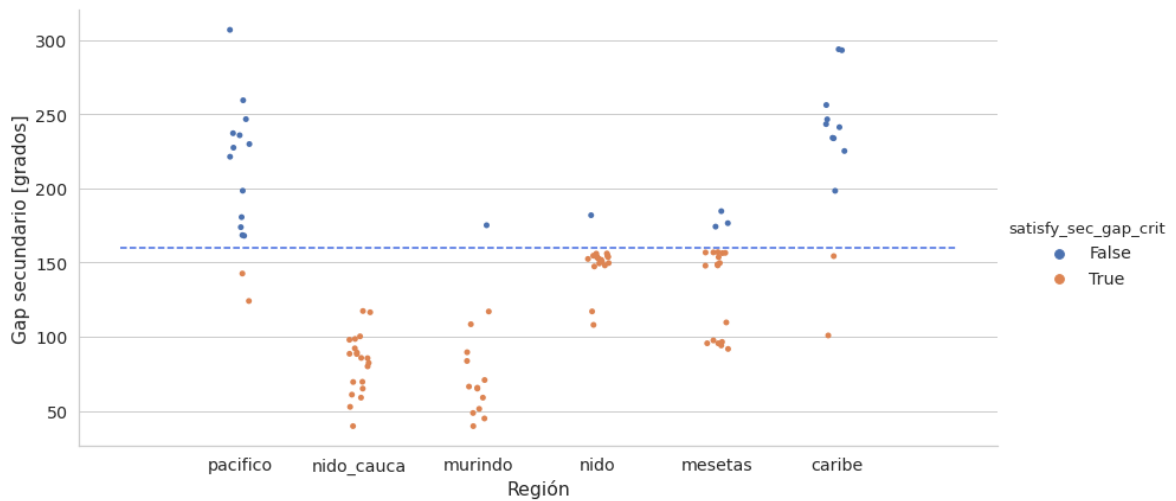


Figura 15. GAP azimutal secundario para cada uno de los sismos utilizados en cada zona definida. La línea azul punteada representa el umbral definido teóricamente, máximo valor 160°, para obtener una buena localización.

También se observó cómo efectivamente el error en localización se ve afectado directamente por la distancia del sismo a la estación más cercana, como puede observarse en la figura 16.

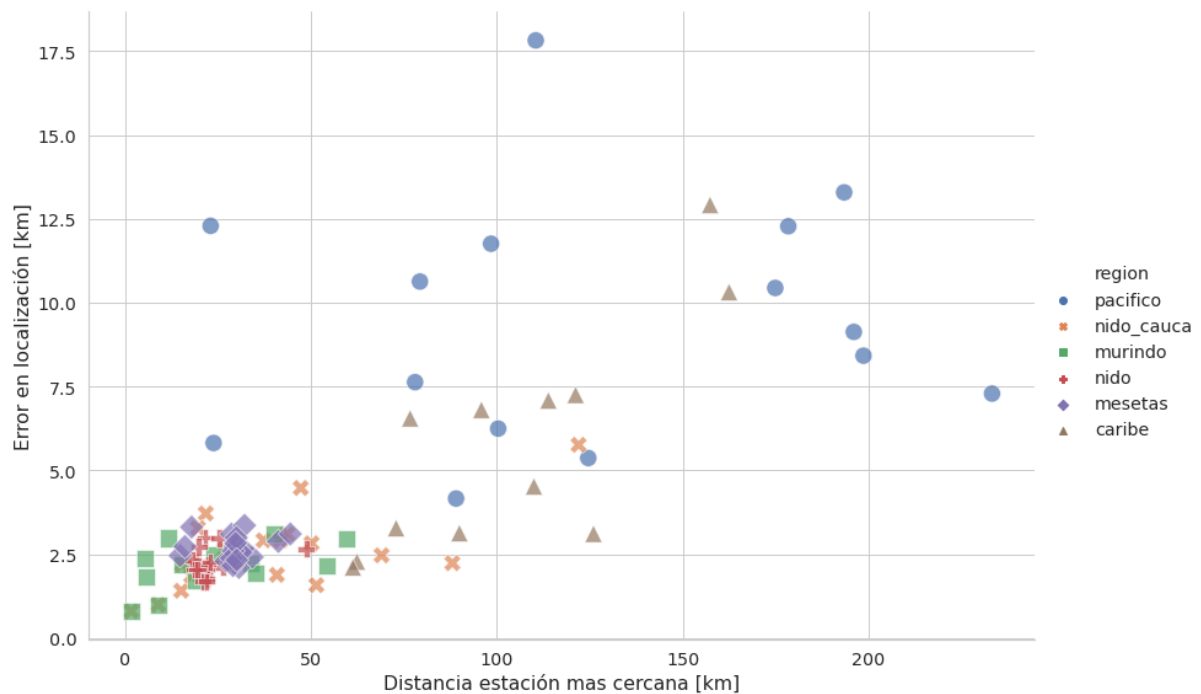


Figura 16. Errores de localización para la estación más cercana en cada una de las zonas definidas.

A. Criterios de distancia al sismo

Para encontrar las estaciones con más importancia por región respecto a este criterio, se hizo una lista con el nombre de las dos estaciones más cercanas a cada sismo y sus respectivas distancias a éste. Se calculó el promedio de distancia de cada una de las estaciones en la lista y posteriormente este valor se dividió en el número de veces que el nombre de la estación se repitió en la lista.

El resultado de esta operación de promedio ponderado, nos da para cada estación un número que es proporcional a la distancia promedio de esta estación a los sismos de su respectiva región, siendo más pequeño entre más veces la estación se repita como una de las dos más cercanas a la fuente sismogénica.

Finalmente se escogieron como importantes para este criterio, las tres estaciones sismológicas con el valor más bajo del promedio ponderado por distancia. El resultado de esto por región puede observarse en la figura 17.

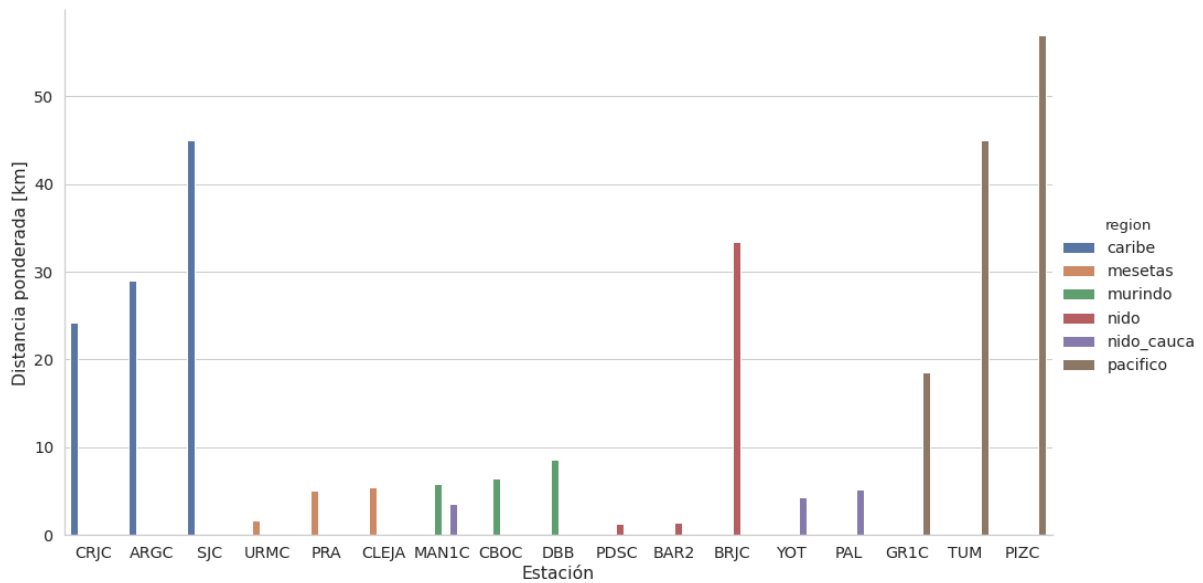


Figura 17. Estaciones más cercanas por zona en el acumulado de los sismos analizados.

B. Criterio de cobertura geográfica

Las estaciones más importantes según este criterio se definieron como las que más se repitieron por región como la estación que cerraba el GAP, es decir, la estación que producía el mayor GAP azimutal en el sismo cuando se retiraba, la cual coincide con la estación en medio de las dos que producen el GAP azimutal secundario más grande. El resultado de esto puede observarse en la tabla 1.

Zona	Estaciones que cierran el GAP		
Nido Bucaramanga	PAM (17)	TAM/URI/RUS (1)	-
Mesetas	MACC (15)	GUA (4)	PTLC (1)
Pacífico	MAP (3)	PTA (3)	TUM (2)
Caribe	URI (10)	CRJC (7) / SJC (2)	PRV (2)
Murindó	PIZC (4)	PTA (3)	SOL (2)
Nido Cauca	PIZC (9)	MAL (5)	GR1C (2)

Tabla 1. Estaciones que permiten obtener un mejor valor de GAP en cada zona definida. El número entre paréntesis al lado del nombre de cada estación, representa el número que se repitió en los sismos analizados como la estación fundamental para obtener un mejor GAP en cada localización.

1. Resultados

Parte de los resultados se han mencionado en la sección anterior, de las figuras 7, 8 y 9, la zona del **Pacífico** y la del **Caribe** se identificaron como las zonas críticas en cuanto a precisión de la localización.

Los resultados obtenidos del procedimiento de base teórico fueron consistentes con los resultados obtenidos con el procedimiento experimental, la mayor parte de las estaciones críticas encontradas en este último coincidieron con estaciones críticas del procedimiento de base teórico.

Para contrastar el efecto a nivel nacional de las estaciones críticas por GAP se realizaron 2 mapas de GAP azimuthal teórico, uno con todas las estaciones de la red y otro sin las estaciones críticas según el criterio del GAP. Para llevar a cabo esto se elaboró una grilla de sismos hipotéticos cada 50 km, tanto en longitud como la latitud, y respecto a cada uno de estos se calculó el GAP (ver Figura 18).

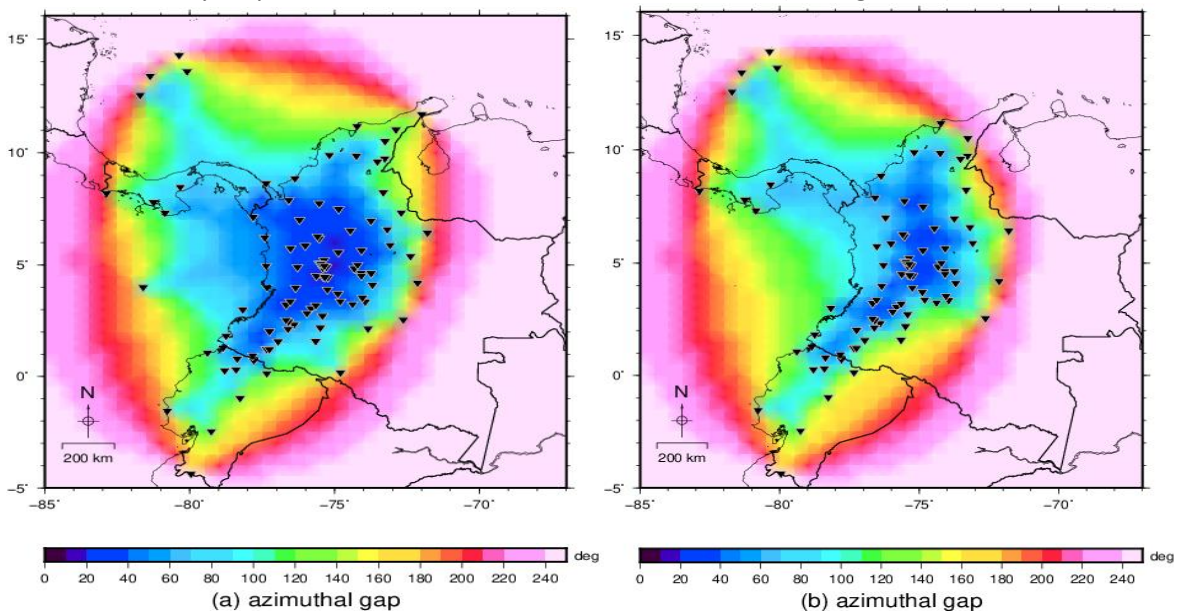


Figura 18. Mapas de GAP azimuthal. Mapa (a) representa el mapa de GAP azimuthal teniendo en cuenta todas las estaciones de la red de Colombia, mapa (b) representa el mapa de GAP azimuthal retirando las estaciones críticas de la tabla 1. A las estaciones de la red nacional se adicionaron diez estaciones de la red de Ecuador y cuatro estaciones de la red de Panamá, que son las estaciones que han evidenciado un buen funcionamiento. Fuente: autores.

Finalmente se compilaron en una tabla las tres estaciones críticas por región según el criterio de GAP y el criterio de distancia (ver tabla 2). En esta tabla se resaltan las estaciones que se repitieron. Se resaltó en rojo las estaciones que se repitieron en criterios diferentes y en amarillo las que se repitieron en el mismo criterio.

Las estaciones consignadas en la tabla 2 son las que se encontraron como fundamentales para obtener una buena localización en las zonas más sismogénicas según los criterios de distancia y GAP. Entre estas las más relevantes son aquellas que se repiten en ambos criterios (resaltadas en rojo), seguidas de aquellas que se repiten en el mismo criterio (resaltadas en amarillo).

	GAP			Estación cercana			
Nido	PAM (17)	TAM/URI/RUS (1)	-	PDSC	BAR2	BRJC	Se repite en el mismo criterio
Mesetas	MACC (15)	GUA (4)	PTLC (1)	URMC	PRA	CLEJA	
Pacífico	MAP (3)	PTA (3)	TUM (2)	GR1C	TUM	PIZC	Se repite en los 2 criterios
Caribe	URI (10)	CRJC (7) / SJC (2)	PRV (2)	CRJC	ARGC	SJC	
Murindó	PIZC (4)	PTA (3)	SOL (2)	MAN1C	CBOC	DBB	
Nido Cauca	PIZC (9)	MAL (5)	GR1C (2)	MAN1C	YOT	PAL	

Tabla 2. Estaciones fundamentales por criterio de GAP y estaciones cercanas para cada una de las zonas definidas. Las más relevantes son aquellas que se repiten en ambos criterios (resaltadas en rojo), seguidas de aquellas que se repiten en el mismo criterio (resaltadas en amarillo).

C. Conclusiones

De acuerdo a nuestro análisis se deberían priorizar las estaciones de Pacífico y Caribe pues estas zonas son las más vulnerables a tener errores grandes en localización. De estas zonas las estaciones cruciales, como se puede observar en la tabla 2, son TUM y CRJC respectivamente.

De los resultados obtenidos del procedimiento de base teórico se evidencian que son consistentes con los resultados obtenidos mediante el procedimiento experimental, la mayor parte de las estaciones críticas encontradas en este último coinciden con estaciones críticas del procedimiento de base teórico.

De acuerdo al procedimiento experimental, los sismos localizados en la zona definida como Nido Cauca, muestran gran estabilidad en la localización tras retirar un gran número de estaciones, esta zona presenta un buen cubrimiento incluso con estaciones lejanas.

Para la toma de decisiones en cuanto a qué estaciones se deben priorizar para realizar sus respectivos mantenimientos preventivos y correctivos, es fundamental tener en cuenta las estaciones registradas en la tabla 2.

Las estaciones que no se registran en la tabla 2, no quieren decir que no son importantes, de acuerdo al análisis realizado, estarían en un segundo nivel de prioridad.

- **Creación preliminar del protocolo binacional entre Colombia y Ecuador de apoyo para estudio, monitoreo y atención de emergencias relacionadas con las amenazas sísmica o volcánica**

Luego de más de tres años del sismo de Pedernales, en Ecuador, teniendo en cuenta la sismicidad histórica registrada en la zona de subducción en la frontera entre Colombia y Ecuador y la actividad volcánica que se tiene en común entre los dos países, inspirados por el propósito común de reducir la probabilidad de ocurrencia de nuevos desastres de origen sísmico, la Agencia Presidencial de Cooperación Internacional de Colombia - APC Colombia, el Servicio Geológico Colombiano - SGC, la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres - UNGRD, el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos - Ecuador y Emergencias, el Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional - Ecuador y las Cancillerías de Colombia y Ecuador trabajan en conjunto en la realización de un protocolo de colaboración mutua entre Colombia y Ecuador ante la ocurrencia de grandes eventos sísmicos o volcánicos.

Entre el 26 y 28 de noviembre de 2019, las entidades anteriormente nombradas, establecieron una reunión con el objetivo de establecer las bases de una primera versión de protocolo de coordinación técnica regional, por la ocurrencia de un evento sísmico o volcánico, a fin de permitir una eficiente acción interrelacionada entre las redes sismológicas y volcánicas, los puntos focales de gestión del riesgo y las autoridades de relaciones exteriores entre los dos países.

Durante el primer trimestre de 2020 se compilaron las partes que deben ser tenidas en cuenta, sugeridas por cada entidad que se involucra en el mismo. Todo esto con el objetivo de establecer, proveer y ejecutar medidas entre el Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres de Colombia (SNGRD) y el Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos del Ecuador (SNDGR) para coordinar las acciones conjuntas que deben ser adelantadas en caso de apoyo binacional o que una de las partes tenga la necesidad de realizar acciones relacionadas con en el estudio, monitoreo y atención de emergencias relacionadas con las amenazas sísmica o volcánica para la protección de las personas, los bienes y el medio ambiente.

El alcance del presente protocolo se desarrolla teniendo en cuenta las normas vigentes en cada país, así como los acuerdos, protocolos y memorándums de entendimiento binacionales vigentes.

Este protocolo aplica en los siguientes escenarios o necesidades y en el complemento de los mismos:

- 1) Respuesta ante la ocurrencia de actividad sísmica o volcánica súbita que cambia las condiciones normales de manejo tanto desde el punto de vista técnico como de la gestión del riesgo de desastres.
- 2) Cooperación de actividades de investigación y monitoreo de las amenazas sísmica o volcánica, enmarcadas en el conocimiento y la reducción del riesgo de desastres.

- **Oficialización informe: EL SISMO DE MESETAS -META DEL 24 DE DICIEMBRE DE 2019 Aspectos sismológicos, movimiento fuerte y consideraciones geodésicas**

Resumen

El 24 de diciembre de 2019 a las 14:03:55 hora local, se presentó un sismo de magnitud M_w 6,0 con epicentro en Mesetas (Meta), localizado por la red sismológica del Servicio Geológico Colombiano (SGC) en las coordenadas $3,462^\circ$ N, $74,1840^\circ$ W a una profundidad de 13 km. Este evento fue sentido en gran parte del territorio colombiano, sin causar daños materiales considerables.

Entre el 24 de diciembre de 2019 y el 24 de enero de 2020, la red sismológica registró y localizó cuatrocientos veintiséis (426) réplicas de magnitud $M > 2,0$, la mayor de M 5,8 se generó 16 minutos después del sismo principal, y produjo alarma entre la población. Las réplicas, vistas en planta, marcan una región epicentral de aproximadamente 15 km^2 . El número de réplicas decae de manera exponencial con el tiempo.

La aceleración máxima se registró en la componente vertical de la estación de Lejanías, Meta –CLEJA– con un valor de $261,24 \text{ cm/s}^2$, a 19 km de distancia del epicentro; la aceleración horizontal media registrada en esta misma estación fue de $185,89 \text{ cm/s}^2$, caracterizada por movimiento de rumbo con componente inversa. La estación de La Uribe, Meta –URMC–, a 31 km del epicentro, registró una aceleración horizontal media de $160,77 \text{ cm/s}^2$ y vertical de $61,59 \text{ cm/s}^2$. Las estaciones La Macarena, Meta –MACC– y San José del Guaviare, Guaviare –GUA– a 150 y 200 km de distancia del epicentro respectivamente, registraron aceleraciones superiores a la registrada en la estación de Villavicencio, Meta –VIL–, a 92 km del epicentro; esto indica la presencia de efecto del sitio en donde están instaladas estas estaciones. Las réplicas registraron un comportamiento similar en la aceleración vertical de la estación de Lejanías, lo cual es asociado con la cercanía y ubicación de la estación con respecto a la fuente.

La evaluación de la intensidad macrosísmica del sismo se hizo según la Escala Macrosísmica Europea (EMS-98), por medio del formulario web sismosentido.sgc.gov.co y formularios análogos, a partir de los cuales se obtuvo la intensidad máxima del evento principal correspondiente a 6 –daño leve–, que indica que fue sentido fuerte, algunas personas perdieron el equilibrio, hubo vibración y caída de objetos y se reportaron daños leves no estructurales, como grietas en muros y caída de partes del revestimiento. Dicha intensidad fue evaluada en municipios cercanos al epicentro como Fuente de Oro, Puerto Concordia, El Dorado, Lejanías, Villavicencio y Mesetas en el departamento del Meta. También se evaluó la intensidad macrosísmica de 48 réplicas, cuyas magnitudes se encuentran entre 2,1 y 5,8.

La intensidad instrumental se calculó a partir de las máximas aceleraciones y velocidades medidas en los sensores que registraron el evento. La Escala de Mercalli -modificada (MMI), El sismo de Mesetas -Meta del 24 de diciembre de 2019. Aspectos sismológicos, movimiento fuerte y consideraciones geodésicas Servicio Geológico Colombiano permitió relacionar el movimiento pico del suelo (PGM) con el cómo se sintió el sismo y la distribución de los posibles daños o efectos del mismo. El máximo valor de intensidad instrumental calculado fue 6, coincidiendo con la máxima intensidad macrosísmica reportada.

Las estaciones geodésicas (GPS) permanentes de operación continua, ubicadas alrededor del epicentro a distancias entre 133 km y 177 km, no evidenciaron cambios posicionales asociados al sismo. Adicionalmente, se estimaron las formas de onda de desplazamiento en la posición de las antenas en las estaciones GPS a partir del cálculo de posicionamiento cinemático (Precise Point Positioning), observándose variaciones del orden de centímetros, las cuales se consideran resultados típicos, medidos sin la ocurrencia de sismos.

El sismo del 24 de diciembre de 2019 ocurrió en la Falla de Algeciras por un desplazamiento hacia la derecha en el sentido del rumbo con componente inverso, justo en la zona de transferencia con el Sistema de Fallas de Guaicáramo. En esta zona se ha documentado una gran estructura duplex transpresiva formada en el escalón izquierdo entre ambos sistemas. Estas fallas conforman un sistema regional de orientación nororiente-suroccidente, que afecta la parte oriental de la región Andina, desde la fronterasur del país, en el Macizo Colombiano, hacia el extremo norte del piedemonte llanero. Gran parte de la sismicidad registrada en la Cordillera Oriental, entre los municipios de Garzón y Lejanías, ocurre en este sistema de fallas. Los parámetros de fuente calculados para el sismo principal y sus mayores réplicas registradas entre el 24 y el 27 de diciembre, evidencian la componente principal dextral y subordinada inversa de esta fuente sismogénica activa.

- **Información producto publicado**

El informe EL SISMO DE MESETAS -META DEL 24 DE DICIEMBRE DE 2019 Aspectos sismológicos, movimiento fuerte y consideraciones geodésicas, está público en el catálogo MIIG:

<https://miig.sgc.gov.co/Paginas/Resultados.aspx?k=3401201010514875090000000000>

Así mismo se publicó en la sección de Boletines Sismos importantes: Informe sismos Mesetas - Meta 24 de diciembre de 2019:

<https://www2.sgc.gov.co/Publicaciones/Paginas/sismos-importantes.aspx>

- **Oficialización documento técnico: Semáforo para el monitoreo sísmico durante el desarrollo de los Proyectos Piloto de Investigación Integral en Yacimientos No Convencionales de Hidrocarburos en Colombia**

Se presenta una propuesta técnica de un semáforo de sismicidad útil para la toma de acciones preventivas y correctivas concernientes a las operaciones de fracturamiento hidráulico en Colombia, tomando como referencia los semáforos sísmicos más relevantes alrededor del mundo. Para esta propuesta se contó con la sismicidad registrada entre 1993 y 2018, en y alrededor de la cuenca del Valle Medio del Magdalena (VMM) y el bloque La Loma, para cuya localización se usaron las estaciones de la Red Sismológica Nacional de Colombia, la Red Regional del VMM - Red La Loma, y la Red local de Drummond, región que engloba el área de influencia de los Proyectos Piloto de Investigación Integral. Se propone un semáforo de cuatro colores, con base en rangos de magnitudes y frecuencias. El rango de frecuencias se deberá establecer a partir de la Línea Base Local de sismicidad en el área de operaciones.

La puesta en marcha de los primeros tres estados del semáforo (Verde, Amarillo y Naranja) comprende un volumen cilíndrico de monitoreo, mientras que el último estado del semáforo (Rojo) comprende un volumen cilíndrico de suspensión que debe ajustarse de acuerdo con la normatividad vigente.

Rango de magnitud m	Magnitud (M_L)	Tolerancia (d)				
		< 1d	{1d, 2d}	{2d, 3d}	{3d, 4d}	>4d
m4	≥ 4					
	caso a					
m4	≥ 4	NSRD \leq	NPSOD(m4)+d(m4)	NPSOD(m4)+2d(m4)	NPSOD(m4)+3d(m4)	NSRD >
	caso b	NPSOD(m4)+d(m4)	< NSRD \leq	< NSRD \leq	< NSRD \leq	NPSOD(m4)+4d(m4)
m3	{3,4}	NSRD \leq	NPSOD(m3)+d(m3)	NPSOD(m3)+2d(m3)	NPSOD(m3)+3d(m3)	NSRD >
		NPSOD(m3)+d(m3)	< NSRD \leq	< NSRD \leq	< NSRD \leq	NPSOD(m3)+4d(m3)
m2	{2,3}	NSRD \leq	NPSOD(m2)+d(m2)	NPSOD(m2)+2d(m2)	NPSOD(m2)+3d(m2)	NSRD >
		NPSOD(m2)+d(m2)	< NSRD \leq	< NSRD \leq	< NSRD \leq	NPSOD(m2)+4d(m2)
m1	$[M_c, 2)$	NSRD \leq	NPSOD(m1)+d(m1)	NPSOD(m1)+2d(m1)	NPSOD(m1)+3d(m1)	NSRD >
		NPSOD(m1)+d(m1)	< NSRD \leq	< NSRD \leq	< NSRD \leq	NPSOD(m1)+4d(m1)
m0	< M_c	NSRD \leq	NPSOD(m0)+d(m0)	NPSOD(m0)+2d(m0)	NPSOD(m0)+3d(m0)	NSRD >
		NPSOD(m0)+d(m0)	< NSRD \leq	< NSRD \leq	< NSRD \leq	NPSOD(m0)+4d(m0)

Tabla 3. Semáforo propuesto para el monitoreo diario de operaciones de los PPII

Información producto publicado: Semáforo para el monitoreo sísmico durante el desarrollo de los proyectos piloto de investigación integral en yacimientos no convencionales de Hidrocarburos en Colombia, versión año 2020, está público en el catálogo MIIG:

<https://miig.sgc.gov.co/Paginas/Resultados.aspx?k=sem%C3%A1foro>

- **Construcción de la línea base general de sismicidad Valle Medio del Magdalena - La Loma para los Proyectos Piloto de Investigación Integral**

Como parte de los Proyectos Piloto Integrales de Investigación (PPII) para la implementación del fracturamiento hidráulico en Yacimientos No Convencionales (YNC) y en general proyectos con potencial de generar sismicidad en la Cuenca del Valle Medio del Magdalena (VMM) y el bloque La Loma en el departamento del Cesar se elaboró una metodología para la construcción de la línea base general de sismicidad VMM-La Loma que será el insumo principal para la generación de líneas bases locales de sismicidad en esa región. El primer borrador de la línea base general de sismicidad VMM-La Loma cuenta con 12043 eventos desde el 01 de junio de 1993 y con corte al 31 de marzo de 2018 con profundidades de hasta 50 km; que incluye todos los eventos localizados dentro del polígono cuyo contorno corresponde a un buffer externo de 25 km respecto a los contornos que representan la Cuenca del VMM y los Bloques La Loma y CR4, así como aquellos eventos exteriores a dicho polígono cuya elipse de error epicentral lo interseca. Para la localización de los eventos que conforman La línea base general de sismicidad VMM-La Loma se usaron las estaciones del Servicio Geológico Colombiano (Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC), Red Regional del Valle Medio del Magdalena (VMM), Red Regional La Loma (LL) y además las estaciones de la Red local de la empresa Drummond (DRL). Debe aclararse que que la línea base general de sismicidad VMM-La Loma debe ser ampliada y actualizada con los eventos que se registren antes de la fecha de su aplicación.

A continuación, se resumen los pasos que dieron lugar a la construcción de esta línea base general de sismicidad VMM-La Loma y el mapa con esta línea base preliminar:

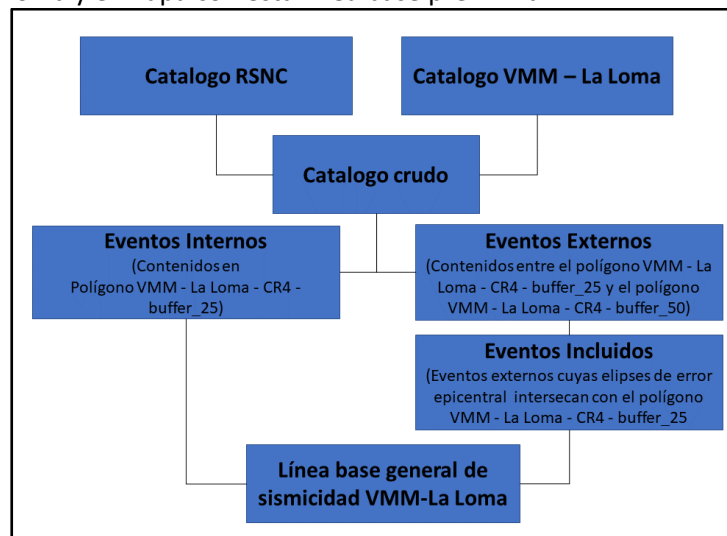


Tabla 4. Metodología para la construcción de la línea base general de sismicidad VMM-La Loma

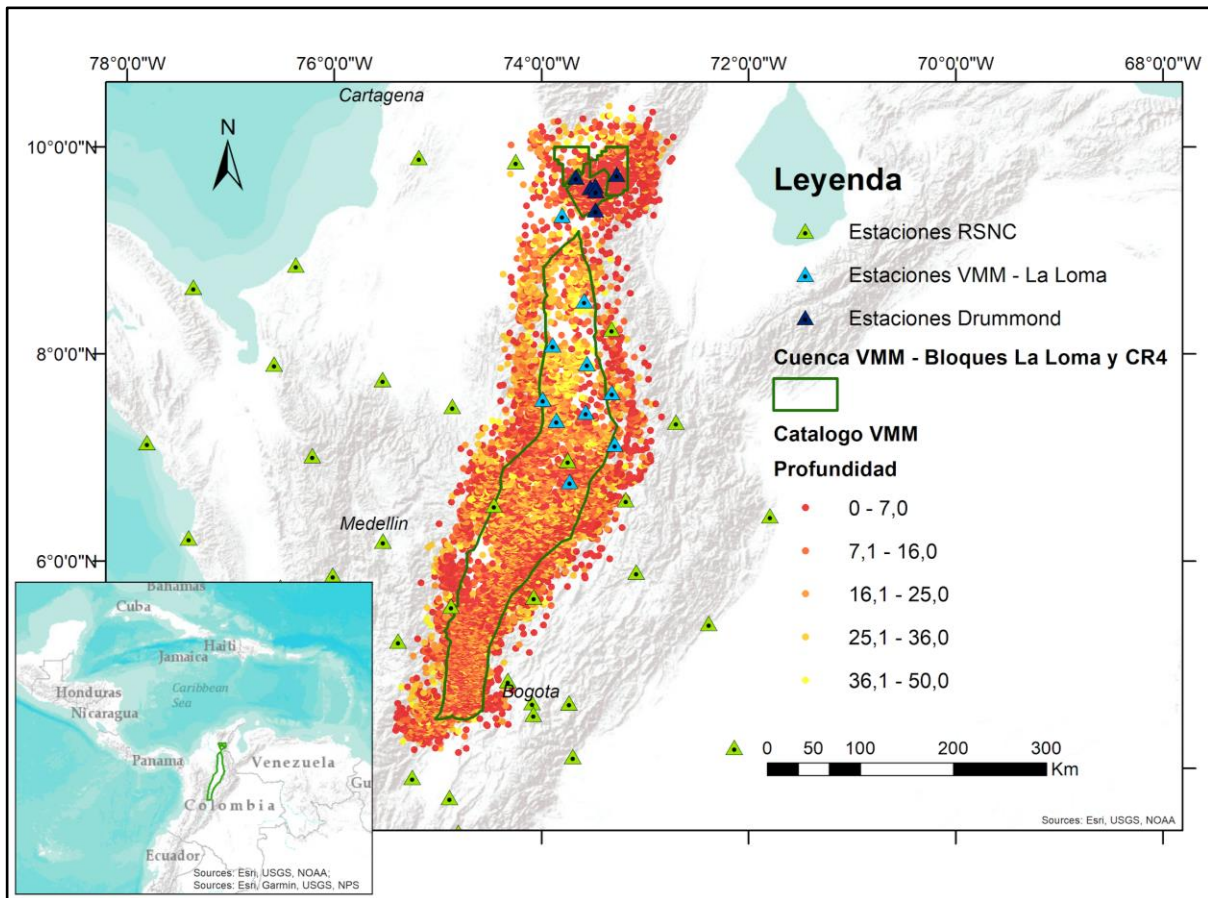


Figura 19. Catálogo de la cuenca del VMM-La Loma con profundidades menores o iguales a 50 km.

Los triángulos verdes representan las estaciones de la RSNC, los azul celeste las estaciones de la red VMM-La Loma y los azules oscuros las estaciones de la red local de Drummond. Los círculos representan la localización epicentral de los eventos sísmicos (registrados entre 1993 y 2018) y los polígonos representan la Cuenca del VMM y los bloques La Loma y CR4

- **Modelo 3D de velocidades de onda S a partir de tomografía de ruido sísmico**

Un nuevo modelo de velocidad de la onda S (V_s) para el Noroeste de Sudamérica es determinado a partir de tomografía de ruido ambiente (Figura 20 a). Un conjunto continuo de datos es usado para generar un modelo 3D con variaciones de V_s . Los datos en mención son registrados en 150 estaciones de banda ancha en una ventana de tiempo entre 2012 y 2018. La estructura superficial de velocidades por debajo del Noroeste de Sudamérica muestra una buena correlación espacial con la geología en superficie (Figura 20 b), mientras que en la corteza media las zonas de baja velocidad correlacionan con las zonas de volcanismo activo e inactivo.

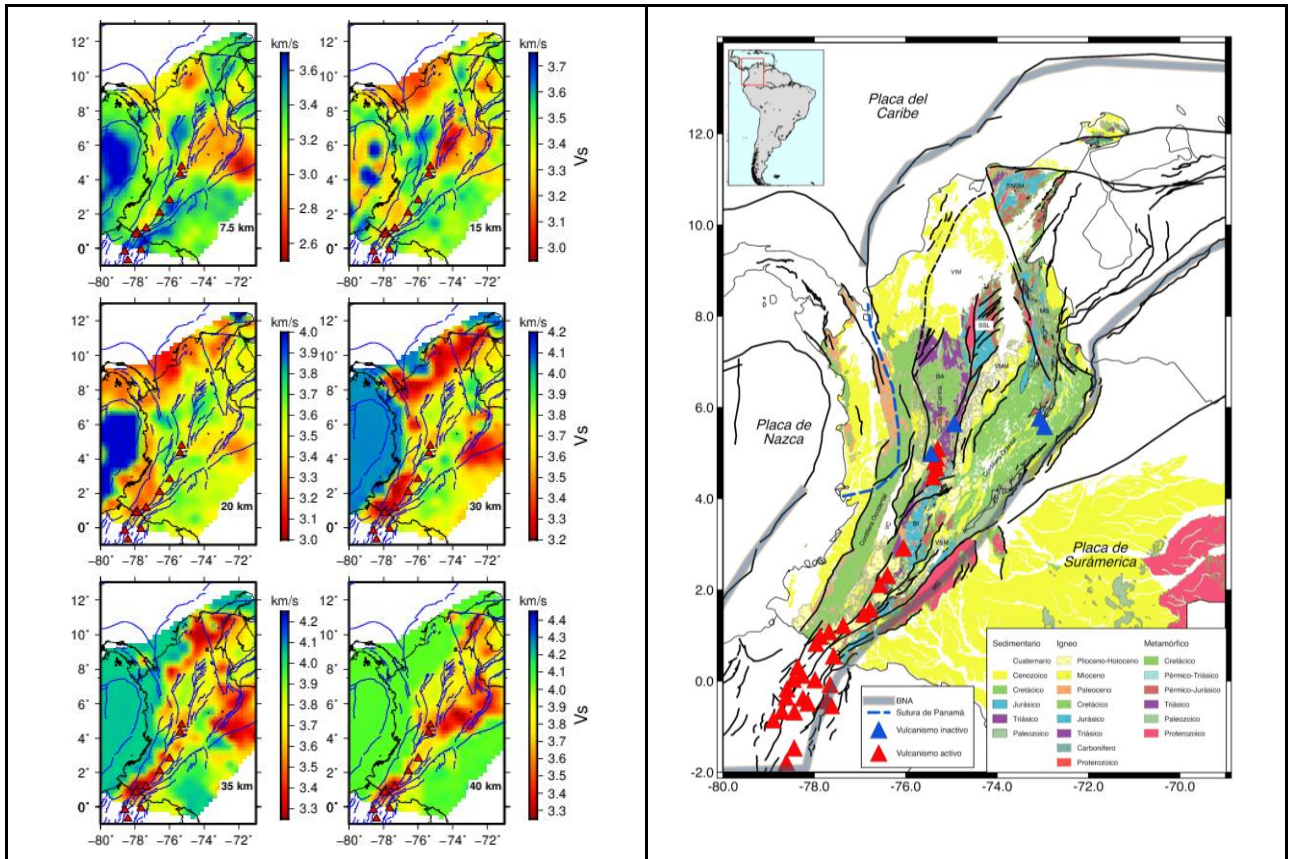


Figura 20. a) Modelo de velocidad de onda S obtenido para varias profundidades; b) Mapa tectónico y geológico simplificado del Noroeste de Sudamérica. Estructuras geológicas tomadas de Gómez et. al., 2015 y fallas geológicas de Vellozo et al., 2012.

- **Estructura de la corteza bajo el Caribe Colombiano a partir del cálculo de funciones receptoras.**

Se usó la técnica de la función receptora para investigar la estructura cortical profunda bajo el norte de Colombia en los límites de la Sierra Nevada de Santa Marta, el valle inferior del Magdalena, la cuenca Cesar Ranchería y la Península de la Guajira, usando 26 estaciones de banda ancha pertenecientes al proyecto The CARibbean Mérida Andes (CARMA) y 15 estaciones permanentes del Servicio Geológico Colombiano (SGC). Este estudio consiste en el análisis de las conversiones de fase de ondas P a S de la función receptora en la discontinuidad del Moho para encontrar el espesor de la corteza y la relación V_p/V_s bajo cada estación sísmica. Los resultados del análisis (Figura 21) revelan que las profundidades del Moho y la relación V_p/V_s bajo el macizo de Santa Marta (incluyendo la cubierta sedimentaria) varían entre 48 y 35 km y entre 1.69 y 1.79, respectivamente. Los mayores valores de profundidad se encuentran al noroccidente del macizo, mientras que bajo la cuenca Cesar Ranchería la profundidad del Moho y la relación V_p/V_s alcanzan valores 35 km y 1.69. En la península de la Guajira el espesor promedio es de 32 km.

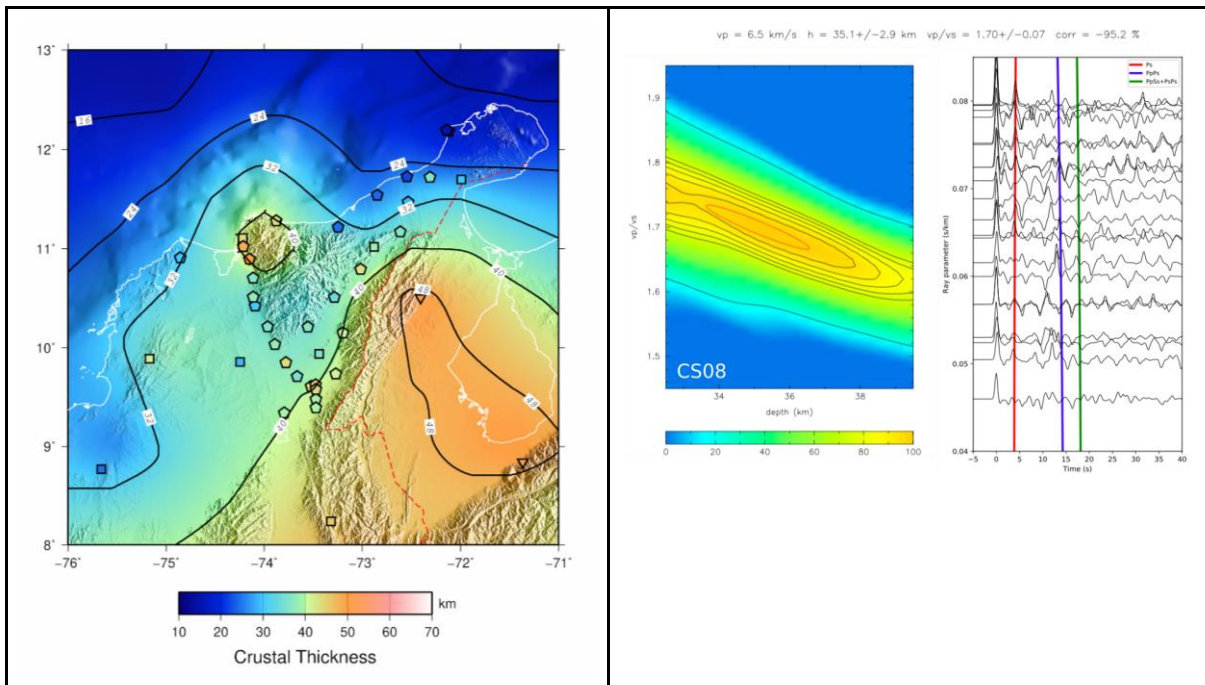


Figura 21. Mapa interpolado de espesor de corteza para el Caribe Colombiano con intervalos de control de 20 km (izquierda). Ejemplo de apilado para la estimación del espesor de corteza en la estación CS08 perteneciente a la red CARMA (derecha).

- **Análisis la localización de sismos con modelos de velocidades 3D**

El método de localización NonLinLoc, recientemente implementado en nuestro sistema de procesamiento de sismicidad SeisComp3, permite la localización de sismos usando modelos de velocidades 3D.

Se realizó un análisis comparativo de las localizaciones obtenidas a través del método NonLinLoc con el modelo de velocidades 3D para Colombia (Poveda et al., 2018), respecto a las localizaciones obtenidas a través del método hypo71 con el modelo de velocidades 1D para Colombia (Ojeda y Havskov, 2001), en dos zonas específicas del país: Mesetas-Meta y Pacífico Colombiano, con el objetivo de determinar las ventajas y desventajas de cada método.

Debido a que los errores en localización que cada algoritmo no son comparables, pues su método de cálculo difiere, y a que estos pueden no ser acordes a la realidad como lo han señalado varios autores (Bondár et al., 2004; Mignan y Woessner, 2012), se estableció como criterio de calidad la clasificación de los eventos en la nomenclatura GTX (el epicentro del evento está dentro de X km con un 95% de nivel de confianza) (Bondár et al., 2001; Bondár et al., 2004) y usada por el ISC (International Seismological Centre) para desarrollar la lista de eventos de referencia del IASPEI.

1. Mesetas - Meta

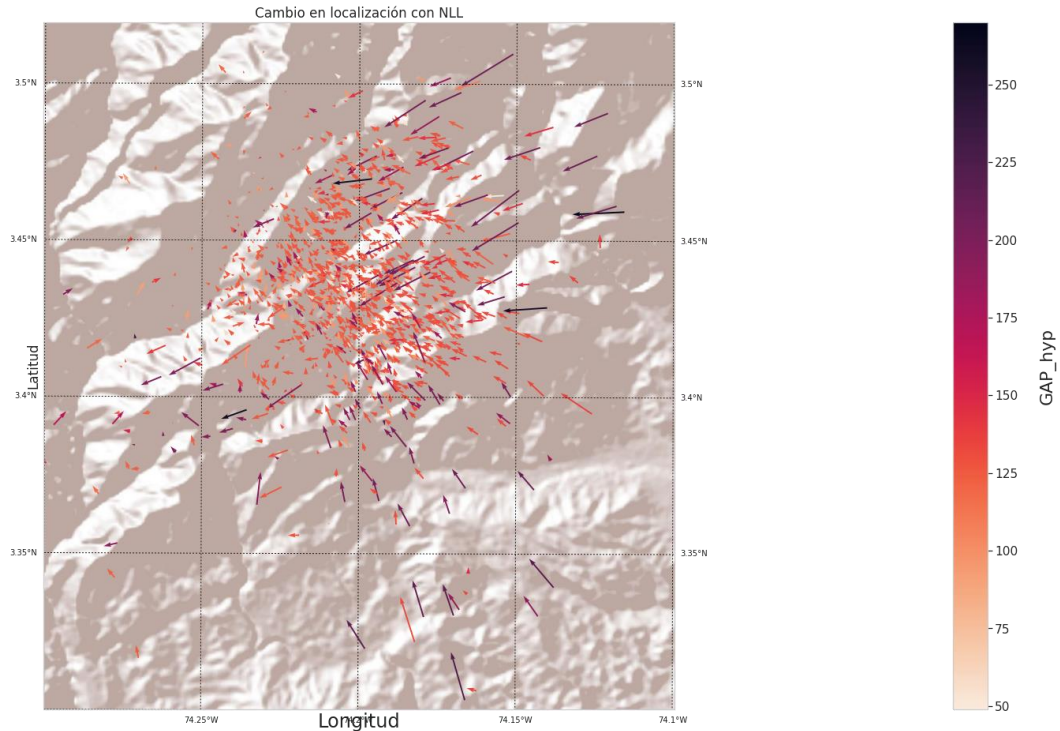


Figura 22. Cambio en la localización de la sismicidad de Mesetas-Meta con NonLinLoc. Los sismos que presentaron un mayor cambio en su localización en general coinciden con los que tenían el mayor GAP azimuthal, lo cual, según la nomenclatura GTX, está fuertemente relacionado con una mala calidad en la localización.

En la figura anterior se observa como los sismos relocados con NonLinLoc tienden a agruparse. En este caso particular se observa también que en general los sismos se movieron hacia la cordillera que es una zona de baja velocidad para las ondas sísmicas lo que podría indicar que se puede mejorar la localización inicial, ya que fueron localizados con un modelo 1D no tiene en cuenta los cambios de velocidad en planta.

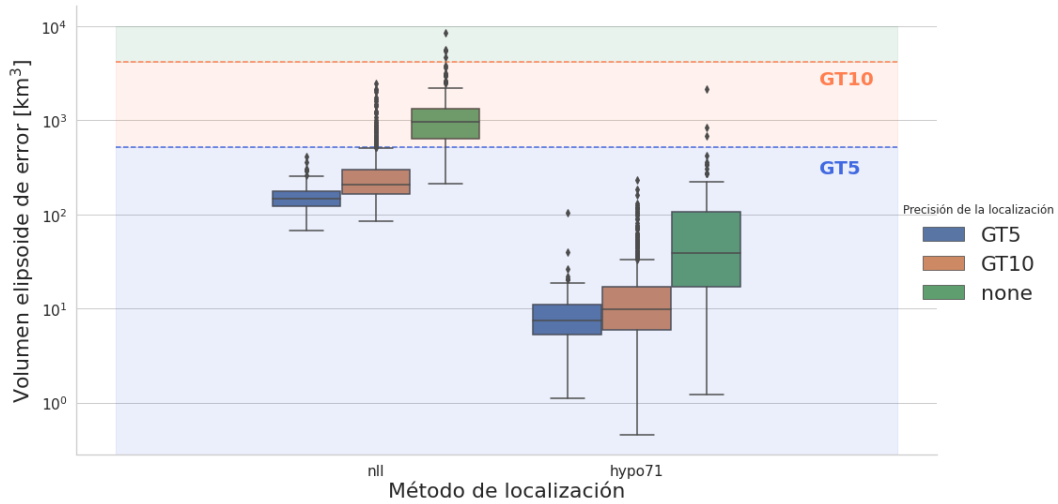


Figura 23. Distribución de los valores del volumen del elipsoide de error obtenido del hypo71 y del NonLinLoc en sismos de Mesetas-Meta. Los errores obtenidos con hypo71, clasificarían a la mayoría de los eventos como GT5, a pesar de que solo la minoría de éstos lo son. Los errores del NonLinLoc se acercan más a los valores que se esperarían según la nomenclatura GTX.

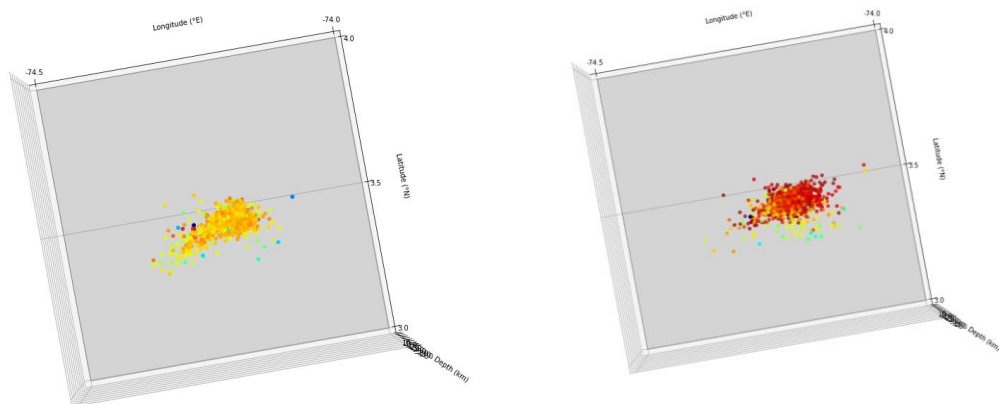


Figura 24. Visualización 3D de la localización de la sismicidad de Mesetas-Meta con NonLinLoc (izquierda) y Hypo71 (Derecha).

En la figura anterior se puede observar que buena parte de los eventos localizados con Hypo71 están pegados a la superficie, lo que contrasta con los localizados con NonLinLoc, cuyo modelo de velocidades le permite una mayor resolución en profundidad.

2. Pacífico Colombiano

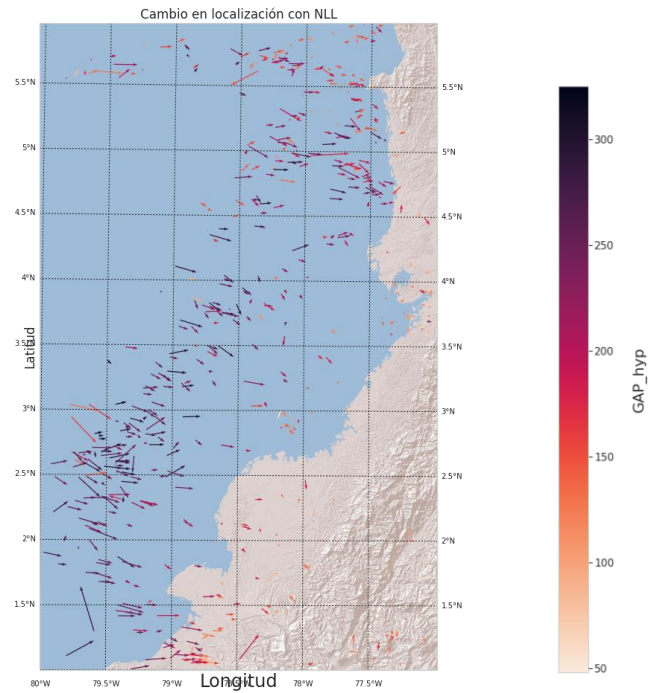


Figura 25. Cambio en la localización de la sismicidad del Pacífico colombiano con NonLinLoc.

En la figura anterior se observa como los sismos relocados con NonLinLoc en general se movieron hacia la zona continental que es una zona de baja velocidad para las ondas sísmicas respecto a la corteza oceánica, lo que de nuevo podría indicar que inicialmente los sismos estuvieron mal localizados debido a que el modelo 1D no tiene en cuenta los cambios de velocidad en planta.

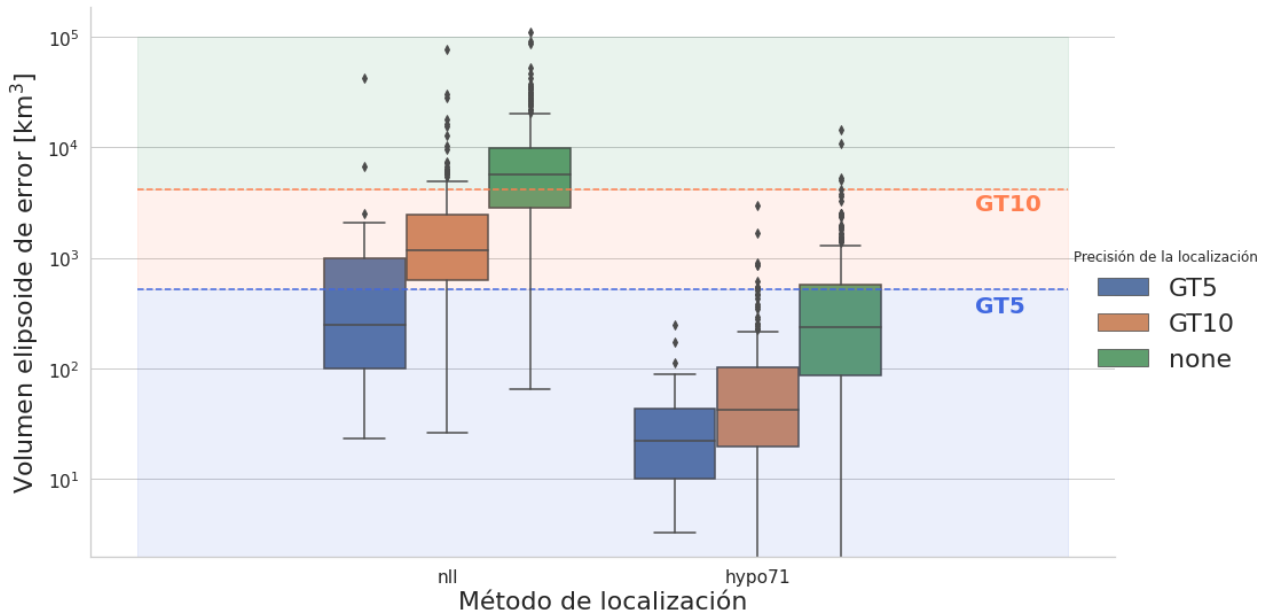


Figura 26. Distribución de los valores del volumen del elipsoide de error obtenido del hypo71 y del NonLinLoc en sismos del Pacífico colombiano. Los errores obtenidos con hypo71 sugieren que la mayoría de los eventos son GT5, cuando en realidad son la minoría. Los errores del NonLinLoc en cambio, discriminan correctamente a la mayoría de los sismos de acuerdo a la nomenclatura GTX.

De acuerdo al análisis realizado, se encontraron las siguientes ventajas del método de localización NonLinLoc respecto al hypo71:

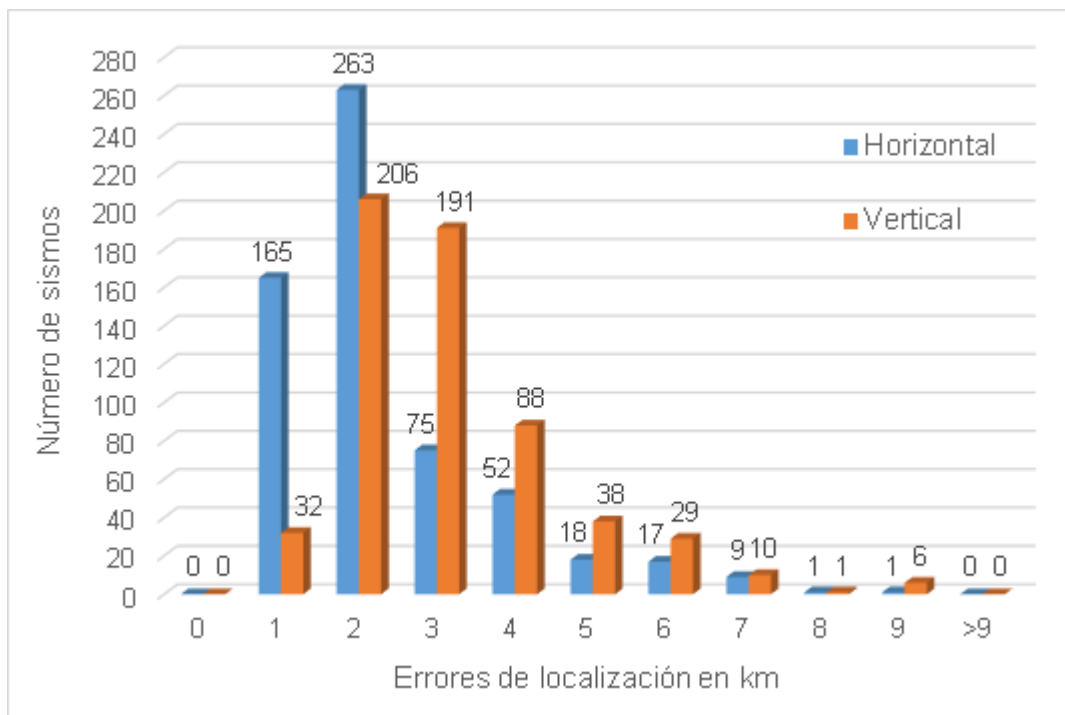
- Es posible evitar los errores provenientes debido a cambios de velocidades laterales en sismos de zonas de interfaz.
- La estimación de los errores del NonLinLoc son más coherentes con los errores que se esperarían de acuerdo a la nomenclatura GTX. Lo que sugiere que estos errores son más realistas.
- El modelo de velocidades 3D dispuesto en el NonLinLoc permite una mayor resolución en profundidad de la localización de los eventos respecto al modelo de velocidades 1D para Colombia dispuesto usado hypo71.

Cómo desventaja, el NonLinLoc demora mucho más en obtener la solución a la localización.

- **Avance del procesamiento de datos sismológicos e investigaciones sismológicas en el sector norte del Valle Medio del Magdalena (VMM) y la Loma, Cesar (LLC)**

Durante el primer semestre del 2020 se realizó el procesamiento de los datos del 1 de abril al noviembre de 2019 con más de 2.500 eventos localizados. Estos eventos presentan magnitudes entre 0.5 y 3.6 (MI). Se han elaborado una serie de mapas y perfiles en los cuales se grafica la información de los hipocentros con el fin de avanzar en el estudio de la sismicidad en el área (Figura 28).

La Grafica 27 corresponde al histograma de errores de localización en la horizontal y vertical para los eventos registrados en el VMM y La Loma, Cesar, entre el 13 de julio y el 15 de septiembre de 2019. En este histograma se observa que la mayoría de los eventos tiene errores inferiores a los 5-6 km, siendo el menor error el correspondiente a la horizontal, con un rango predominante entre 1 y 3 km. Caso contrario se presenta en los errores en la vertical cuyo rango predominante se encuentra entre 2 y 4 km.



Gráfica 3. Errores de localización en kilómetros de los sismos localizados en las áreas del Valle Medio del Magdalena y La Loma (Cesar) durante el segundo trimestre de 2020.

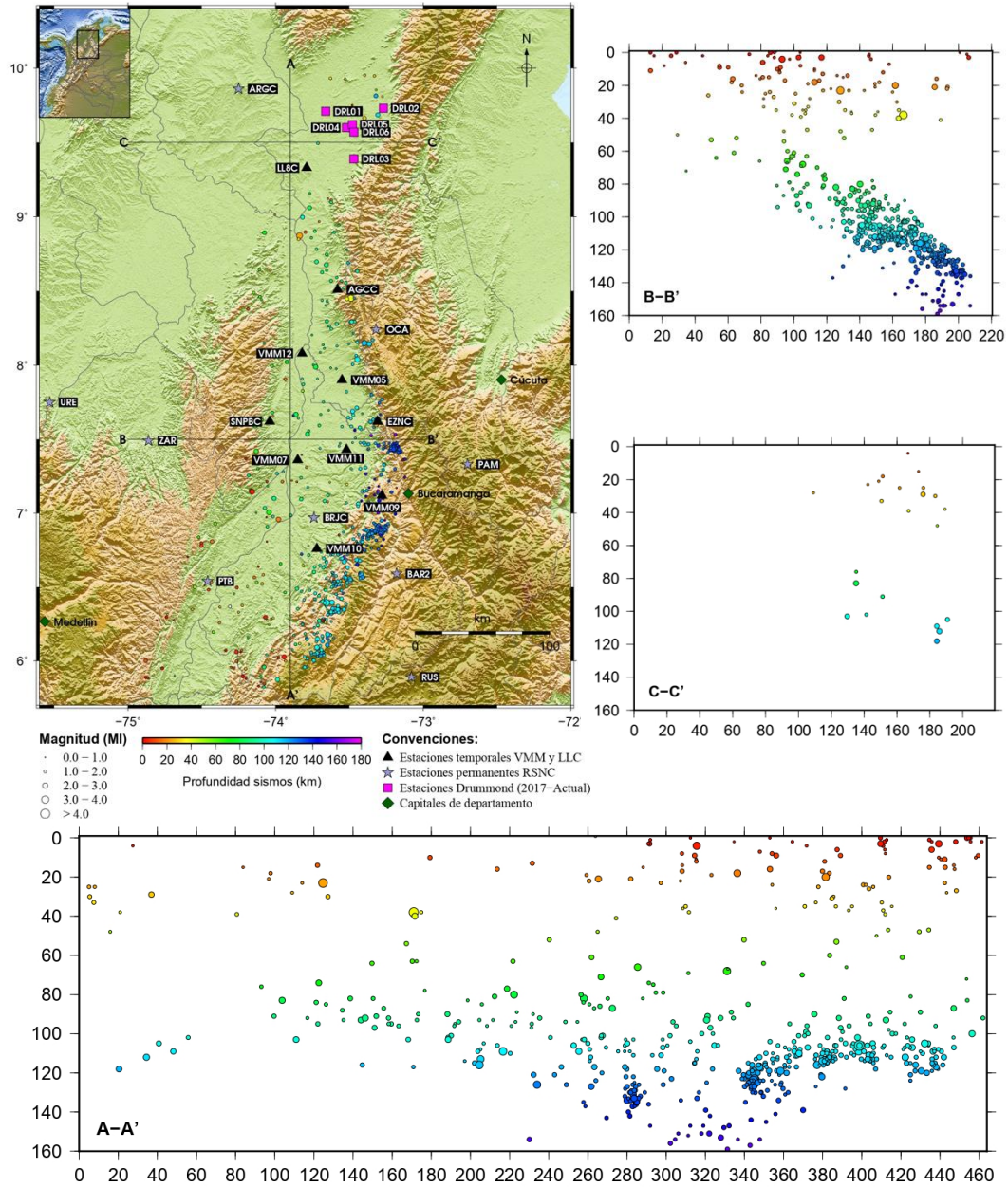


Figura 27. Localización hipocentral de los sismos registrados en el VMM y La Loma, Cesar, entre el 13 de julio y el 15 de septiembre de 2019. La línea AA' en el mapa representa el perfil NS y las líneas BB' y CC' representan los perfiles EW.

- **Sismicidad registrada en la red local portátil Acacias – Chichimene (ACH)**

Con el fin de efectuar el monitoreo sísmico relacionado a las actividades de inyección de aguas y/o las de combustión in situ, el Servicio Geológico Colombiano desplegó una red sísmológica local compuesta por siete (7) estaciones en el área de influencia del campo Acacias – Chichimene a partir de diciembre de 2017. Las estaciones instaladas son visitadas cada 4 meses para la descarga de los datos registrados y su mantenimiento. Como parte del procesamiento de los datos y la reducción de la incertidumbre en los parámetros de localización, se construyó un modelo de velocidad local para la zona usando la información de las estaciones y los datos de velocidad interválica de un pozo del campo. El nuevo modelo fue probado con los sismos localizados usando las estaciones de la red local y se compararon los resultados con la localización arrojada usando el modelo de velocidad de la red nacional de Colombia.

En la Figura 28 se pueden observar en círculo purpura los sismos cuya localización fue calculada con el modelo nacional RSNC, mientras que los rombos de color rojo son los mismos sismos, pero localizados con el modelo local ACH. Es bastante claro como la nueva localización agrupa los sismos en tres fuentes distintas, mientras que con el modelo nacional es mucho más dispersa la localización de los eventos.

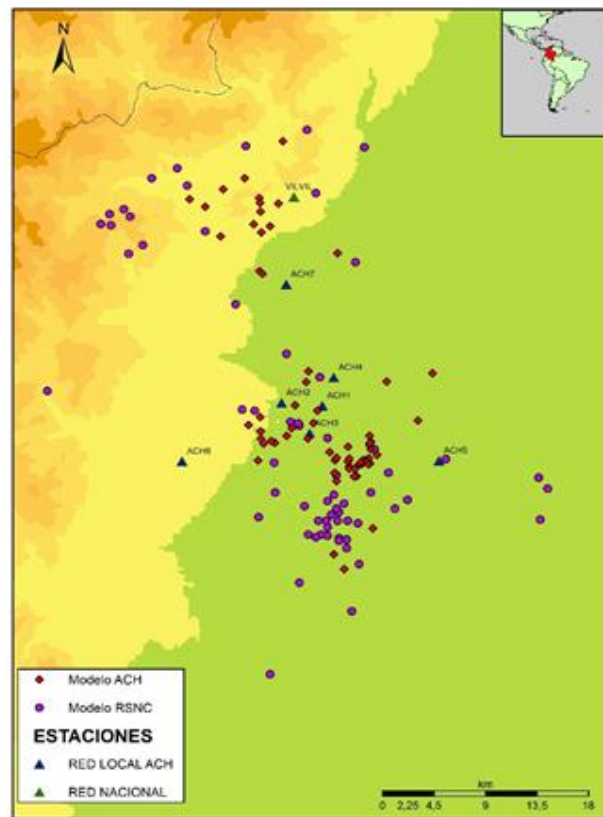
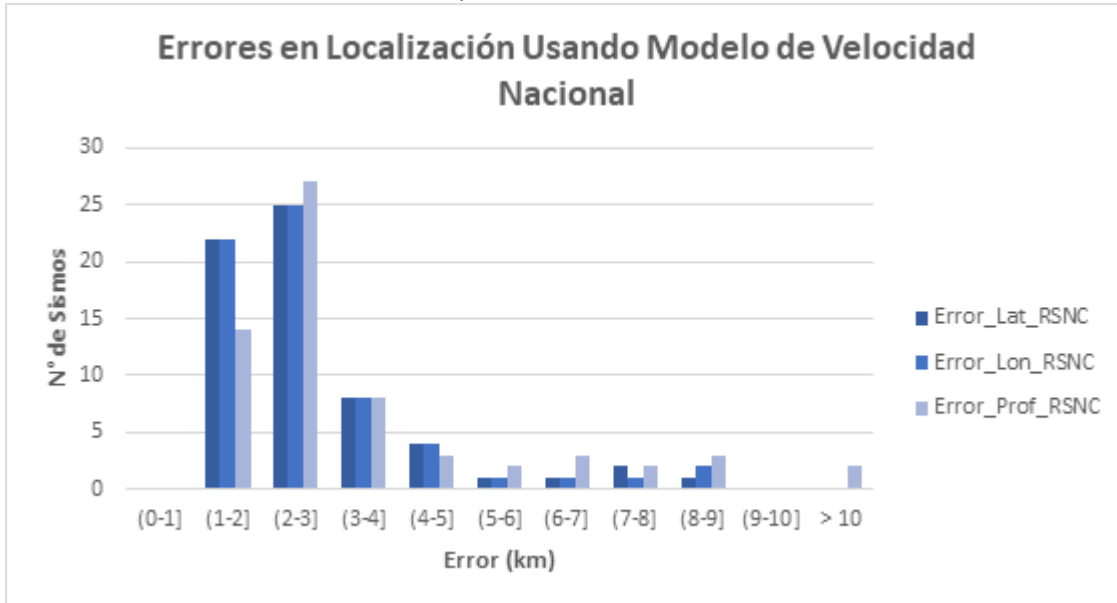
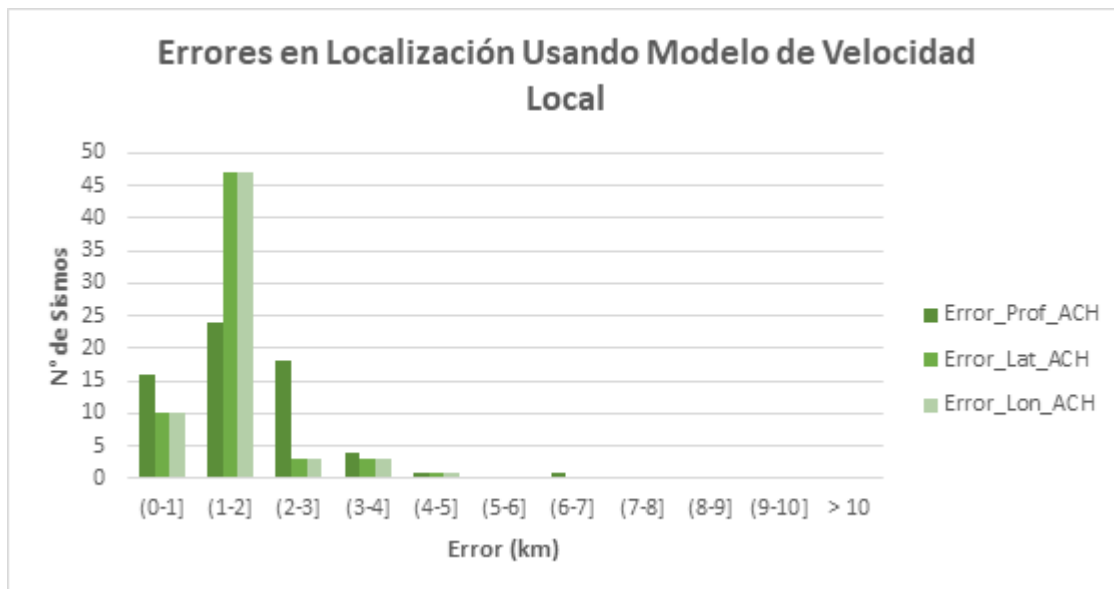


Figura 28. Sismos localizados con los modelos de velocidad Nacional (círculos purpuras) y modelo de velocidad local (rombos rojos).

Además de los cambios relativos en la localización espacial de los sismos, también se observa una disminución en los errores de localización, pasando de tener errores promedios de 5 km, incluso algunos mayores a 10 km con la red nacional, a obtener errores en promedio de 2 km y máximo de 6 km con la red local como se observa en las Gráfica 4 y 5.



Gráfica 4. Errores en localización de los sismos registrados después de la instalación de la red local ACH, usando el modelo de velocidad nacional RSNC.



Gráfica 5. Errores en localización de los sismos registrados después de la instalación de la red local ACH, usando el modelo de velocidad local ACH.

Oficializaciones y publicaciones científicas:

- EL SISMO DE MESETAS -META DEL 24 DE DICIEMBRE DE 2019 Aspectos sismológicos, movimiento fuerte y consideraciones geodésicas, <https://miig.sgc.gov.co/Paginas/Resultados.aspx?k=340120101051487509000000000>
- Finalización de la investigación de Tomografía en Valle Medio del Magdalena y aceptación en revista científica Internacional, se publicará en el volumen de Noviembre: Detailed seismic velocity structure of the Caribbean and Nazca Plates beneath Valle Medio del Magdalena region of NE Colombia, Journal of South American Earth Sciences (2020), doi: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102762>.
- Calibration of Local Magnitude Scale for Colombia, Bulletin of the Seismological Society of America (2020) 110 (4): 1971–1981. <https://doi.org/10.1785/0120190226>
- Seismicity induced by massive wastewater injection near Puerto Gaitán, Colombia. Geophysical Journal International, Volume 223, Issue 2, November 2020, Pages 777–791, <https://doi.org/10.1093/gji/ggaa326>
- Publicación para comentarios y firma de la Resolución 304 del 30 de octubre de 2020 “Por el cual se establecen lineamientos técnicos del monitoreo de sismicidad para el desarrollo de los Proyectos Piloto de Investigación Integral -PPII en Yacimientos No Convencionales - YNC de Hidrocarburos a través de la Técnica deFracturamiento Hidráulico Multietapa con Perforación Horizontal - FH-PH” <https://normograma.sgc.gov.co/#vid/851684952>

- **Mejoras en gestores de información y consultas SAE - Sistema Escalable de Geoamenazas**

La primera fase inició operaciones el 5 de septiembre de 2020, la fase final del será entregada el 17 de diciembre de 2020. Entre los componentes operativos tenemos:

- Home principal SGC - www.sgc.gov.co
- Visor de Sismos - www.sgc.gov.co/sismos
- Visor de Volcanes - www.sgc.gov.co/volcanes
- Sitio administrativo para sismos y volcanes- saadmin.sgc.gov.co

En los primeros 20 días de operación, se han registrado 31 mil visitas al sitio, con un promedio diario de 2.2 mil visitas.

- **SIIGeo (Sistema de información Integrado de Geoamenzas)**

Durante este año se desarrolló e hizo entrega a la RSNC y GeoRed de la primera fase del SIIGeo que comprende la gestión de Estaciones, Dispositivos y Mantenimientos de las estaciones. Para tal fin se realizó la migración del sistema BDRSN al nuevo sistema SIIGeo. A continuación, las funcionalidades entregadas para esta primera fase:

Módulo gestión usuarios y grupos	Módulo de Dispositivos	Módulo de estaciones
<ul style="list-style-type: none"> ● Gestión de usuarios ● Gestión de grupos de trabajo ● Gestión permisos a las diferentes funcionalidades del sistema ● Creación de roles 	<ul style="list-style-type: none"> ● Gestión de los dispositivos (Crear, Leer, Actualizar y eliminar) ● Asociar y consultar archivos asociados a los dispositivos (Hoja del fabricante, Informes de hurto, Especificaciones técnicas, etc.) ● Consultar historiales de los dispositivos. ● Realizar filtros y generar reportes en Excel. ● Gestión de los factores de corrección y sensibilidad (Crear, Leer, Actualizar y eliminar) ● Gestión de archivos de inventario. ● Gestión de información relacionada con los valores de VS30. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Gestión de la estación (Crear, Leer, Actualizar y eliminar) ● Gestión de los archivos asociados a las estaciones (Informes de hurto, Datalees, Archivos de Respuesta, Track de la estación) etc. ● Gestión de los historiales de las estaciones (los equipos que históricamente han estado en la estación) a partir de los XML o Archivos de Respuesta de la estación. ● Gestión de los mantenimientos realizados en la estación (inicialmente se asociará el informe de comisión, mientras se implementa la fase 2 y 3 del proyecto) ● Consultar los dispositivos instalados en la estación. ● Gestión de los documentos administrativos asociados a la estación (contratos, comodatos, etc) ● Fotografías asociadas a la estación. ● Realizar filtros y generar reportes en Excel. ● Generar KML de las estaciones. ● Mapa y reporte en Excel del plan propuesto de comisiones. ● Estadísticas del cargue de información al sistema. ● Interfaces de unión con software institucional Isolucion.

Tabla 5: SIIGeo (Sistema de información Integrado de Geoamenzas)

- **Módulo Automag para SeisComP3**

Durante el trimestre se adelantó la codificación y unificación de clases que permitirá el cálculo automático de la magnitud Mw utilizando el módulo automag de SEISAN dentro del sistemas de procesamiento y diseminación de información de la RSNC SeisComP3. Con el apoyo del grupo de sismología se avanzó en el establecimiento de parámetros mínimos y la validación de la confiabilidad de los módulos a utilizar. El módulo se encuentra en la última fase de afinamiento antes de someterse a las pruebas pertinentes.

- **Secuencias de Recuperación - Proyecto BIA**

En el marco del proyecto BIA, sin entregarse aún los resultados, se ha avanzado en la construcción de las secuencias de recuperación tecnológica de la RSNC teniendo en cuenta los escenarios de funcionamiento normal y el funcionamiento en contingencia, atendiendo a un plan de recuperación antes desastres (DRP). Las secuencias de recuperación contemplan las arquitecturas y sistemas críticos para la publicación de eventos sísmicos, la descripción de sus componentes, los responsables y una serie de pasos a seguir que permiten una rápida validación de dichos componentes.

- **Actualización SeisComP3**

Actividades desarrolladas para esta actividad:

Se realizó el análisis de impacto de los cambios con respecto a la versión actual de SeisComP, en la cual se determinó el plan de actualización, que incluye las siguientes actividades:

- Renovación de la arquitectura
- Migración de base de datos MySQL
- Migración y actualización de módulos desarrollados por el SGC
- Refinamiento y pruebas de los métodos de localización automática
- Capacitación
- Actualización de clientes

Esta actividad tendrá una duración de cuatro meses, se iniciará el 9 de octubre de 2020 finalizando el 9 de febrero del 2021.

- **Canal Alternativo de Internet**

Actividades desarrolladas para esta actividad:

- Se configura el equipo de respaldo con tarjeta de red adicional para las publicaciones en el canal satelital instalado. Se realizan pruebas de conectividad y disponibilidad semanalmente por el grupo de analistas de la RSNC.

• **Avances en la actualización y configuración del software para el cálculo de la intensidad instrumental – Shakemap**

Desde el 24 de abril está en producción la más reciente versión de *ShakeMap* (versión 4). Se desarrolló un módulo en SeisComP3, que permite el cálculo de los productos de intensidades instrumentales, de esta manera se tiene un mayor control para la generación de los productos.

Se establecieron los siguientes filtros de calidad en la publicación de *ShakeMap*:

- Para que este producto se adapte al protocolo, entonces vamos a procesar todos los eventos que tengan magnitud ≥ 4 .
- El mínimo valor de intensidad instrumental debe ser mayor a 1.
- Aún no es posible filtrar por el *bn* (área de influencia de la red nacional), pero por lo pronto se establece como área de procesamiento latitud entre -3.5° y 14° y longitud entre -82° y -67° .
- Se han implementado los filtros de calidad que tenemos para publicación automática.
- Errores en latitud y longitud menores a 10 km
- Mínimo estaciones usadas para cálculo de magnitud 4
- Mínimo fases usadas para localización 10

Como avance en la configuración de la generación de los productos de shakeMap se ha configurado la regionalización de acuerdo a Las fuentes sismotectónicas definidas para el modelo de amenaza sísmica del Servicio Geológico Colombiano (SGC) son 4 y están denominadas como Corteza Activa (continental y San Andrés), Bucaramanga (para la fuente del nido), la zona de subducción dividida en Interplaca (interfase) y Benioff (inslab).

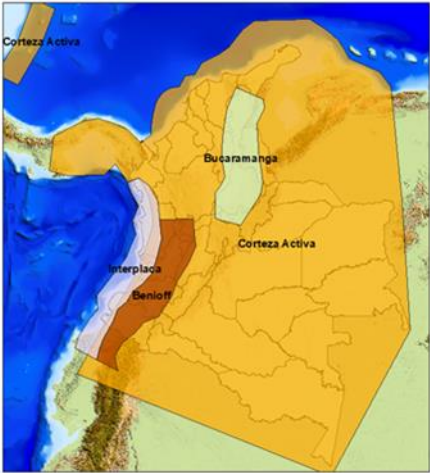
Zonas sismo tectónicas para Colombia definidas por el SGC para el modelo de amenaza sísmica.					
	ZONA	Descripción	Prof (km) Min Max		GMPE
	ARC	Corteza activa continental	0	40-50	CauzziEtAl2014
		Corteza activa San Andrés	0	40-50	CauzziEtAl2014
	SUB	Interplaca	5	40-50	AbrahamsonEtAl2015Sinter
		Benioff	50	200	MontalvaEtAl2016SSlab
Nido	Bucaramanga	50	700	ZhaoEtAl2006SSlabNSHMP2014	

Tabla 6. Características de la regionalización para ShakeMap.

Una vez definidas las anteriores zonas se asociaron las GMPEs que mejor representa el comportamiento del movimiento del terreno en cada una de estas teniendo como referencia el Modelo Nacional de Amenaza Sísmica.

- **Implementación de Inteligencia Artificial en la localización automática de SC3**

Se desarrolló el programa ai_picker.py que permite la implementación de los últimos modelos en inteligencia artificial para el picado y detección de sismos (PhaseNet y EQTransformer) en nuestro sistema SeisComP3. El programa puede usarse para procesar datos en modo playback (no tiempo real) y cuenta con una sub-implementación que se ejecuta cada 2 horas sobre los últimos datos del SGC.

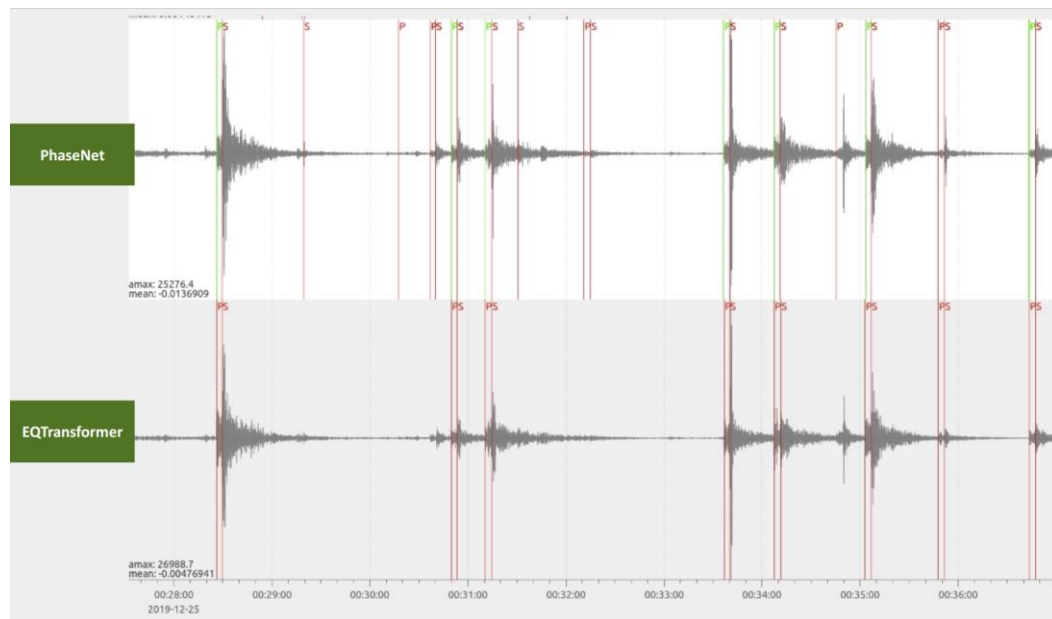


Figura 29. Ejemplo de la ejecución del programa ai_picker.py en datos de la estación sísmológica URM (La Uribe - Meta)

- **Apropiación social del conocimiento**

Se atendieron más de 45 requerimientos de usuarios externos. Estos relacionados con aprobación de acelerógrafos, información sobre el proceso de entrega de registros de aceleración capturados por los instrumentos que se encuentran en edificaciones de acuerdo con el reglamento NSR -10, solicitudes de registros de aceleración de eventos sísmicos, información sobre reportes de sismos y forma de acceder a los catálogos del Visor de Sismos de la página web del SGC.

Se elabora un documento con conceptos básicos sobre sismos para cartilla en lenguaje Braille, con el fin de acercar el conocimiento sobre sismicidad del país a la población con discapacidad visual. La diagramación final será elaborada por el grupo de Comunicaciones.

Biografía

Bondár, I., Myers, S. C., Engdahl, E. R., & Bergman, E. A. (2004). Epicentre accuracy based on seismic network criteria. *Geophysical Journal International*, 156(3), 483-496.

Bondár, I., Yang, X., North, R. G., & Romney, C. (2001). Location calibration data for CTBT monitoring at the Prototype International Data Center. *pure and applied geophysics*, 158(1-2), 19-34.

Gómez, J., Montes, N.E., Nivia, Á. & Diederix, H., compiladores. 2015. Mapa Geológico de Colombia 2015. Escala 1:1 000 000. Servicio Geológico Colombiano, 2 hojas. Bogotá.

Mignan, A., & Woessner, J. (2012). *Theme IV—understanding seismicity catalogs and their problems*. Technical Report doi: <https://doi.org/10.5078/corssa-00180805>, Community Online Resource for Statistical Seismicity Analysis.

Ojeda, A., & Havskov, J. (2001). Crustal structure and local seismicity in Colombia. *Journal of seismology*, 5(4), 575-593.

Poveda, E., Julià, J., Schimmel, M., & Perez-Garcia, N. (2018). Upper and middle crustal velocity structure of the Colombian Andes from ambient noise Tomography: Investigating subduction-related magmatism in the overriding plate. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 123(2), 1459-1485.

Veloza G., R Styron R., Taylor, M., Mora, A. 2012. Open-source archive of active faults for northwest South America. *GSA Today* 22 (10), 4-10, 2012. 49.

- **Proyecto de Gestión ID 10001108: Amenaza y Riesgo Sísmico en Colombia**

El proyecto tiene por objeto investigar procesos generadores de amenaza y riesgo sísmico a escalas nacional y regional y con las evaluaciones a escala urbana, proponer, evaluar y difundir metodologías de estimación de amenaza y riesgo sísmico con afectaciones municipales. Así mismo, mediante servicios de consulta, proveer información sobre la amenaza y riesgo físico de origen geológico a las instancias y autoridades competentes y a la comunidad nacional, con fines de planificación, ordenamiento territorial y gestión del riesgo.

1. Modelo nacional de amenaza sísmica. Se publicó el Modelo Nacional de Amenaza sísmica de Colombia (<https://libros.sgc.gov.co/index.php/editorial/catalog/book/38>), trabajo que fue reconocido por la Sociedad Colombiana de Ingenieros con el Premio Codazzi 2020. Esta publicación está disponible desde el mes de agosto de 2020, teniendo a la fecha más de mil descargas.

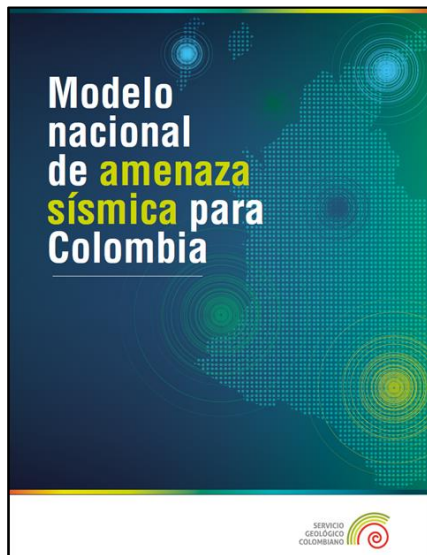


Figura 30. Modelo nacional de amenazas sísmica para Colombia.

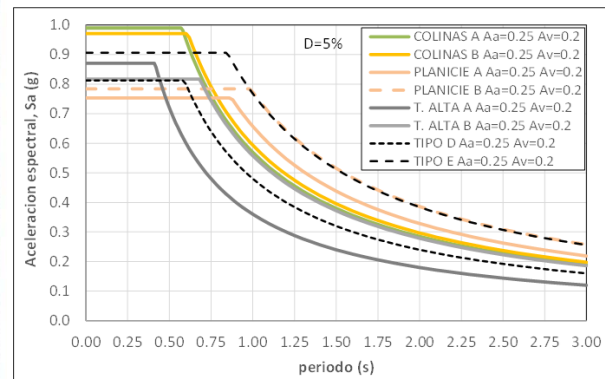
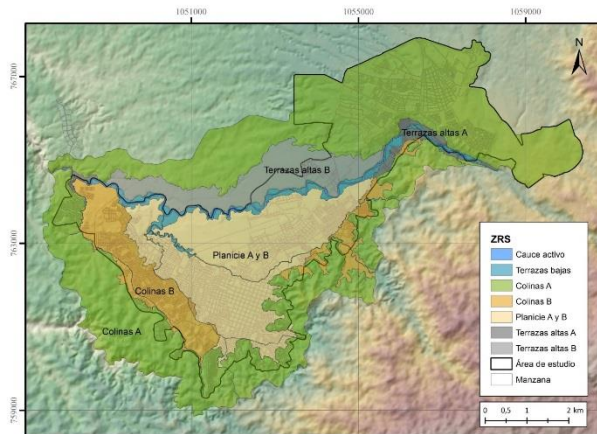
2. Modelo nacional de riesgo sísmico. Se estructuró una propuesta para el desarrollo del modelo, identificando objetivos, actividades, estrategia y cronograma el cual ha sido presentado ante diversas entidades e instituciones técnicas y académicas interesadas en su desarrollo o resultados; se ha recopilado información de estadísticas de construcción y de valores catastrales a nivel municipal. Recopilación e identificación de información secundaria sobre tipologías constructivas y atributos de las tipologías identificadas preliminarmente para el modelo y generación de funciones de fragilidad para tipología de muros de mampostería confinada y reforzada. Se solicitó autorización de vigencias futuras de ejecución para desarrollar en 2021 la primera fase del modelo.

3. Amenaza y riesgo sísmico a escala urbana. Para estudios de amenaza y riesgo sísmico a escala urbana, se firmaron convenios con las alcaldías de Pasto, Popayán y Pereira. Se terminaron y entregaron resultados de zonificación de respuesta sísmica (ZRS) para Popayán y Pasto. Los estudios para la ciudad de Pereira están al 86% y se recibió solicitud de la Alcaldía para ampliarlo a los cascos urbanos de los corregimientos del municipio. La prolongada situación generada por la pandemia por COVID-19 generó dificultades para la realización de trabajo de campo necesarios para terminar el estudio, adicionalmente la alcaldía no ha podido entregar el MDT detallado necesario para la ZRS. Por otro lado se evaluaron escenarios de daño y pérdida por sismos para Pasto y Popayán, este último resultado de una adición y prórroga al convenio inicialmente suscrito con la Alcaldía. Para la ciudad de Pereira, se tienen avances del 60% (contemplados para terminan en junio de 2021).

Convenio	Ciudad	Inicio	Duración	Presupuesto (mill)	% Avance	
					Amenaza	Riesgo
No. 03 de 2019	Popayán	Marzo de 2019	20 meses	\$449.5 (\$248.7)*	100	100
No. 02 de 2019	Pasto	Abril de 2019	19 meses	\$700 (\$400)*	100	95
No. 18 de 2019	Pereira	Junio de 2019	24 meses	\$1340 (\$480)*	85	50

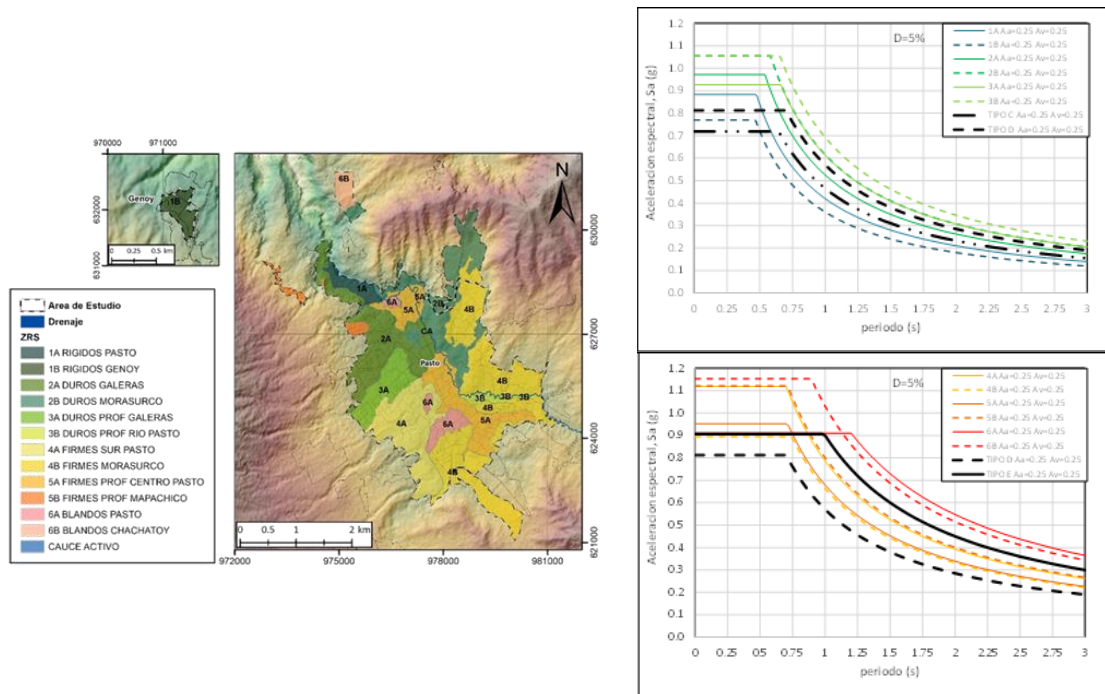
Tabla 7. Amenaza y riesgo sísmico a escala urbana.

• Zonificación de respuesta sísmica de Popayán

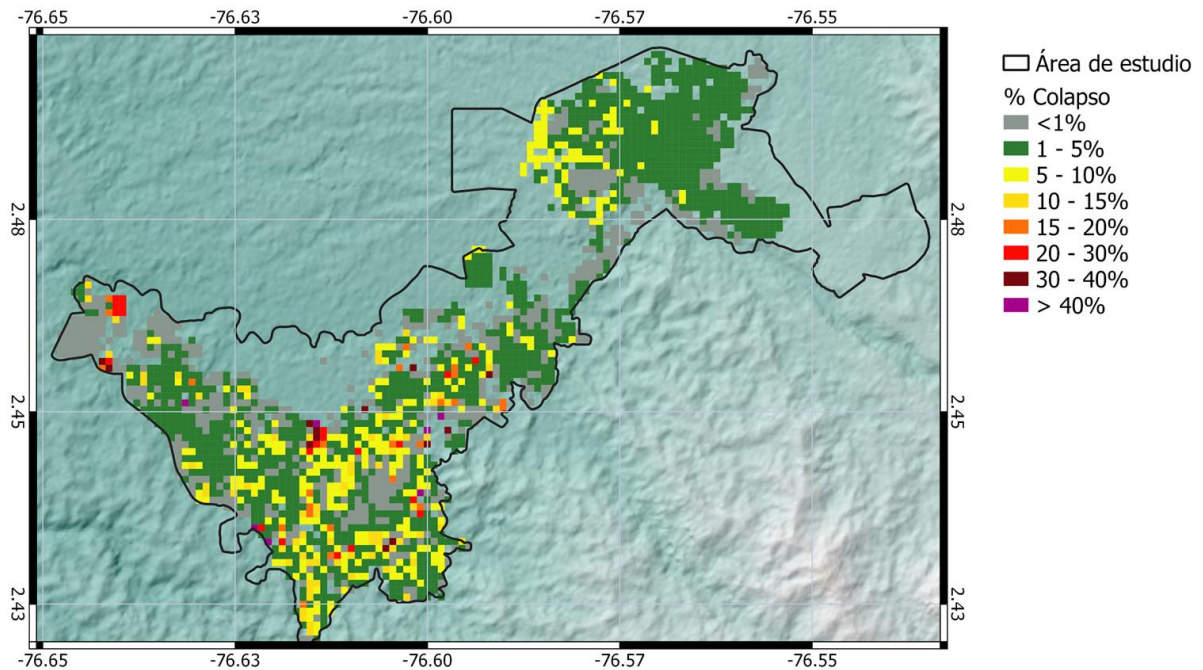


Sismicidad histórica. Se generaron los contenidos para fichas del catálogo de grandes sismos de Colombia (resúmenes y contexto histórico, mapas, tabla y gráficos) para su publicación en 2021

• Zonificación de respuesta sísmica de Pasto



Escenarios riesgo sísmico de ciudades (Popayán)



4. Sistemas de datos e información. Se han realizado mejoras y mantenimiento permanente a los servicios dispuesto, incluyendo nuevas funcionalidades y opciones de consulta. Las estadísticas de acceso y visitas a páginas disponibles para los años 2019 y 2020 son las siguientes:

- El Sistema de Información de Sismicidad Histórica ha tenido 14157 usuarios con 30551 visitas a páginas
- La aplicación Sismo sentido ha tenido 106047 usuarios, con 173128 de cuenta visitas a páginas
- La aplicación de Amenaza Sísmica ha tenido 21914 usuarios, con 33557 visitas a páginas

Adicionalmente, se preparó información para cartilla en braille "Lo que debes saber sobre los sismos"

Evaluación y Monitoreo de Actividad Volcánica: OBSERVATORIOS VULCANOLÓGICOS Y SISMOLOGICOS MANIZALES, POPAYAN Y PASTO

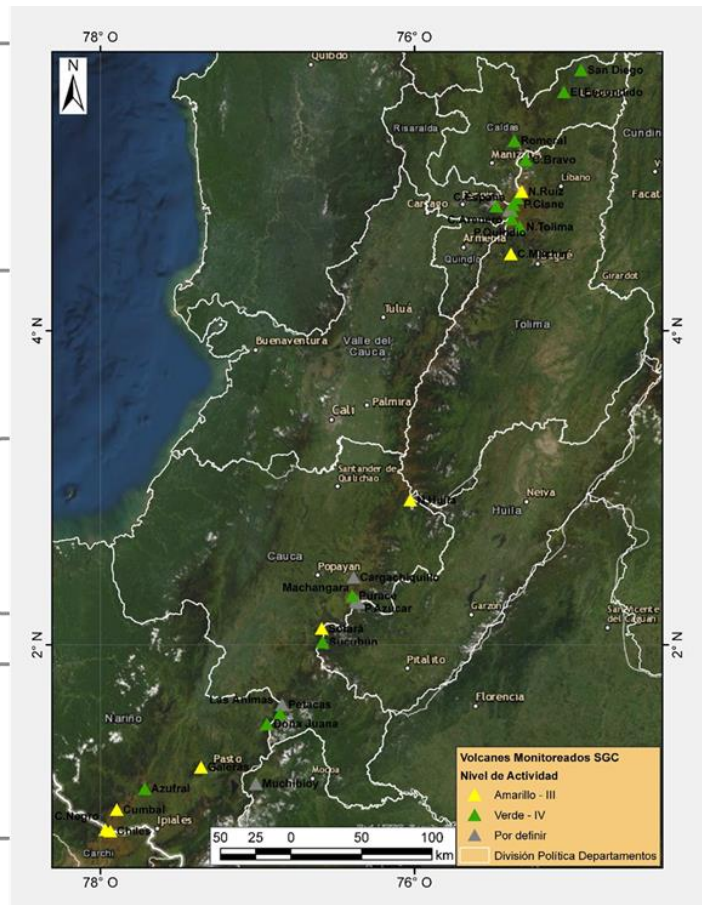
- **DIAGNÓSTICO DE LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA:**

Durante el periodo 2020, se continuo con el monitoreo ininterrumpido de 23 volcanes activos (ver la siguiente figura). Por otro lado, a 30 de noviembre de 2020 se avanzó en la realización de diferentes investigaciones y desarrollos científico, entre informes de avance y finales, relacionadas con la actividad volcánica y evaluación de la amenaza volcánica enfocadas a mejorar el entendimiento del fenómeno volcánico, en temas como (Geofísica, Geoquímica, Geodesia y Geovulcanología), favoreciendo el diagnóstico de cada uno de los 23 volcanes monitoreados e investigados por el SGC. Estas investigaciones continúan avanzando según lo acordado, solo con leves retrasos debido a la imposibilidad de toma de datos en campo para el caso de algunas investigaciones científicas, dada la contingencia por el SARS-COVID-19.

Segmento Volcánico Norte

Segmento Volcánico Centro

Segmento Volcánico Sur



Segmentos Volcánicos Norte, Centro y Sur de Colombia. Actualmente el SGC monitorea e investiga 23 estructuras volcánicas.

Se elaboraron 132 informes relacionados con la actividad volcánica, entre, boletines informativos mensuales, informes técnicos de actividad volcánica, e informes de apropiación social del conocimiento geocientífico en zonas volcánicas, e informes de funcionamiento de la red de monitoreo volcánico.

Los diferentes informes y boletines se encuentran disponibles en:

<https://www.sgc.gov.co/Noticias/Paginas/Boletines-mensuales.aspx>

<https://www.sgc.gov.co/Noticias/Paginas/Boletines-semanales.aspx>

<https://www.sgc.gov.co/Publicaciones/Paginas/informes-socializacion.aspx>

<https://www2.sgc.gov.co/Publicaciones/Paginas/informes-tecnicos.aspx>

<https://www.sgc.gov.co/Noticias/Paginas/Boletines-extraordinarios.aspx>

Se resalta que para el periodo entre enero y diciembre de 2020, fueron publicados 7 artículos científicos en revistas internacionales. A continuación, se enlistan los enlaces, donde se puede consultar los artículos en mención.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034425719303670>

<https://earth-planets-space.springeropen.com/articles/10.1186/s40623-020-01197-z>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377027319306535>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128180822000160>

<https://academic.oup.com/gji/advance-article-abstract/doi/10.1093/gji/ggaa519/5944120>

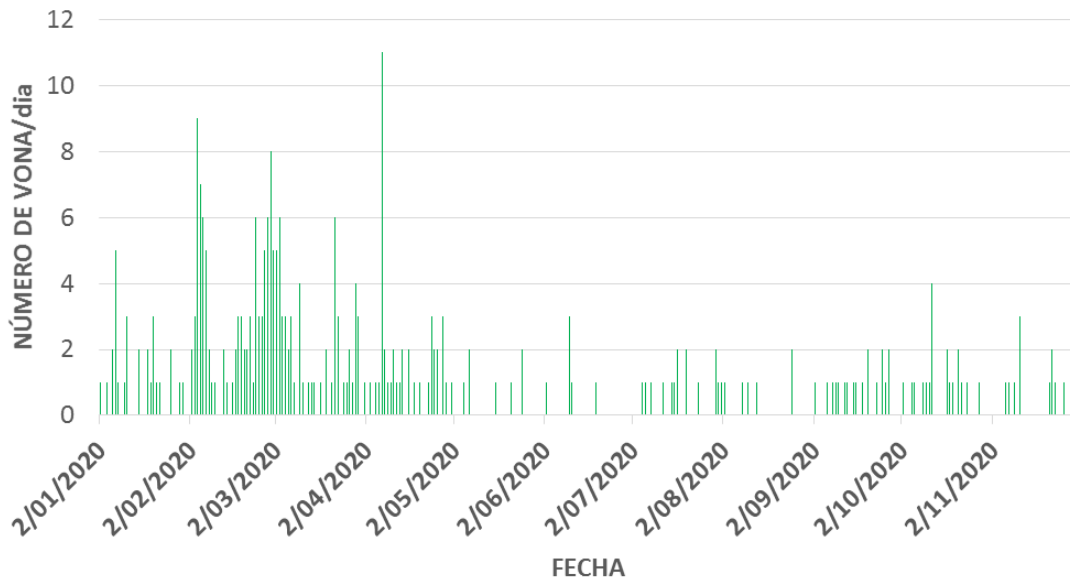
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377027320304200>

<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2020JB020249>

Se realizaron actualizaciones permanentes de las bases de datos de las diferentes temáticas involucradas en el monitoreo e investigación de la actividad volcánica obtenidos con las redes de monitoreo. Las bases de datos actualizadas se encuentran en los diferentes servidores y sistemas de almacenamiento de los Observatorios Vulcanológicos y Sismológicos del SGC, a las cuales se les mantiene diferentes tipos de copias de seguridad dentro del Instituto. Se resalta la actividad volcánica registrada por el Volcán Nevado del Ruiz, el cual se mantiene en nivel de actividad amarillo o III, “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”. Dicha actividad ha estado caracterizada principalmente por continuas emisiones de ceniza a la atmosfera, en donde dada esta actividad, se han emitido alrededor de 303 boletines VONA (NOTIFICACIÓN DEL OBSERVATORIO DE VOLCANES PARA LA AVIACIÓN) ver figura

NOTIFICACIÓN DEL OBSERVATORIO DE VOLCANES PARA LA AVIACIÓN - VONA

Emitido:	20200928/0308Z
Volcán:	Volcán Nevado del Ruiz 351020
Clave de color aeronáutica actual:	YELLOW
Clave de color aeronáutica previa:	YELLOW
Fuente:	SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO
Número de notificación:	807 - 2020
Ubicación Volcán:	4° 14.9167' N, 75° 5.3667' W
Área:	Colombia
Elevación de la cima:	5321 m (17453 ft)
Resumen de la actividad volcánica:	El Nivel de Actividad continúa en Nivel Amarillo o III: Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica. Variaciones en los niveles de los parámetros derivados de la vigilancia, que indican que el volcán está por encima del umbral base y que el proceso es inestable, y puede evolucionar aumentando o disminuyendo esos niveles. Puede registrarse fenómenos como enjambres de sismos (algunos de ellos sentidos), emisiones de ceniza, lahares, cambios morfológicos, ruidos, olores de gases volcánicos, entre otros. Estos fenómenos pueden alterar la calidad de vida de las poblaciones ubicadas en la zona de influencia volcánica.
Altura de la nube de ceniza volcánica:	Desconocida.
Otra información de nube de ceniza volcánica:	Posible emisión de ceniza. Debido a las condiciones atmosféricas en el área no se tuvo visual de la columna.
Observaciones:	



*Formato de notificación de cenizas volcánicas para la aviación y número de boletines VONA por mes.
Volcán Nevado del Ruiz*

Así mismo se realizaron más de 2500 ensayos de laboratorio, principalmente para patrones, materiales de referencia internos, materiales de referencia certificados, blancos todos los ensayos son para la validación del método de ensayo.

El SGC a través de los tres observatorios vulcanológicos de Manizales, Popayán y Pasto continuó realizado acompañamiento al sistema nacional de gestión del riesgo, así como jornadas de socialización de la actividad volcánica. A continuación se mencionan algunas de ellas:

- La realización de la V Bienal Nacional de Niños, Niñas y Jóvenes que viven en zonas de riesgo volcánico, el cual se desarrolló en el municipio de Armero-Guayabal, en el marco de los 35 años de la erupción del Nevado del Ruiz. Así mismo se realizó en el mes de noviembre, la conmemoración de la erupción con la realización de un taller virtual “Ciencia y Comunidad. Construyendo Futuro” con más de 800 participantes en promedio por día.

Algunas de las actividades adelantadas en la V bienal, pueden ser consultadas en:

<https://www2.sgc.gov.co/Bienal-Nacional/Paginas/V-Bienal/Inicio.aspx>

<https://www2.sgc.gov.co/Bienal-Nacional/Paginas/V-Bienal/Presentacion.aspx>

<https://www2.sgc.gov.co/Bienal-Nacional/Paginas/Historia-de-las-Bienales.aspx>

<https://www2.sgc.gov.co/Bienal-Nacional/Paginas/V-Bienal/Mapa-de-Actores.aspx>

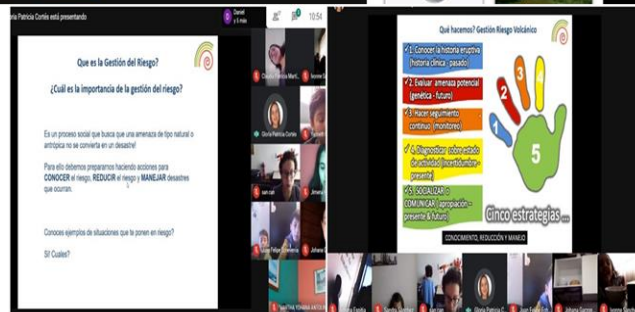
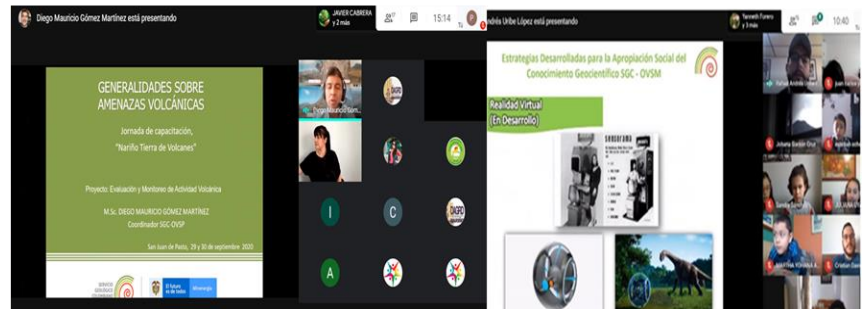
<https://www2.sgc.gov.co/Bienal-Nacional/Paginas/V-Bienal/Experiencias.aspx>

<https://www2.sgc.gov.co/Bienal-Nacional/Paginas/V-Bienal/fotogalerias.aspx>

<https://www2.sgc.gov.co/Bienal-Nacional/Paginas/V-Bienal/guia-de-excursion-de-campo.aspx>

- Participación de la segunda reunión de geodestas volcánicos, la cual se adelantó en la ciudad de Temuco-Chile.
- En el marco del proyecto “implementación de nuevas estrategias educativas y divulgativas de las geociencias en el museo geológico nacional”, orientada a un grupo de estudiantes bajo la modalidad de Homeschool en la ciudad de Bogotá y denominada “Vulcanólogo por un día” entre el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales y el Museo José Royo y Gómez del Servicio Geológico Colombiano, se realizaron las siguientes jornadas virtuales: segunda parte de “Viaje por los volcanes activos y recientes de Colombia”, “¿Cómo se hace el monitoreo de volcanes?”, esta sesión fue transmitida en directo desde el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales, tomando en cuenta todas las recomendaciones y precauciones de bioseguridad, “Realidad Virtual, realidad aumentada y holografía” y finalmente “¿Que es la gestión del riesgo?, componente que encierra el quehacer institucional articulado con la política pública de Gestión Integral de Riesgo de Desastres de Colombia, la Ley 1523 de 2012.

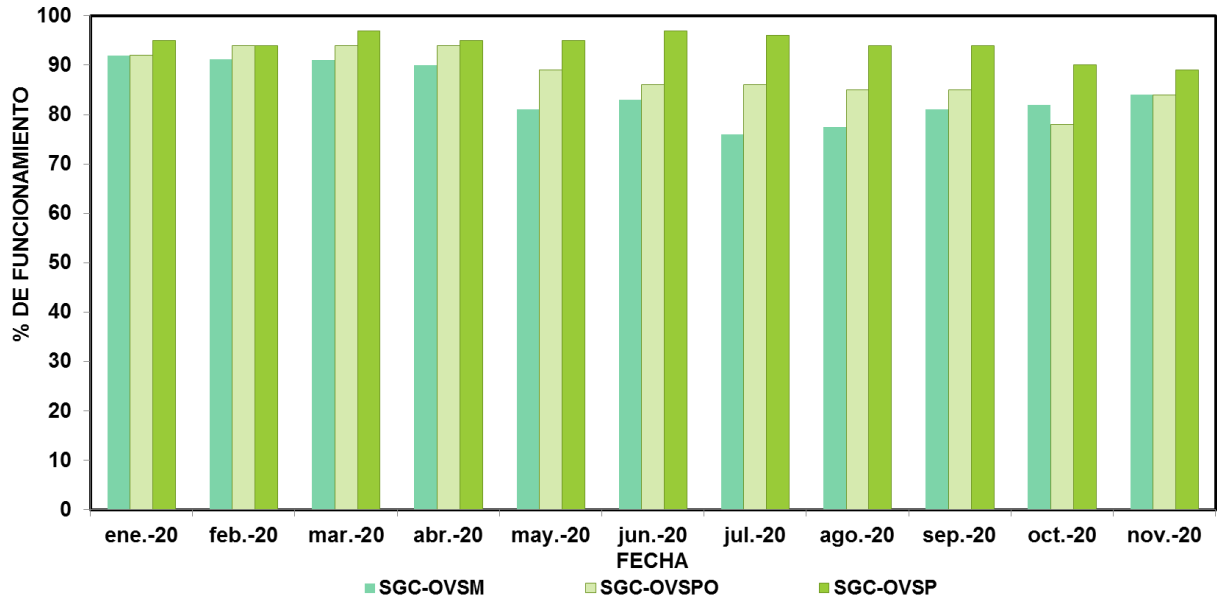
- Se continuó la interacción con instituciones educativas en el área de influencia de los volcanes activos del segmento norte de Colombia adaptándose a las condiciones de las mismas. Así mismo el equipo de trabajo sigue apoyando de manera muy importante los procesos de la iniciativa de “Geoparque Volcán del Ruiz” cuya filosofía es la gestión del riesgo volcánico, teniendo en cuenta como pilares la Geoconservación, la Geoeducación, el Geoturismo y el desarrollo sostenible de las comunidades en su territorio colocando en valor su patrimonio natural (geológico y biótico) y cultural con un enfoque de abajo hacia arriba en el que la comunidad es el eje central. Se realizaron dos presentaciones sobre geoparques al colectivo “Amigos del Centro de Visitantes de Armero.
- Se participó en la Conmemoración de los 41 años del INGEMET de Perú **“Volcanes y Comunidad: Impacto de las erupciones volcánicas en la sociedad moderna”** organizado por el Observatorio Vulcanológico del Ingemet (OVI) y la Asociación Latinoamericana de Vulcanología (ALVO) en la sesión Comunicación y educación en la gestión del riesgo volcánico con la ponencia “Estrategias educativas del Servicio Geológico Colombiano-Observatorios Vulcanológicos y Sismológicos en la gestión del riesgo volcánico”.
- Asesoramiento a la Secretaría de Ambiente y Gestión del Riesgo del Tolima (SAGER) en aspectos técnicos relacionados con el Volcán Cerro Machín (VCM) para la actualización de su plan de contingencia en el departamento del Tolima.
- Realización de conferencias virtuales:* “La amenaza sísmica y volcánica en el Departamento de Nariño en el contexto de la gestión del riesgo de desastres” dirigida a estudiantes de la Escuela Normal Superior de Pasto (ENSUP). Nariño Tierra de Volcanes, conferencias sobre amenaza volcánica y características de los volcanes del segmento sur dirigidas a Coordinadores de CMGRD y abierta para comunidades, instituciones, entre otras instituciones.



Jornadas de apropiación social del conocimiento geocientífico Observatorios Vulcanológicos Manizales, Popayán y Pasto SGC. Julio-Septiembre 2020

• OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS REDES DE MONITOREO VOLCÁNICO

Esta operación engloba todas las actividades enfocadas a mantener operativas, las redes de monitoreo volcánico, en donde para el 2020 hasta el 30 de noviembre, se han realizado 133 mantenimientos de tipo correctivo en la red de monitoreo de los tres segmentos volcánicos en Colombia manteniendo un rendimiento de alrededor del 88.83% en el funcionamiento de dichas redes de monitoreo volcánico (ver figura). Es importante tener en cuenta que, dadas las restricciones por la emergencia sanitaria, en donde el número de mantenimientos de tipo correctivo y preventivo, se redujo de manera importante, principalmente para el primer semestre de 2020. Durante el segundo semestre de 2020, se han iniciado nuevamente las labores periódicas de mantenimiento de algunas de las redes prioritarias, con lo cual se espera mejorar el porcentaje de funcionamiento anual. Es importante resaltar que bajo ninguna circunstancia se descuidará el monitoreo volcánico en tiempo real.



*Porcentaje de funcionamiento mensual de las redes de monitoreo e investigación volcánica (Enero-
Noviembre de 2020). OVSM: Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales OVSP: Observatorio
Vulcanológico y Sismológico de Popayán y OVSP: Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto.*

Se resalta la instalación de un sistema contingente para la transmisión de información volcánica de los tres observatorios vulcanológicos del SGC, en donde gracias a estas instalaciones, los OVS podrán compartir parte de la información multiparamétrica entre observatorios, en los casos en los que por alguna situación, un observatorio vulcanológico, no pueda asumir dicha actividad (ver figura).



Enlaces satelitales El Desquite, Cerro Sombrero y Morasurco. Segmentos volcánicos, Norte, Centro y Sur de Colombia

Adicionalmente fueron instaladas dos estaciones en el volcán Azufra (Sismometro y Cámara IP) y una cámara Flir en el volcán Nevado del Ruiz. A continuación, se muestran algunas de las instalaciones.

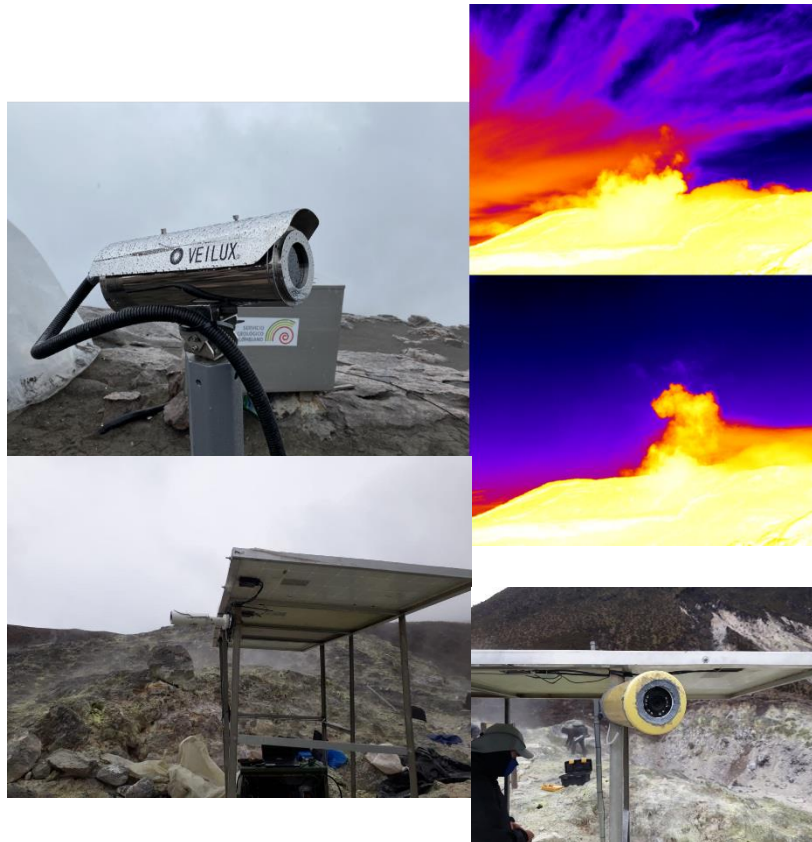


Figura. Instalación de estaciones de monitoreo e investigación volcánica. Volcanes Nevado del Ruiz y Volcán Azufra

EVALUACIÓN DE LA AMENAZA VOLCÁNICA

Respecto de los avances logrados durante el 2020 se continuo con el proceso de impresión y oficialización ante las direcciones de Geoamenazas y Gestión de Información de los mapas de amenaza de los volcanes Sotará, Cumbal y Nevado del Ruiz.

Dadas las restricciones, el inicio de los trabajos para la evaluación de la amenaza volcánica del volcán Doña Juana en el departamento de Nariño, este se ha retrasado, y en reunión temática, se acordó y programo el inicio de la actualización del mapa de amenaza volcánica del volcán Cerro Machín, en el departamento del Tolima.

Por solicitud de la dirección de Geoamenazas, el grupo de personas que trabajan en amenaza volcánica continuó llevando a cabo actividades relacionadas con el proyecto Lineamientos de Geoamenazas para macroproyectos de infraestructura. Las actividades llevadas a cabo incluyeron búsqueda y revisión bibliográfica sobre el tema; reuniones de trabajo virtuales del grupo de amenazas volcánicas para discusión de los temas a desarrollar, donde se hicieron las propuestas y se prepararon presentaciones de los temas a tratar con los integrantes del proyecto de la dirección de Geoamenazas. Se continuó con la redacción del capítulo correspondiente a las amenazas volcánicas. Se realizaron contactos con los asesores internacionales para la parte de amenaza volcánica.

• **Mapa de amenaza volcánica Volcán. Cerro bravo.**

Se continuó con la revisión bibliográfica relacionada a los temas de investigación del proyecto (erupciones plinianas, domos, freatomagmatismo, depósitos volcánicos, amenazas volcánicas, etc.) y la edición de la base de datos de isópacas e isopletas con los datos recolectados en las comisiones de campo de los años anteriores.

Continuando con la organización de la estratigrafía de las diferentes unidades eruptivas del VCB se elaboraron y correlacionaron columnas estratigráficas de los depósitos de corrientes de densidad piroclástica, caídas piroclásticas y lahares encontrados en la zona de influencia del VCB. Se delimitaron polígonos y áreas en los que se distribuyen los depósitos de lahares y CDP por medio de imágenes satelitales, fotografías aéreas y trabajo de campo. Además, se comenzó la elaboración de isópacas asociadas a los depósitos de caídas piroclásticas (Figura).

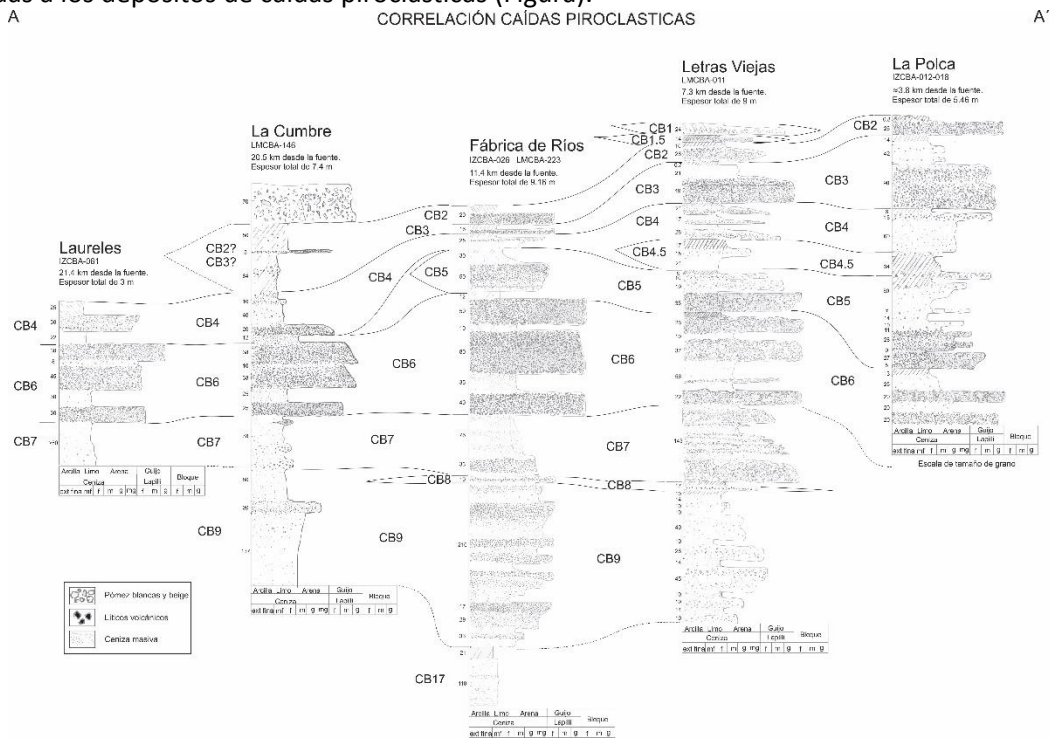


Figura. Correlación de columnas estratigráficas de depósitos de caída piroclástica.

Con base en los resultados de dataciones C14, se llevaron a cabo reuniones virtuales para discusión e interpretación de los mismos y se continuó con la elaboración y correlación columnas estratigráficas de los depósitos de CDP, caídas piroclásticas y lahares encontrados en la zona de influencia del VCB. Se realizó la georeferenciación y digitalización de isopacas e isopletas (pómez y líticos) realizadas en trabajos anteriores de depósitos de caída piroclástica del VCB.

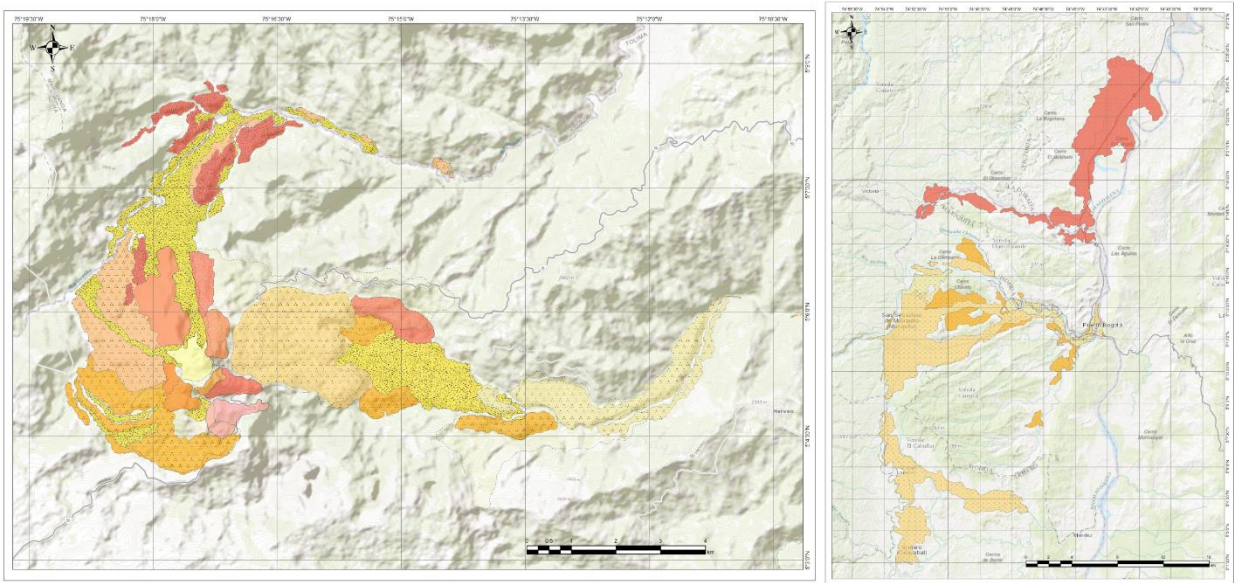


Figura. Mapas geológicos de las zonas proximal y distal del área de influencia del VCB.

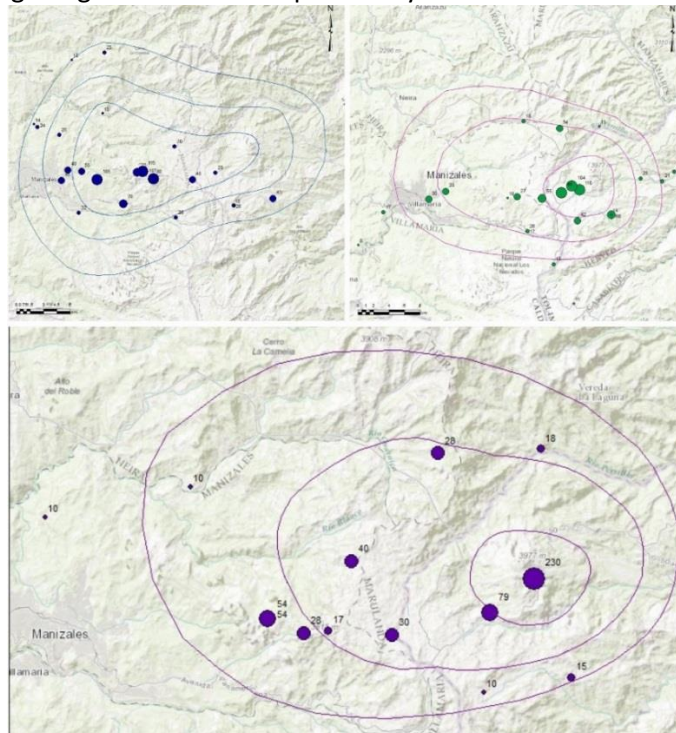


Figura. Mapa de isópacas asociadas a los depósitos de caídas piroclásticas. Volcán Cerro Bravo

Se continúa, mediante reuniones de trabajo virtual, la discusión de las actividades y resultados de los trabajos individuales de los integrantes del grupo, con el fin de integrarlos a los informes preliminares a presentar en el presente año.

Se continuó con la revisión de documentación relacionada con el uso e implementación de herramientas de simulación numérica de fenómenos volcánicos. Esto con el fin de contrastar y complementar los datos que se están organizando para la parametrización final de las simulaciones a trabajar con los diferentes códigos de modelamiento (Tephra2, Titan 2D, Lava C, etc.)

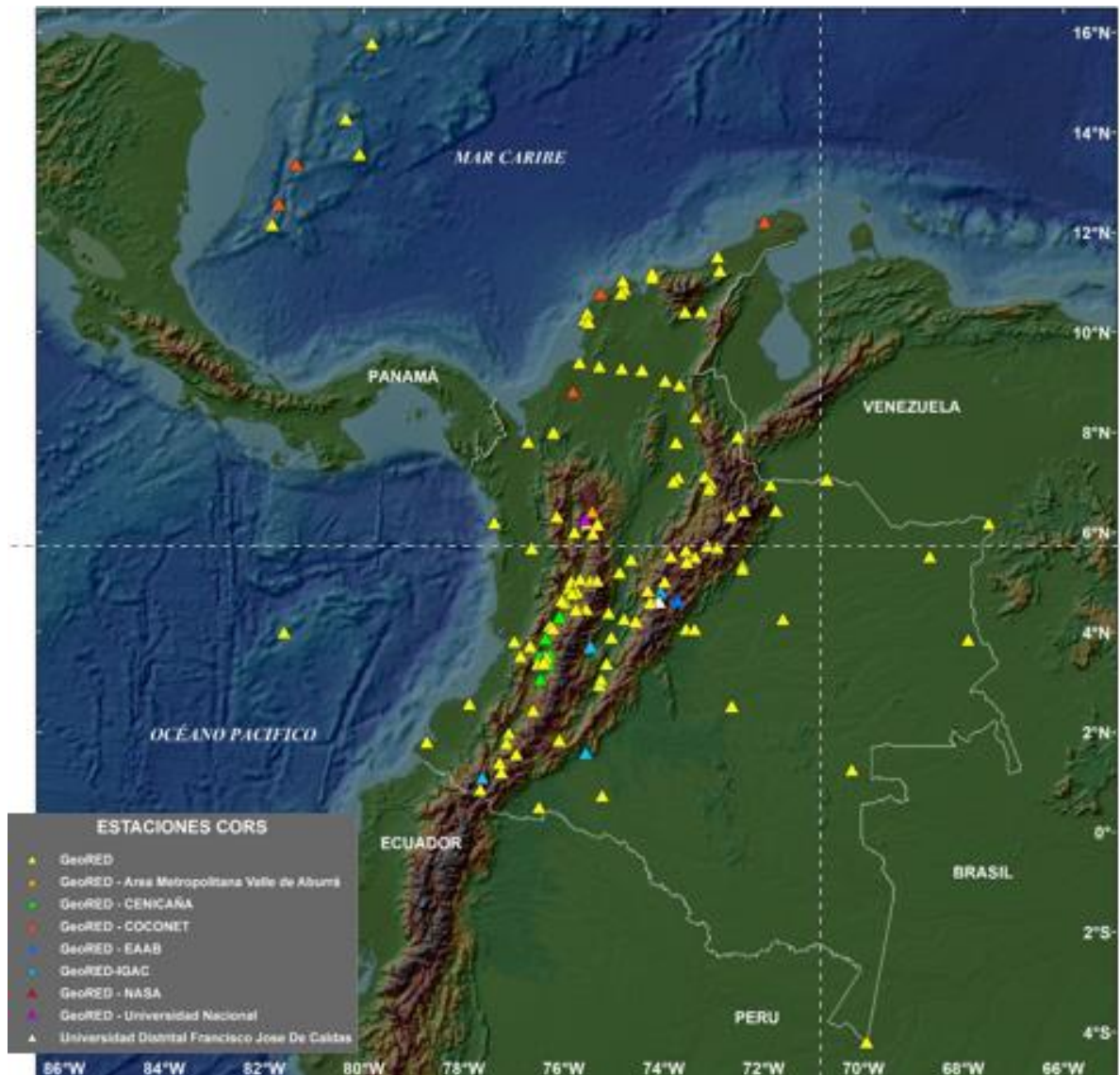
Se realizó la revisión de imágenes de satélite Uavsar, Sentinel 2 y Landsat 8, con el objeto de uso como soporte en procesos de simulación y base para la caracterización morfológica o acercamientos en temas de fotogeología para el Cerro Bravo.

Se comenzó a replantear el proyecto de actualización del mapa de amenaza del VCB para las vigencias 2020-2021. Se planteó la estructura del informe que se entregará este año.

Entre las dificultades para el avance de las actividades se tienen: Continúan las dificultades para el trabajo desde casa, a pesar de que las reuniones de trabajo virtual son una buena herramienta para avanzar en las discusiones e interpretación de resultados, frecuentemente se ve la necesidad de interactuar directamente contando con toda la información, recursos físicos (muestras, mapas, fotos, imágenes, secciones delgadas, software especializado, etc.) y equipo (microscopio, lupa binocular, estereoscopio, etc.), para poder llegar a una interpretación e integración final de los datos y resultados obtenidos en las diferentes actividades de los proyectos.

1. APLICACIONES GEODÉSICAS CON PROPÓSITOS GEODINÁMICOS

Se ha continuado con el proceso de densificación de la Red Nacional de Estaciones Geodésicas con propósitos geodinámicos, alcanzando al mes de noviembre de 2020 un número de 144 estaciones distribuidas en la zona continental e insular del país, como se señala en la figura siguiente:



Mapa de localización de estaciones geodésicas GNSS en el territorio colombiano

Se realizó de manera conjunta con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, la exploración y selección de sitios potenciales de estaciones geodésicas permanentes de operación continua. Así, se instalaron 6 estaciones con la EAAB y 7 estaciones con el IGAC, lo que permite de manera gradual fortalecer la infraestructura geodésica nacional así como facilitar su uso con diversos propósitos científicos, además de los institucionales de cada una de las entidades.

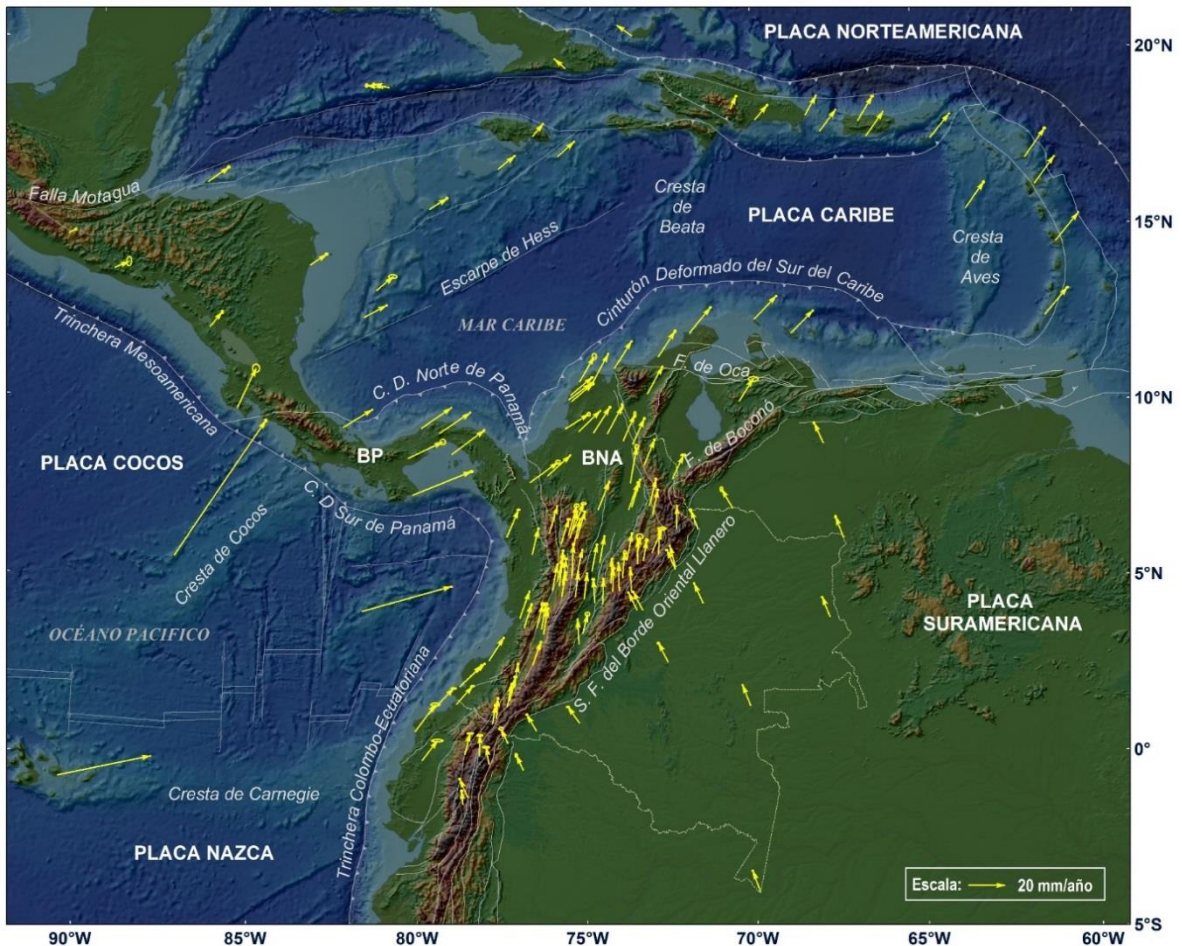
La figura muestra una de las estaciones instaladas en la ciudad de Bogotá con la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. Además, se construyeron dos estaciones de campo que se constituirán en la referencia vertical para la ciudad.



Estación geodésica GNSS, Embalse San Rafael, La Calera

En el Laboratorio Geodésico Internacional del grupo se ha fortalecido la infraestructura computacional, lo que ha permitido que en la actualidad se procesen estaciones de diferentes redes localizadas en varios países ubicados en las placas tectónicas del Caribe, Nazca, Cocos y Suramérica, lo cual permite establecer el campo de velocidades en la esquina noroccidental de Suramérica, sureste de Centroamérica y en el Caribe. Se procesaron en promedio de 191 a 209 estaciones de GeoRED, OVS, redes nacionales (Cenicaña, IGAC y EAAB) y redes internacionales (IGS, UNAVCO, Politécnico de Ecuador y FUNVISIS), con la generación de 69.054 archivos en el formato universal RINEX.

La figura siguiente corresponde a las velocidades expresadas en el Marco Internacional Terrestre de Referencia-ITRF2014 de un número cercano a 200 estaciones procesadas. Con este fin se generaron 93 series de tiempo con el uso del software HECTOR.



Este fortalecimiento computacional está basado en la culminación de la actualización y validación de resultados del procesamiento de datos con la nueva versión del software, en virtud de la transición de GIPSY-OASIS II v 6.3 a GIPSY-X/RTGx v 1.3, software de procesamiento de próxima generación generado por JPL (Jet Propulsion Laboratory) de NASA para el uso en posicionamiento, navegación, medición de tiempo y ciencias de la Tierra empleando mediciones de tres técnicas geodésicas: GNSS (Global Navigation Satellite Systems), SLR (Satellite Laser Ranging) y DORIS (Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite); en la actualidad está en etapa de desarrollo el componente de VLBI (Very Long Baseline Interferometry).

Esto permitió además la migración de resultados de ITRF2008 a ITRF2014, que es el Marco Internacional Terrestre de Referencia 2014, que corresponde a un modelo mejorado de los movimientos no lineales de las estaciones, incluyendo señales estacionales, anuales y semianuales, de posiciones de las estaciones y deformación postsísmica para aquellos sitios que fueron afectados por sismos importantes. Para este procesamiento se obtuvieron productos de precisión de servidores internacionales, para un número de 57241 productos distribuidos en órbitas precisas, modelos (troposfera, cargas oceánicas y ionosféricas) y datos de estaciones de referencia de la red global.

Con respecto a mantenimiento de estaciones, se realizaron 35 mantenimientos preventivos y 73 correctivo, recuperándose la funcionalidad en muchas de ellas, garantizando la captura y recepción de datos para su procesamiento.

En el presente año se realizó la toma de datos en 10 estaciones de la red de campo localizadas en Meta y Cundinamarca. Se continúa con el intercambio de datos con el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica de Ecuador, UNAVCO y FUNVISIS de Venezuela. Así, se suministraron 6.860 archivos de datos a centros de investigación internacionales, bajo la modalidad de intercambio, a la Escuela Politécnica de Quito y Centro Regional de Datos COCONet. También se transfirieron como apoyo a los estudios de deformación de volcanes mediante la tecnología GNSS, 5.503 archivos de datos de estaciones del proyecto GeoRED a los observatorios vulcanológicos y sismológicos de Manizales, Popayán y Pasto.

Como apoyo a la comunidad de usuarios, se atendió a través de la página web del proyecto, 2.889 solicitudes de datos, correspondiente a 8.667 archivos de datos en formato universal Rinex. Se suscribió Acuerdo Específico No. 2 con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi y convenio de cooperación con la Universidad Militar Nueva granada para la realización de tareas e investigaciones geodésicas conjuntas en materia de geodesia.

Con relación a Apropiación social del conocimiento, se participó en 6 conferencias virtuales, se relizó un taller interno del grupo de trabajo, se organizó y se participó como panelistas en el XI Taller “Aplicaciones científicas GNSS en Colombia”, el cual se desarrolló de manera virtual bajo el marco de la Semana Técnica de Geología organizado por la Asociación de estudiantes de geología de Cúcuta, y se participó en el simposio The Geology of Colombia con 3 presentaciones, asociadas a tres publicaciones en el Volumen 4 del Cuaternario.

Atendiendo solicitud de la Vicepresidencia de la República se participó en las mesas técnicas de trabajo de la Comisión Colombiana del Espacio para el análisis de alternativas para la implementación de la infraestructura espacial del país. Como resultado de las discusiones, se participó en la elaboración del documento final “Análisis costo-beneficio para la adquisición de infraestructura satelital de Observación de la Tierra”, el cual es presentado a la señora Vicepresidente en diciembre 3 de 2020. También se participó en representación de la entidad en las mesas técnicas de investigación antártica, convocada por la Comisión Colombiana del Océano.

2. APLICACIONES GEODÉSICAS CON PROPÓSITOS MÚLTIPLES

Con respecto a geodesia de imágenes, se realizó la adquisición de imágenes de radar y ópticas, mediante descarga de 797 imágenes Sentinel-1 del servidor de la Agencia Espacial Europea de las zonas de: Bogotá, Cali, Barranquilla, Santa Marta, San Andrés, Mompós, San Eduardo, Golfo de Morrosquillo, Villavicencio, Isla de Providencia, Sierra Nevada de Santa Marta y Arboletes.

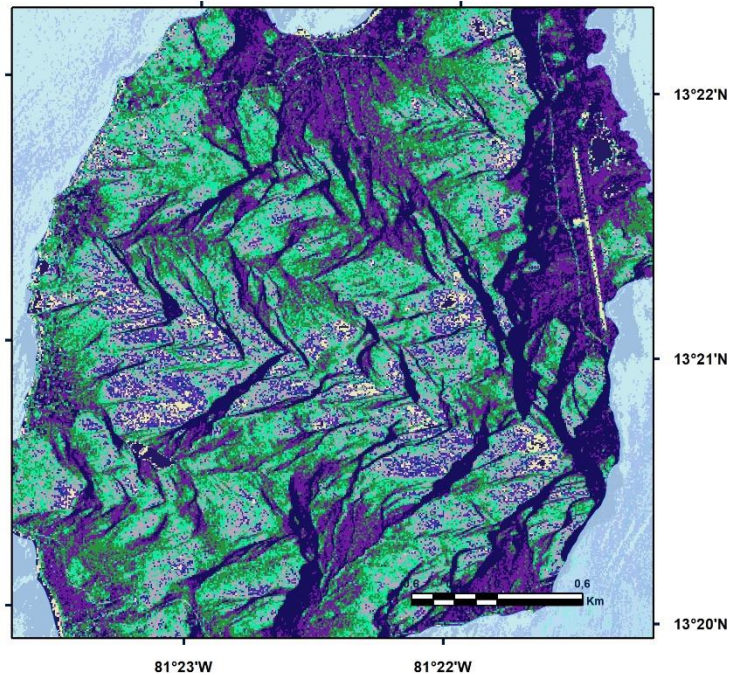
También se efectuó el procesamiento de 406 imágenes de los sensores TerraSAR-X y Sentinel-1, se generaron 488 interferogramas mediante el uso de software científico ISCE y GIANT de las zonas de Bogotá, Cartagena, Algeciras, Mompos, San Eduardo, Santa Marta y Barranquilla.

Por otra parte, se realizó el procesamiento de 5.724 fotografías aéreas así como la generación de 3 ortofotos, 3 Modelos Digitales de Superficie, 2 Modelos digitales de terreno, 3 Modelos 3D y 2 modelos de curvas de nivel. Se realizó el procesamiento de 5.724 fotografías aéreas así como la generación de tres ortofotos, tres modelos digitales de superficie, tres modelos digitales de terreno, tres modelos 3D y tres modelos de curvas de nivel

Se generó la estimación TEC en diez estaciones y del retraso troposférico total y húmedo en las estaciones geodésicas permanentes procesadas, y se prestó apoyo al proyecto internacional de OTREC (Organización de la Convección del Pacífico Este Tropical) en el estudio de la estructura vertical y distribución espacial de la convección atmosférica profunda, de importancia crítica para el clima tropical, contribuyendo con datos de retraso troposférico total y húmedo en articulación con la Universidad Nacional de Colombia, Maestría en Meteorología.

Se hizo entrega a la Unidad Administrativa Catastro Distrital de Bogotá documento “Red Geodésica Espacial GNSS de Bogotá, Reporte de coordenadas 2019”. En cuanto a apropiación social del conocimiento, se organizó y se participó como instructores en el XI Taller “Aplicaciones científicas GNSS en Colombia”, el cual se desarrolló de manera virtual bajo el marco de la Semana Técnica de Geología organizado por la Asociación de estudiantes de geología de Cúcuta, se participó en 6 conferencias virtuales, se realizaron presentaciones multitemáticas de Difusión del conocimiento entre los integrantes del Grupo de trabajo, se realizó la publicación de tres capítulos en el libro “The Geology of Colombia” publicado por el Servicio Geológico Colombiano y se participó en el Simposio con 3 presentaciones, y se realizaron talleres de apropiación social del conocimiento en las escuelas de la vereda El Páramo en Carimagua (Meta), Colegio Gamco, municipio de Cáqueza (Cundinamarca), y Escuela Piñalito, municipio de Orocué (Meta).

Para el año 2020, varias de las actividades de este proyecto fueron afectadas debido a la imposibilidad de realizar tareas de campo debido al COVID-19. Sin embargo, se realizaron otras acciones orientadas a procesar información existente. Finalmente, como apoyo al análisis del impacto del Huracán Iola en la región de San Andrés y Providencia, por convocatoria de la FAC para integración de mesa técnica, se descargaron 31 imágenes interferométricas Sentinel-1 de esta zona de la plataforma de la Agencia Espacial Europea –ESA. A la fecha de elaboración de este informe se han generado 12 interferogramas diferenciales.



Clasificación no supervisada zona de isla de Providencia

A partir de imagen de radar del sensor COSMO-SKYMED en formato .TIFF con fecha de toma 19 de noviembre de 2020, se realizó el procesamiento de clasificación no supervisada de forma genérica con el mismo tratamiento que se da a una imagen óptica, con lo cual se obtuvo una clasificación de 32 clases; la figura anterior corresponde a un sector de análisis de la isla de Providencia.

La Comisión Colombiana del Espacio suministró una imagen óptica del sensor PLEIADES con fecha de toma 25 de noviembre de 2020 y resolución espacial de 50 centímetros, la cual tiene 3 bandas del espectro visible y una del infrarrojo cercano, las cuales permiten en conjunto realizar una clasificación supervisada como se aprecia en la figura siguiente, en combinación verdadero color e infrarrojo.

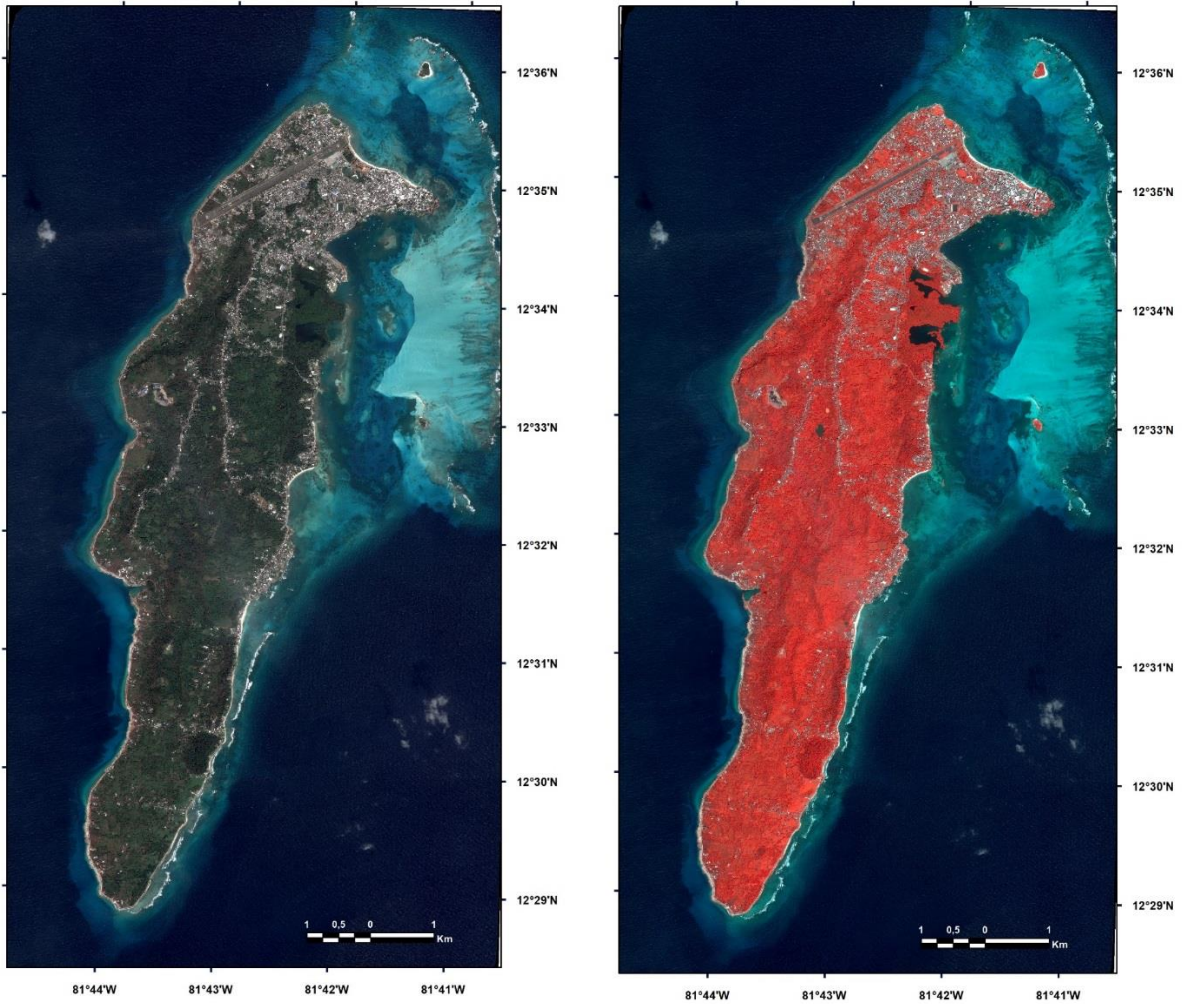


Imagen Pleiades en combinación verdadero color (izq) y combinación infrarroja (der)

2. Investigación en recursos del subsuelo y evaluar su potencial.

2.1. Introducción Dirección de Recursos Minerales.

El área de conocimiento de Recursos Minerales produce conocimiento geocientífico mediante estudios e investigaciones en geología (condiciones de formación del territorio), geoquímica (composición química del terreno), geofísica (características físicas) y metalogenia (condiciones de formación de minerales), como base para evaluar el potencial de recursos minerales metálicos, energéticos y no metálicos e industriales en el territorio colombiano. La información producida en ésta Dirección aporta conocimiento geocientífico al servicio de toda la comunidad y puede ser utilizada para proyectar usos del suelo, aprovechamiento de recursos del subsuelo, planear actividades productivas y evaluar en qué condiciones se promueve el desarrollo del país.

Esta área de conocimiento desarrolla sus proyectos y actividades con cuatro grupos de investigación: Investigación y Prospección de Recursos Minerales Metálicos, Investigación en Geoquímica y Geofísica aplicada, Investigación y Prospección de Recursos Minerales No Metálicos e Industriales, e Investigación y Prospección de Recursos Minerales Energéticos.

2.2. Objetivos y funciones del área de conocimiento.

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.

Objetivos Específicos:

- Aumentar el conocimiento geológico, geoquímico, geofísico y metalogénico en escalas apropiadas para recursos minerales.
- Aumentar el conocimiento geocientífico sobre recursos minerales metálicos, no metálicos e industriales, y energéticos.
- Evaluar potencial mineral e identificar áreas con potencial mineral en Colombia (metálicos, no metálicos y energéticos).

2.3. Estructura funcional (grupos de trabajo e integrantes, discriminando tipo de vinculación).



Fuente: Resolución No D 249 de 2019.

2.4.1. Objetivos propuestos vs. Avances de los proyectos con corte al 30 de noviembre de 2020.

A continuación, se presentan los avances logrados a la fecha en los proyectos que han sido adelantados en la vigencia 2020:

- **Proyecto 1001370 Anomalías Geoquímicas para Recursos Minerales (Multipropósito) ID1001370**

Descripción del Proyecto: La geoquímica como ciencia que estudia el origen, distribución, dispersión y acumulación de elementos químicos en un territorio, se aplica a identificación e investigación de recursos especialmente minerales, a investigación en agricultura, medio ambiente, salud y planes de ordenamiento del territorio, en tal sentido para cumplir con el objeto misional del SGC se debe consolidar, complementar y actualizar la información geoquímica a las escalas apropiadas para establecer línea base geoquímica global, nacional y local, investigar el potencial de recursos minerales,, planeación del uso del suelo e identificación de factores potencialmente nocivos para la salud, entre otros.

Objetivo: Elaboración de documentos técnicos, mapas, y modelos, entre otros, que representen la adquisición, compilación, análisis e interpretación de la distribución de los elementos químicos en el territorio colombiano.

Productos y Entregables:

1. Datos e información geoquímica a diferentes escalas (global, nacional, regional, local).
2. Atlas geoquímico de Colombia (avance anual)
3. Mapas geoquímicos (concentración y distribución de elementos) y mapas de anomalías geoquímicas
4. Investigaciones sobre elementos potencialmente peligrosos (geomedicina, minería y medio ambiente)
5. Documentos técnicos y de investigación temático

Beneficios: El Gobierno Nacional contará con un instrumento de consulta para toma de decisiones. El SGC contará con información geoquímica para la investigación de áreas con potencial para recursos minerales, insumo para el conocimiento de la evolución metalogénica del territorio, estudios de línea base geoquímica y geomedicina, entre otros.

Avances y logros:

Los avances se centran en cuatro aspectos principales:

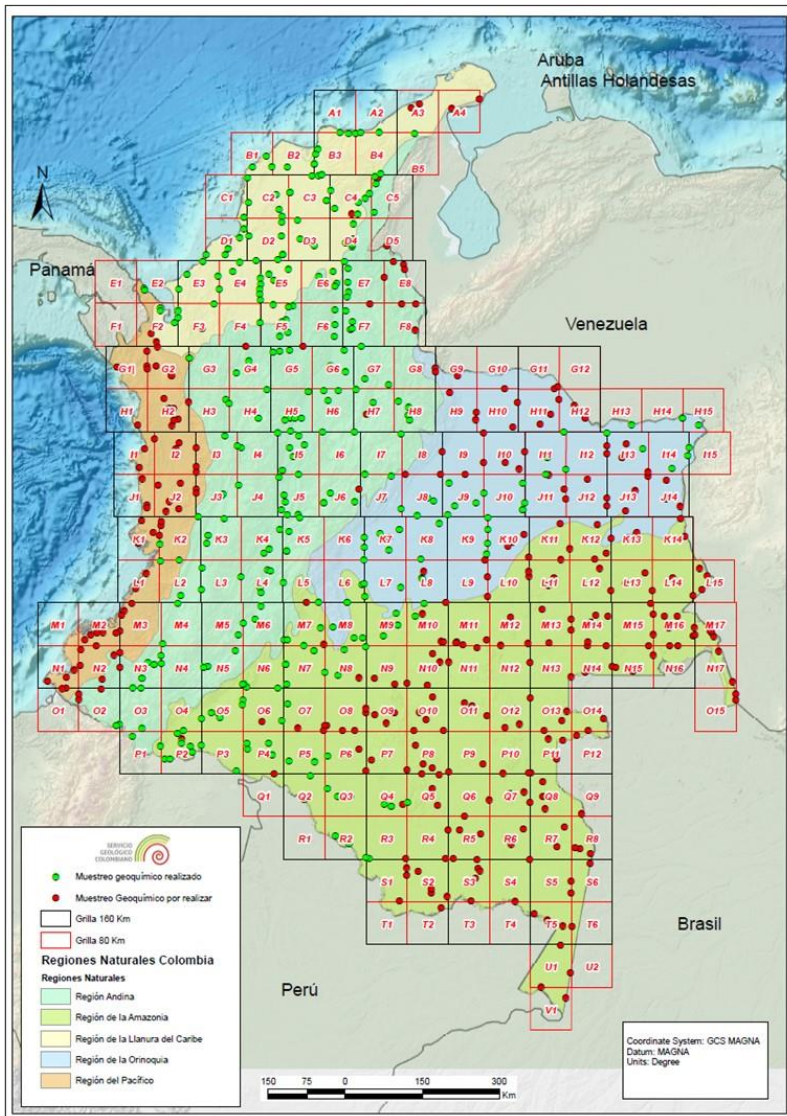
I. Mapa geoquímico de baja densidad en Colombia- línea base geoquímica global

1. *Se continuó con las actividades del Mapeo de baja densidad geoquímica en Colombia” (SGC – SGCh), para levantamiento de línea base geoquímica global (verificación, archivo de información en GDB EXPLORA, análisis en laboratorios especializados, avances en informe científico, y elaboración de mapas)*
2. *Se continuó con verificación, de información de campo, y validación de la calidad analítica de los resultados y se archivaron datos e información en la Geodatabase EXPLORA.*
3. *Se avanzó en el análisis geoquímico de muestras en los laboratorios del IGGE de China (convenio SGC-SGCh) y se han recibido análisis de más de 60 elementos químicos para cada muestra colectada.*
4. *Se avanzó en procesamiento, análisis, interpretación y producción de mapas para el mapa de línea base geoquímica de Colombia para identificar dominios geoquímicos para aplicaciones en recursos, medio ambiente, agricultura, salud, planes de ordenamiento del territorio, entre otras.*
5. *Se avanzó en la actualización y ampliación de la Geodatabase EXPLORA en la cual se compila, archiva y maneja la información geocientífica (geológica, geoquímica, geofísica, metalogénica, etc.) de la Dirección de Recursos Minerales.*

II. Muestreo Geoquímico de Media y Alta Densidad para Mapa Geoquímico de Colombia

1. *Se realizó análisis QA/QC, revisión de métodos analíticos, procesamiento y análisis estadístico de información geoquímica y se identificaron anomalías geoquímicas para evaluar potencial mineral en distritos metalogénicos.*
2. *Se desarrollaron protocolos para diseño y levantamiento de información geoquímica de alta densidad para apoyar evaluación de potencial mineral en distritos metalogénicos.*
3. *Se efectuó diseño de muestreo para adquirir información geoquímica en los distritos metalogénicos en los cuales se evaluará potencial mineral.*
4. *Se verificó la información de campo, se validó la calidad analítica de los resultados y se archivaron datos e información en la Geodatabase EXPLORA.*
5. *Se avanzó en análisis geoquímico especializado de muestras en laboratorios nacionales y extranjeros para más de 60 elementos químicos.*
6. *Se procesó, analizó, interpretó y produjeron mapas para evaluación de potencial mineral en distritos metalogénicos.*
7. *Se compiló información geoquímica sobre afloramientos de Anortositas de Colombia, para proyecto ASICAL de la Unión Europea.*
8. *Se prepararon protocolos para socialización, divulgación y apropiación social del conocimiento de la información geoquímica.*

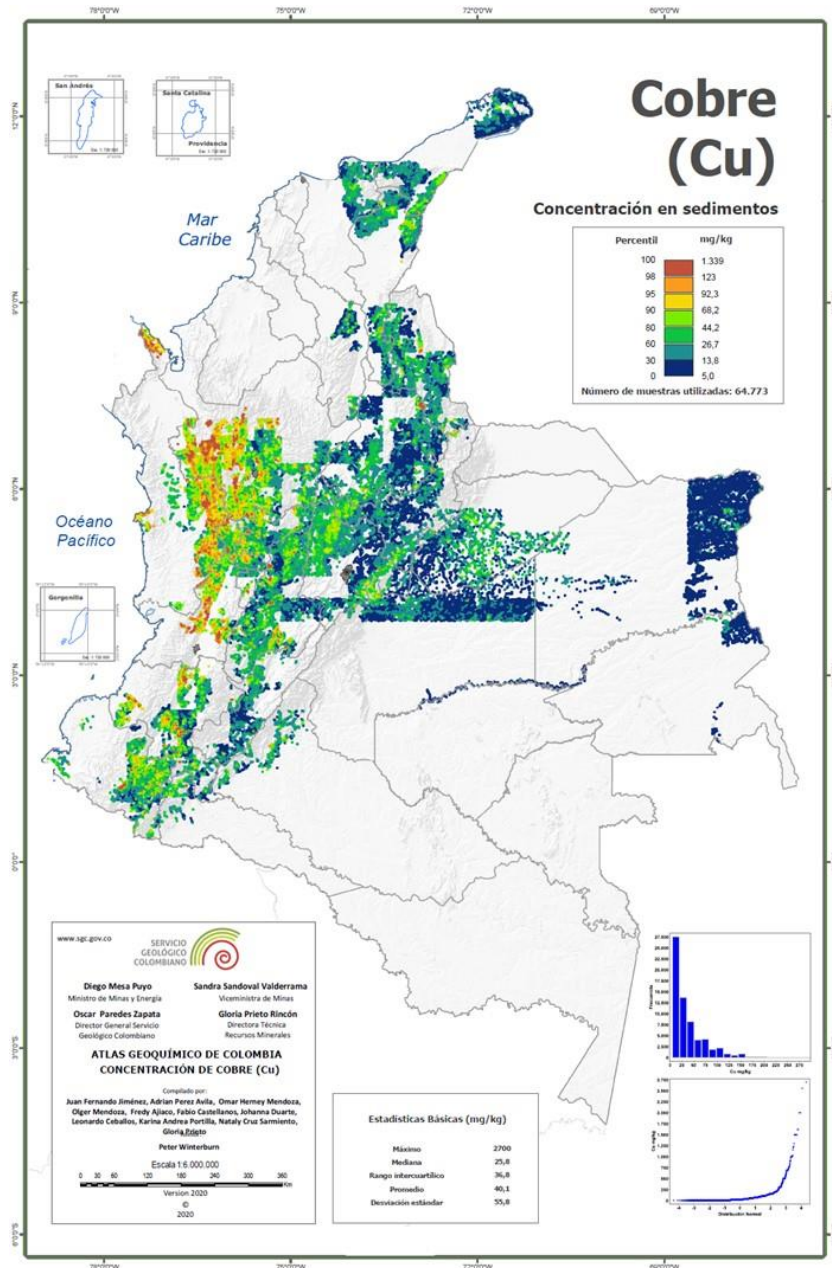
9. Se adquirieron equipos especializados para realizar las actividades requeridas por el proyecto.



Cubrimiento en muestreo de ultrabaja densidad para línea base geoquímica global.

III. Atlas Geoquímico de Colombia

1. Se verificó, validó información y datos para completar información para el Atlas geoquímico de Colombia.
2. Se realizó el procesamiento de datos para cada elemento químico representado en el Atlas y se obtuvieron estadísticos básicos (AED), estadística multivariada, asociaciones, etc.
3. Se elaboraron para cada elemento químico, cuatro tipos de mapas: (a) Concentración química por Elemento, (b) Distribución de muestras totales incluidas y excluida, (c) Distribución de muestras por Técnica Analítica y (d) Distribución por técnicas de descomposición de la muestra.



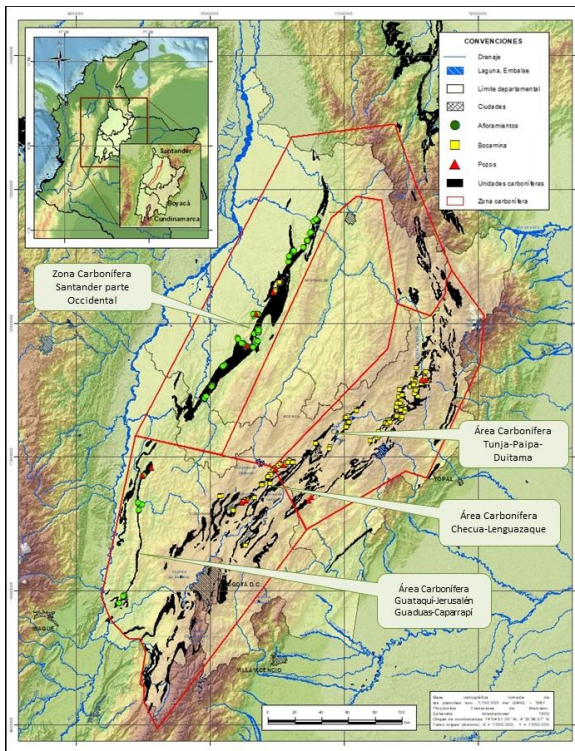
Mapa de distribución de cobre (Cu)

- Se finaliza el Atlas Geoquímico de Colombia, versión 2020 con información geoquímica de sedimentos finos activos de corriente y sedimentos finos activos de lecho seco, el cual contiene 228 mapas temáticos que representan la distribución espacial de la concentración de 57 elementos químicos en el territorio nacional, cuya escala de presentación es 1:6.000.000.
- Se elaboró memoria explicativa para cada uno de los 57 elementos incluidos en el Atlas incluyendo descripción tendencias geoquímicas en el territorio colombiano.

6. Se prepara la publicación del Atlas Geoquímico de Colombia (AGC) versión 2020.
7. Se elaboraron contenidos para el micro sitio web de Geoquímica Aplicada en el portal del SGC, y la divulgación y entrega de información geoquímica de la DRM (gráficos, textos, audios, videos, entre otros).
8. Se desarrollaron actividades de apropiación social del conocimiento en Simposio virtual CGS2020.

IV. Geología Médica

1. Se validó, organizó y almacenó la información en la Geodatabase EXPLORA
2. Se procesó, analizó, integró, interpretó y produjeron mapas y modelos para cada temática y zona investigada sobre efectos en salud de EPPs.
3. Se elaboraron informes técnicos sobre caracterización geoquímica de elementos potencialmente peligrosos para selenio en la cuenca del río Suárez en Palmas del Socorro Santander; para cadmio en San Vicente de Chucurí Santander; y para arsénico en Risaralda (Convenio SGC - Carder).
4. Se elaboró informe técnico sobre determinación de cadmio en suelos del Municipio de San Vicente de Chucurí, Santander.
5. Se elaboró informe técnico de investigación sobre Línea Base de Mercurio en Carbón para la zona carbonífera de Santander, parte occidental.
6. Se elaboró informe técnico de investigación sobre Línea Base de Mercurio en Carbón para la zona carbonífera de Checua-Lenguazaque (Cundinamarca y Boyacá)
7. Se elaboró informe técnico de investigación sobre Línea Base de Mercurio en Carbón para la zona carbonífera de Guataquí-Jerusalén, Guaduas-Caparrapí (Cundinamarca).
8. Se elaboró informe técnico de investigación sobre Línea Base de Mercurio en Carbón para la zona carbonífera de Tunja-Paipa-Duitama (Boyacá).
9. Se desarrollaron actividades de apropiación social del conocimiento sobre metodologías para estudios de movilidad de mercurio (Dirección Laboratorios SGC), Primer foro virtual "Hablemos de mercurio, uso, alternativas y gestión" (CAR).



Estudio de línea base de mercurio en zonas carboníferas

- **Proyecto 1001368 Anomalías Geofísicas para Recursos Minerales (Multipropósito) ID1001368**

Descripción del Proyecto: La geofísica como rama de las geociencias que provee información sobre propiedades físicas del medio natural para identificar estructuras y rasgos geológicos en un territorio, prospeccionar recursos del subsuelo, en particular recursos minerales, entre otras aplicaciones, es fundamental para la investigación y prospección de recursos minerales. Teniendo en cuenta que no existían en el país datos geofísicos de magnetometría y gamma espectrometría, a escala y resolución necesarias para evaluar el potencial de recursos minerales, el SGC emprendió desde el año 2012, un programa sistemático de adquisición de ésta información a escala, densidad y resolución apropiada para prospección de recursos minerales y aumentar el conocimiento geofísico del territorio nacional.

Objetivo: Adquisición, procesamiento, integración, análisis e interpretación de información geofísica con el objetivo de aplicarla a la identificación de áreas con potencial para recursos minerales y otras aplicaciones en geociencias.

Productos y Entregables:

1. Datos e información geofísica a diferentes escalas (nacional, regional, local).
2. Mapas de anomalías geofísicas para Recursos Minerales (avance anual).
3. Modelos geofísicos
4. Documentos técnicos y de investigación temáticos

Beneficios: Disposición de información para la priorización de áreas de interés para investigación del potencial de recursos minerales en donde la información en terreno es escasa. Apoyo en la realización de estudios metalogenéticos y geológicos, e insumo en el diagnóstico de áreas de interés mineral investigadas por la Dirección de Recursos Minerales.

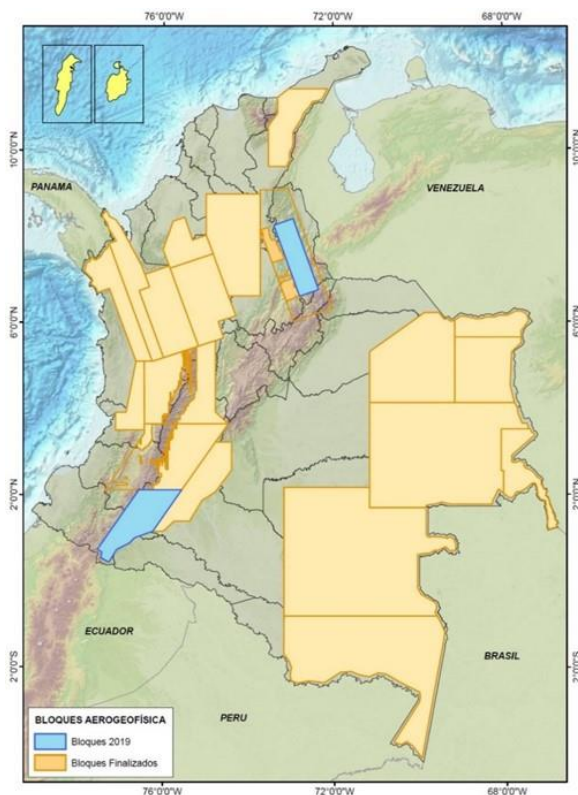
Avances y logros:

Los avances se centran en cuatro aspectos principales:

ANOMALÍAS GEOFÍSICAS PARA RECURSOS MINERALES (Multipropósito) - ID1001368

1. Adquisición de datos e información geofísica a diferentes escalas (nacional, regional, local).

1. Se avanzó en un 60% en la adquisición de datos geofísicos aerotransportados de magnetometría y gamma espectrometría en los bloques Macizo y Nariño E, del total contratado (57769 km lineales).
2. La información adquirida se verificó, validó, estructuró y almacenó en repositorio de la geodatabase EXPLORA.
3. La información geofísica disponible se procesó, analizó e interpretó para su uso en correlación geológica e identificación de potencial de recursos minerales.
4. Se verificó y seleccionó información geofísica para apoyar evaluación de potencial mineral en distritos metalogénicos.
5. Se adquirieron equipos especializados para realizar las actividades requeridas por el proyecto (susceptibilímetros, magnetómetros).



Bloques de adquisición de magnetometría y gamma espectrometría aerotransportada. Azul Bloques Nariño E y Macizo.

II. Mapas de anomalías geofísicas para Recursos Minerales (Magnetometría y Gammaespectrometría versión 2020)

1. Se efectuó procesamiento, revisión, análisis estadístico de los datos de susceptibilidad magnética vs litología mediante diagramas de dispersión, interpretación y elaboración de informe científico y mapas de Integración Geológica – Geofísica de la Serranía de San Lucas – Batolito Antioqueño.
2. Se elaboró el Atlas de Integración Geológica – Geofísica para Bolívar y Antioquia (Serranía de San Lucas y Batolito Antioqueño) compilando 6 planchas a escala 1:200.000.
3. Se elaboró el Atlas de Integración Geológica – Geofísica para el Oriente de Colombia (Orinoquía y Amazonía) compilando 10 planchas escala 1:500.000.
4. Se realizó la revisión, compilación, procesamiento, análisis, interpretación de información geofísica y elaboración de mapas de anomalías geofísicas para evaluar potencial mineral en distritos metalogénicos.
5. Se realizó depuración geológica, geofísica y descripción detallada de las anomalías de las 25 fuentes magnéticas del bloque de Garzón.
6. Se realizó el procesamiento, análisis, identificación de anomalías y elaboración de tabla de sectores de interés geofísico para evaluación de potencial mineral correspondientes al oriente colombiano.
7. Se elaboró el Mapa de Anomalías Geofísicas de Colombia, (magnetometría y gamma espectrometría) versión 2020 que contiene 17 bloques.
8. Se elaboró memoria del Mapa de Anomalías Geofísicas de Colombia versión 2020 incluyendo fuentes magnéticas y conceptualización geológica.

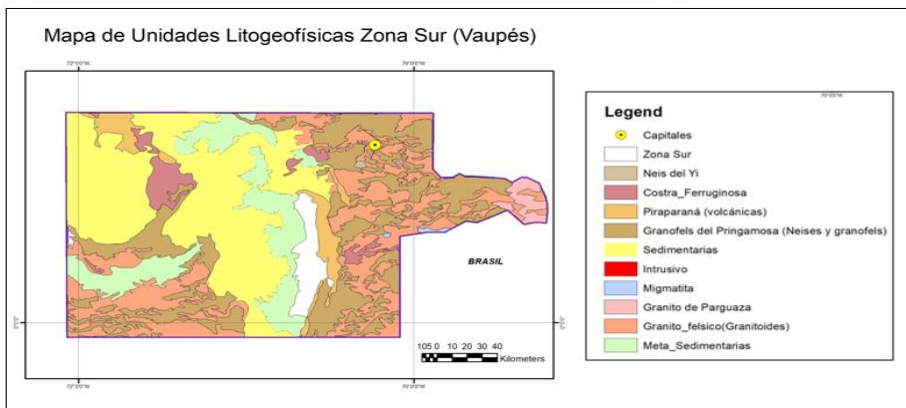
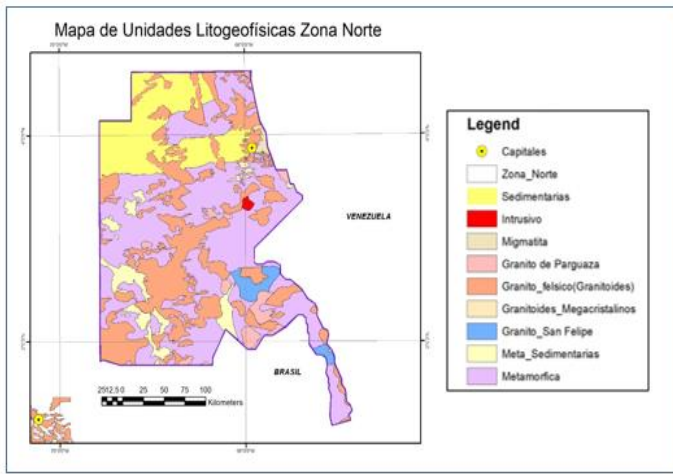
III. Modelos geofísicos

1. Se validó, analizó e interpretó información de las zonas Caribe, Andina y Amazónica y se identificaron dominios y estructuras magnéticas.
2. Se validó, analizó e interpretó información de las zonas Caribe, Andina y Amazónica y se identificaron dominios gamma espectrométricos.
3. Se elaboraron modelos 3D para correlación geológica y evaluación de potencial mineral en distritos metalogénicos.

IV. Documentos técnicos y de investigación temáticos y apropiación social del conocimiento

1. Se elaboraron artículos científicos y documentos de divulgación y apropiación social del conocimiento en geofísica y sus aplicaciones: “Interpretation of geophysical anomalies for mineral resource potential evaluation in Colombia: Examples from the northern Andes and Amazonian regions”; para el Boletín Geológico del SGC; “Integración de Información Geológica y Geofísica del Oriente Colombiano”; “Caracterización geofísica de depósitos tipo pórfido”; “Integración Regional y Modelado 3D de datos geofísicos aerotransportados. Ejemplo: Mapa de Anomalías Geofísicas de Colombia para Recursos Minerales”.

2. Se integraron parámetros y directrices para distribución de datos e información geofísica y geoquímica aerotransportada de acuerdo con políticas de diferentes servicios geológicos a nivel mundial.
3. Se prepararon protocolos para socialización, divulgación y apropiación social del conocimiento de la información geofísica.
4. Se elaboraron cartillas y videos temáticos de apropiación social de conocimiento en geofísica



Mapas geofísicos de Oriente Colombiano

- **Proyecto 1001091 Huella Digital de Minerales en Colombia**

Descripción del Proyecto: La huella digital de un mineral está dada por una ensamblaje o asociación de elementos muy particular y específica de elementos químicos y sus isótopos, lo cual se logra mediante metodologías de química ultra fina. La identificación de la huella de los minerales es fundamental apoyar el proceso de trazabilidad y control en la cadena productiva minera

Objetivo: Identificar la huella digital de minerales en Colombia, mediante la implementación de metodologías de caracterización, análisis e interpretación de química ultra fina.

Productos y Entregables:

1. Datos e información sobre huella de minerales en depósitos minerales de Distritos mineros
2. Mapas temáticos (modelos de mineralización, otros.
3. Huella digital de minerales en depósitos minerales (Banco de Huella de minerales
4. Documentos técnicos y de investigación temáticos

Beneficios: A largo plazo se pretende establecer un mecanismo de trazabilidad y control, de manera que esta herramienta sirva para fortalecer el proceso de fiscalización de la producción minera en Colombia.

Avances y logros:

Los avances se centran en cuatro aspectos principales:

I. Distritos Mineros Investigados

1. Se identificaron muestras de otros proyectos de la DRM y de la DL para analizarlas y utilizarlas para identificar la huella de minerales ante la imposibilidad de realizar muestras de campo por la emergencia de salud pública que vive el país.
2. Se avanzó en la caracterización para identificar huella de minerales en el marco del Convenio 05 de 2020 SGC –DRM y UNAL Bogotá: informes diagnósticos, e informes de avance (Distritos mineros de Lobas, Mojana Bolivarense e Itsmina).
3. Se realizaron análisis de laboratorio sobre las muestras disponibles (caracterización geológica, geoquímica, metalogénica, metalúrgicas, entre otras) en laboratorios especializados en Colombia (Universidad Nacional de Colombia, SGC) y altamente especializados en el exterior (Sur África y Australia).
4. Se efectuó análisis QA/QC de resultados de ICP-MS y LA-ICP-MS en granos de oro obtenidos en el laboratorio TSW de Australia.
5. Se Verificó, validó, y almacenó la información en la Geodatabase EXPLORA.
6. Se avanzó en el procesamiento, análisis, integración e interpretación de información y producción de modelos (estadística básica, bivariada, multivariada, geoquímica especializada, identificación de huella mineral).
7. Se elaboraron informes técnicos de investigación sobre cada distrito minero investigado: Análisis estadístico y procesamiento de datos e información, interpretación para identificación de huella de oro, y mapas, etc.
8. Se elaboraron salidas gráficas de los mapas geológicos y de localización para los distritos mineros investigados.
9. Se actualizaron protocolos para muestreo de rocas para identificación de huella mineral
10. Se elaboraron documentos técnicos sobre huella digital de minerales – oro en las fases de beneficio de minerales auríferos y en la fase de refinación de oro

II. Adquisición de Equipos Especializados para Laboratorio de Huella de Minerales

1. Se adquirieron equipos especializados para la adecuación del laboratorio de huella de minerales en el SGC, a fin de proveer los servicios analíticos necesarios para identificar la huella de

minerales auríferos en Colombia, tales como espectrometría de masas acoplado a ablación láser - LA-ICP-MS, Espectrometría de masas - ICP-MS, Microfluorescencia de Rayos X - μ FRX, Difracción de Rayos X - DRX, Metasystem, Microtermometría, y Microraman, entre otros.

2. Se avanzó en la planificación y elaboración de protocolos y procedimientos para implementación de técnicas analíticas para identificación de huella de minerales en Colombia (DL – Cali).
3. Se avanzó en la Guía de procedimientos de laboratorio para muestras de Concentrados de Batea y en la “Guía para la descripción de la “ocurrencia”; o disposición de granos de oro en sección delgada pulida”.



Distritos mineros en investigación para identificación de huella digital de oro.

III. Implementación del Banco de Huella de Minerales

1. Se conceptualizó, implementó y adelantó fase de pruebas de aceptación del PMV (producto Mínimo Viable) del Banco de huella de minerales de Colombia en convenio especial de cooperación SGC - Universidad Nacional de Colombia, Medellín.

2. Se avanzó en el desarrollo de la plataforma tecnológica para el Banco de huella de Minerales en convenio SGC - UNAL Medellín.

IV. Apropiación social del conocimiento

1. Se realizaron actividades de apropiación social del conocimiento en eventos nacionales e internacionales.
2. Se elaboraron cartillas y videos temáticos de apropiación social de conocimiento en huella digital de minerales

- **Proyecto 1001372 Mapa Metalogénico de Colombia**

Descripción del Proyecto: El Mapa Metalogénico de Colombia es un mapa a escala regional que contiene elementos metaogénicos como dominios, provincias, cinturones y distritos en los cuales se presenta la distribución espacial y temporal de los depósitos minerales, ocurrencias, y prospectos de Colombia, con lo que se convierte en una herramienta fundamental para la prospección y exploración de minerales. Necesidad de la definición de la distribución, edades y características de los diferentes tipos de depósitos minerales para la investigación del potencial para recursos minerales en el territorio colombiano.

Objetivo: Generar, compilar, analizar e interpretar información sobre depósitos, ocurrencias y prospectos minerales para delimitar dominios, provincias, cinturones y distritos metalogénicos del territorio colombiano.

Productos y Entregables:

1. Datos e información metalogénica a diferentes escalas (nacional, regional, local)
2. Mapa Metalogénico (avance anual)
3. Mapas de depósitos minerales
4. Distritos metalogénicos
5. Documentos técnicos temáticos.

Beneficios: Como herramienta de Investigación, prospección y exploración de minerales es fundamental para el diagnóstico y evaluación del potencial mineral de un área en función de qué tipo de recurso mineral puede estar presente. Aportar en el conocimiento de la historia geológica del territorio, en términos metalogénicos.

Avances y logros:

Los avances se centran en cuatro aspectos principales:

I. Compilación de Información para el Mapa Metalogénico de Colombia

1. Se compiló, revisó, validó, actualizó y verificó información sobre depósitos, mineralizaciones, ocurrencias para el Mapa Metalogénico de Colombia versión 2020 (MMC).
2. Se actualizó información geocronológica asociada a magmatismo y depósitos minerales para actualizar base de datos de depósitos minerales para la versión 2020 del MMC
3. Se compiló y analizó información geológica y tectónica para el marco geotectónico del MMC versión 2020.

4. Se estructuró y almacenó la información en la Geodatabase EXPLORA.

II. Levantamiento de información metalogénica

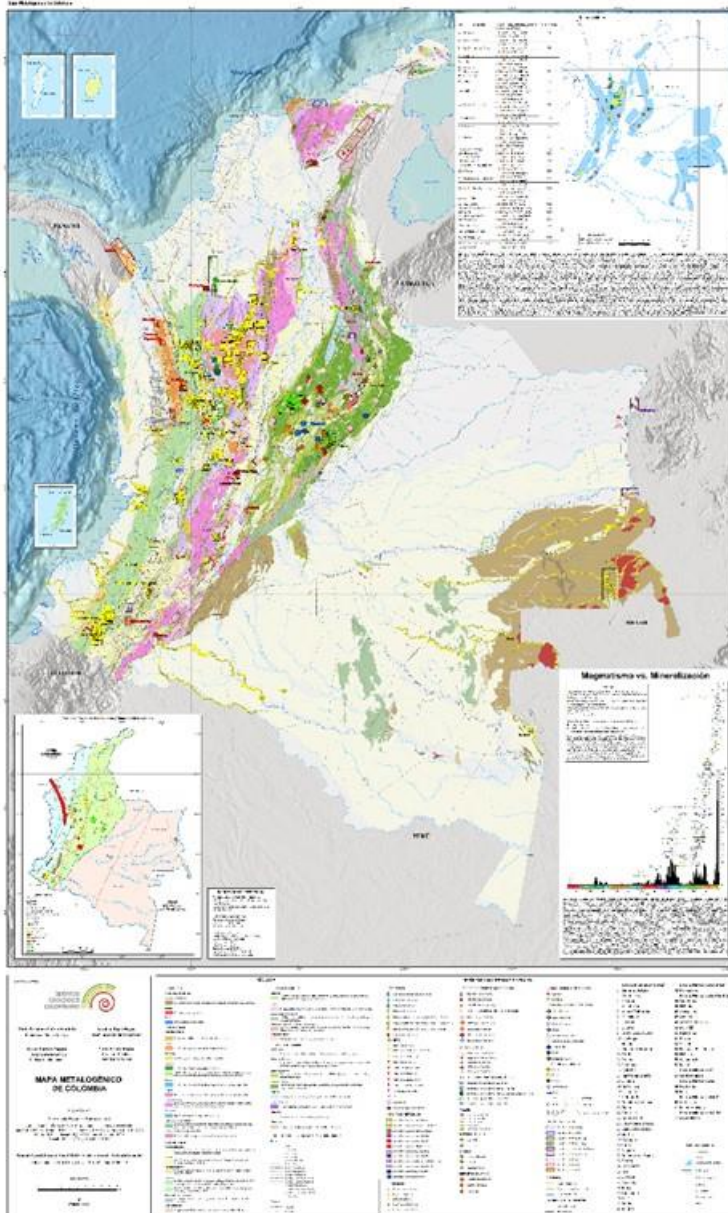
1. Se ejecutaron actividades de análisis de información metalogénica (e.g., geocronología, litogeoquímica, metalografía) para consolidación de modelos regionales y locales por el SGC y en convenio con MDRU - UBC.
2. Se organizó, verificó y almacenó información y muestras colectadas (veta y roca caja) de las áreas de Interés Metalogénico: Batolito Antioqueño y sector N del Cinturón Paleoceno/Plioceno, en los municipios de Segovia, Zaragoza, Remedios, Yalí, Argelia, Sonsón y Abejorral (Antioquia)
3. Se ejecutaron actividades de verificación y selección de muestras para caracterización metalogénica de distritos metalogenéticos para evaluación de potencial mineral (Convenio SGC – Universidad Nacional de Colombia).
4. Se ejecutaron análisis especializados para metalogeniay para caracterización metalogenética de distritos metalogénicos en laboratorios nacionales SGC, UNAL (petrografía de roca, espectrometría de infrarrojo, microtermometría y micro-Raman de inclusiones fluidas, entre otros) y externos especializados en MDRU- UBC (geoquímica especializada, geocronología).
5. Se elaboraron informes diagnósticos sobre distritos metalogenéticos (Convenio SGC – UNAL de Colombia).
6. Se avanzó en la elaboración de informes sobre caracterización de distritos metalogénicos (Convenio SGC – UNAL de Colombia).

III. Elaboración del Mapa Metalogénico de Colombia (MMC) versión 2020

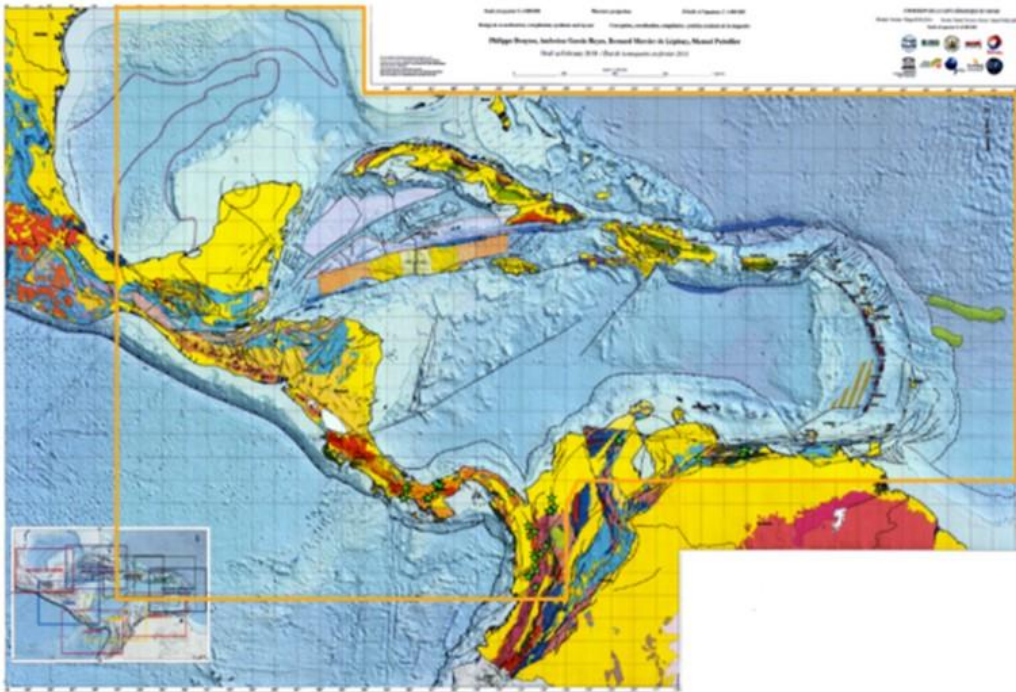
1. Se avanzó en las actividades del convenio especial de cooperación SGC - MDRU orientado a adquirir información metalogénica en depósitos mineros para la versión 2020 del MMC.
2. Se analizó e integró información geoquímica y geofísica regional para definir elementos metalogénicos del MMC versión 2020.
3. Se realizó el análisis multicapa de la información geoquímica (Atlas geoquímico) y geofísica para Serranía de San Lucas y Bloque Oriente.
4. Se analizó e integró información metalogénica detallada para definir elementos metalogénicos del MMC versión 2020.
5. Se compiló y analizó información sobre la evolución geológica y tectónica para definir el marco geotectónico de la versión 2020 del MMC.
6. Se compiló y estandarizó información litogeoquímica y geocronológica de Colombia para MMC versión 2020.
7. Se actualizaron y generalizaron las unidades litoestratigráficas y las estructuras geológicas registradas en el Mapa Geológico de Colombia (50k, 100k y 1.5M) para la elaboración y salida gráfica del MMC versión 2020.
8. Se elaboró memoria explicativa del Mapa Metalogénico de Colombia versión 2020.
9. Se participó en la elaboración del Mapa Metalogénico de América Central y El Caribe junto con los servicios geológicos integrantes de ASGMI.
10. Se elaboró informe sobre anortositas como fuentes de Al para la ASGMI y proyecto de la Unión Europea.

IV. Apropiación social del conocimiento

1. Se realizaron actividades de apropiación social del conocimiento en eventos nacionales e internacionales.
2. Se elaboraron cartillas y videos temáticos de apropiación social de conocimiento en metalogena



Mapa Metalogénico de Colombia (MMC) versión 2020



Región del Mapa Metalógico de América Central y el Caribe

- **Proyecto 1001373 Áreas con Potencial para Recursos Minerales**

Descripción del Proyecto: En cumplimiento del objeto misiones del SGC de generar conocimiento del subsuelo del territorio nacional y en particular de la Dirección de Recursos Minerales de aportar al conocimiento del potencial de recursos minerales de Colombia, se identifican áreas con potencial mineral para brindar información al sector Minero-energético para planear el aprovechamiento sostenible de recursos para el desarrollo económico y social de Colombia

Objetivo: Integrar la información Geológica, Geoquímica, Geofísica y Metalogenética para identificar blancos de interés y realizar la evaluación del potencial de un territorio para alojar mineralizaciones y de ésta manera aportar información para tomar decisiones sobre su aprovechamiento sostenible en lo económica, ambiental y social.

Productos y Entregables:

1. Datos e información sobre caracterización metalogénica y de potencial de minerales de áreas de interés.
2. Mapas temáticos (zonificación de alteración, otros)
3. Áreas con potencial mineral identificadas
4. Informes técnicos (evaluación del potencial mineral de áreas)

Beneficios: Se proveen herramientas técnicas para la ANM y sector minero-energético sobre las cuales realizar gestión del potencial minero del territorio.

Se aporta al conocimiento geológico/metalogenético en áreas no conocidas.

Avances y logros:

Los avances se centran en cuatro aspectos principales:

I. Identificación de distritos metalogénicos para evaluación de potencial mineral

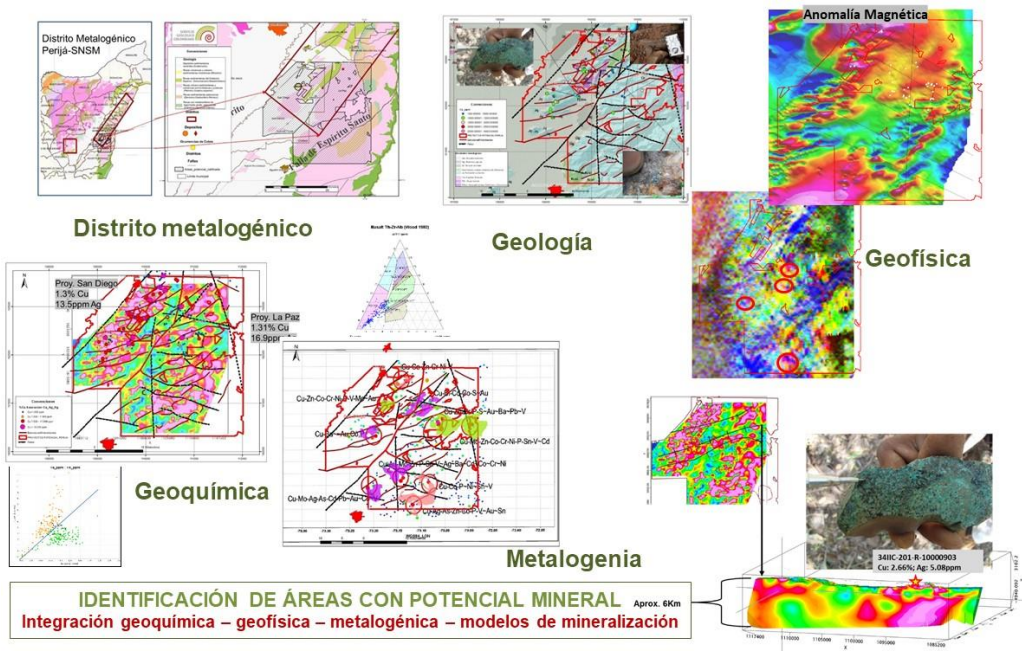
1. Se elaboraron informes diagnósticos para 20 distritos metalogénicos identificados con potencial para cobre polimetálicos y otros minerales estratégicos para el país.
2. Se identificaron 11 nuevos distritos metalogénicos para continuar la evaluación de potencial mineral.

II. Adquisición de información para evaluación de potencial mineral en distritos metalogénicos

1. Se seleccionaron muestras para nuevos análisis (sedimentos, rocas, mineralizaciones, etc) en distritos metalogénicos con potencial para cobre polimetálicos y otros minerales estratégicos para Colombia.
2. Se ejecutaron análisis de laboratorio geológicos, geoquímicos especializados, geocronológicos, entre otros, en laboratorios especializados y en el SGC y en la Universidad Nacional (Convenio UNAL - SGC)
3. Se verificó, validó y archivó la información en la geodatabase EXPLORA.

III. Evaluación de potencial mineral en distritos metalogénicos

1. Se elaboraron 20 informes diagnósticos integrando información geológica, geoquímica, geofísica y metalogénica disponible.
2. Se avanzó en análisis de laboratorio de muestras disponibles.
3. Se procesó, integró (geología, geoquímica, geofísica, metalogenia), analizó, interpretó, se produjeron mapas de evaluación de potencial mineral en los distritos investigados.
4. Se realizaron informes de evaluación de potencial mineral en cinco (5) distritos metalogénicos.
5. Se avanzó en la evaluación de potencial mineral en cinco (5) distritos metalogénicos.



Evaluación de potencial mineral en distritos metalogénicos.

IV. Apropiación social del conocimiento

1. Se realizaron actividades de apropiación social del conocimiento en eventos nacionales e internacionales (CGS2020, ASGMI, EU).
2. Se elaboraron cartillas y videos temáticos de apropiación social de conocimiento en áreas con potencial mineral.

- **Proyecto 1001374 Prospección y Exploración Fosfatos y Magnesio**

Descripción del Proyecto: Los minerales de fósforo y magnesio son insumos indispensables para el desarrollo agrícola del país, de tal modo que el documento Conpes 3577 de 2009 designa al SGC para realizar prospección y exploración de fertilizantes agrícolas y solicita que se incluya en el Programa de exploración del territorio y en los planes operativos la exploración de las fuentes minerales de P, K, Ca, Mg y S.

Objetivo: Investigar, prospectar y explorar minerales de fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre para identificar zonas potenciales para éstos minerales indispensables para producción de fertilizantes agrícolas.

Productos y Entregables:

1. Datos e información sobre minerales de fosfatos y magnesio
2. Mapas temáticos Modelos de mineralizaciones
3. Áreas con potencial mineral identificadas
4. Informes y documentos técnicos temáticos

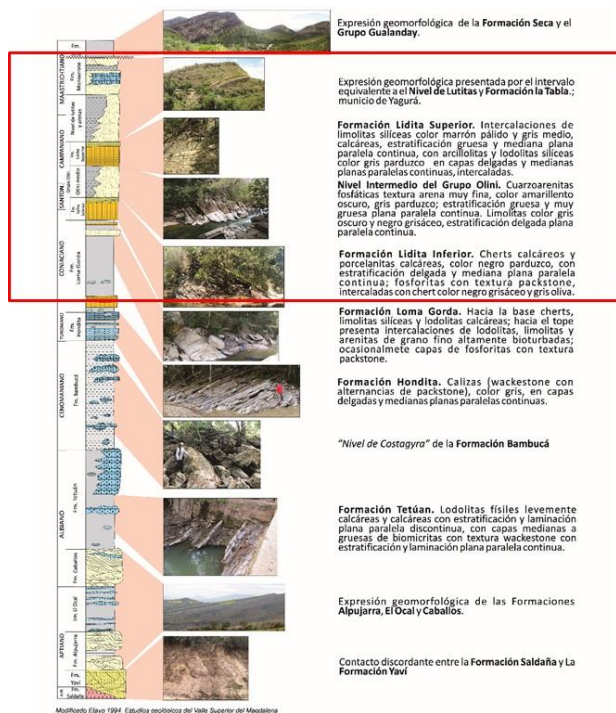
Beneficios: Beneficios para el Sector Agrícola del país al obtener materias primas nacionales que incentiven la producción nacional de fertilizantes, por parte del sector privado.

Avances y logros:

Los avances se centran en dos aspectos principales:

I. Levantamiento de información para prospección de fosfatos y magnesio

1. Se avanzó en la compilación y análisis de información para prospección de fosfatos y magnesio en los departamentos del Huila y del Tolima, costado oriental del río Magdalena, corregimientos de Vegalarga, Fortalecillas y Río de las Ceibas, vereda Santa Helena) del municipio de Neiva, y en los municipios de Dolores, Colombia, Alpujarra, Baraya, Tello, y entre Aipe y Ataco.
2. Se efectuaron análisis especializados.
3. Se verificó, validó y almacenó la información y los datos en la geodatabase EXPLORA.
4. Se elaboró informe de investigación "Exploración geológica de fosfatos en el departamento del Huila, costado occidental del río Magdalena, planchas 302, 323, 344, 345 y 366".
5. Se elaboró informe de investigación "Exploración geológica de magnesio en el flanco oriental de la cordillera central de Colombia Bloque Huila".



Unidades de Interés
para Fósforo

Zonas con potencial para minerales de fosfatos

II. Apropiación social del conocimiento

1. Se realizaron actividades de divulgación y apropiación social del conocimiento sobre prospección de fosfatos en Boyacá, Huila y Tolima.

- **Proyecto 1001375 Prospección y Exploración de Materiales de Construcción.**

Descripción del Proyecto: La exploración y caracterización de materiales de construcción es de gran importancia para la proyección y ejecución de obras de infraestructura que requiere el desarrollo del país.

Objetivo: Investigar, prospectar y caracterizar materias primas para la industria de la construcción como agregados pétreos, y materiales para base y sub-base de carreteras en Colombia.

Productos y Entregables:

1. Datos e información sobre materiales de construcción
2. Mapas temáticos Modelos de mineralizaciones
3. Áreas con potencial mineral identificadas
4. Informes y documentos técnicos temáticos

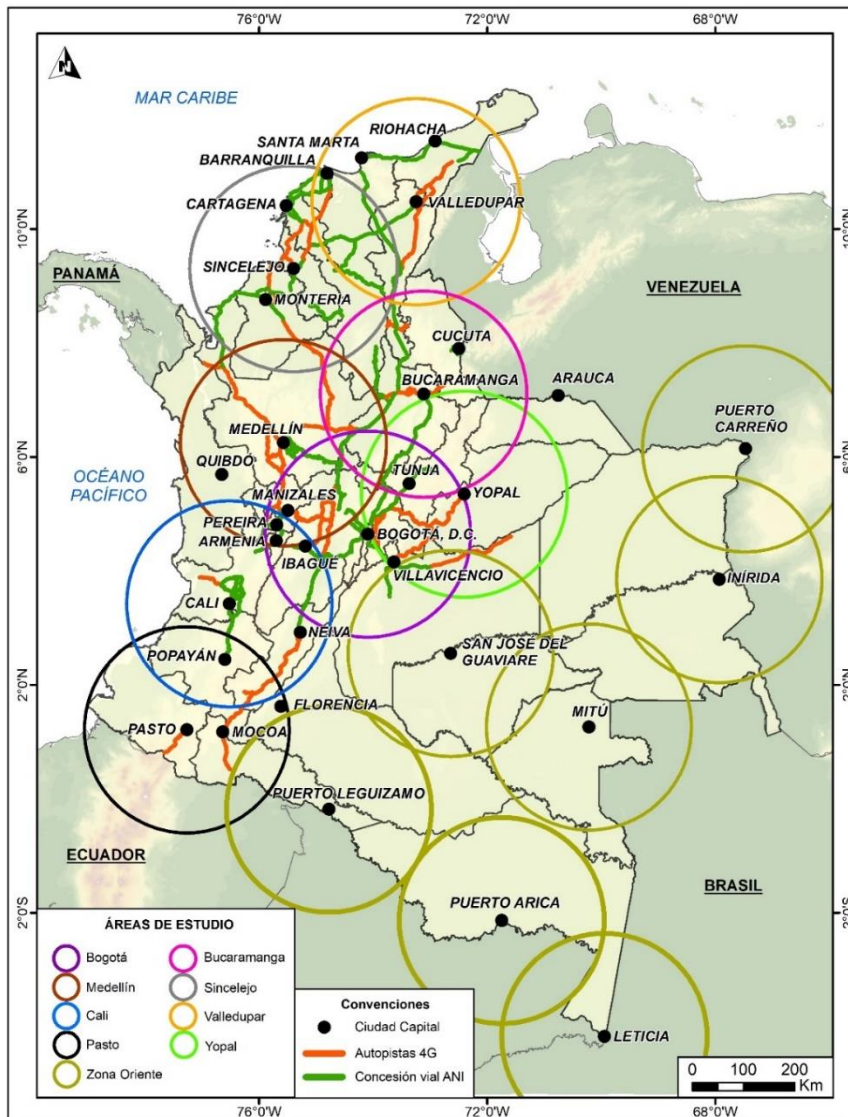
Beneficios: El conocimiento de los recursos minerales empleados como materiales de construcción es fundamental para gestionar eficientemente y al menos costo para el país los insumos básicos empleados para la construcción de la infraestructura.

Avances y logros:

Los avances se centran en dos aspectos principales:

1. Levantamiento de información para prospección de materiales de construcción

1. Se adaptaron e implementaron metodologías para pruebas geomecánica en materiales de construcción.
2. Se elaboró protocolo para la prospección de materiales de construcción en Colombia que incluye la metodología para definir zonas específicas para prospección detallada en cada zona identificada.



Zonas (círculos) para investigación y prospección de materiales de construcción

- Se realizaron ensayos y análisis de laboratorio: 59 ensayos geomecánicos de desgaste en máquina de los ángeles de los cuales, 27 muestras para sección delgada, 43 muestras para Difracción de Rayos X.
- Se verificó, validó y almacenó la información y los datos en la geodatabase EXPLORA.
- Se realizó informe de avance sobre la prospección para materiales de construcción realizada hasta el año 2019 en el área piloto de Bogotá.
- Se definieron zonas específicas para prospección detallada a escala 1: 25.000 o eventualmente 1: 10.000, en el área piloto de Bogotá, priorizando aquellas áreas localizadas a 50 km alrededor de Bogotá, luego las áreas que se ubiquen en un círculo de 100 km, posteriormente las que se localicen

en un círculo de 150 km, para finalizar con aquellas áreas que se ubiquen en el círculo de 200 km alrededor de Bogotá.

II. Apropiación social del conocimiento

1. Se realizaron actividades de divulgación y apropiación social del conocimiento sobre materiales de construcción en la zona piloto de Bogotá.

- **Proyecto 1001376 Prospección y Exploración de Arcillas Industriales.**

Descripción del Proyecto: Las arcillas industriales son fundamentales para diferentes sectores industriales que impulsan el desarrollo del país. En Colombia los depósitos de arcillas caracterizados son muy pocos, y no hay un programa sistemático para establecer el potencial económico de las rocas con altos contenidos de arcillas que puedan considerarse de interés económico.

Objetivo: Investigar y prospeccionar arcillas con el objetivo de identificar depósitos de arcillas industriales de unidades litoestratigráficas reconocidas que no hayan sido objeto de estudios detallados y específicos para establecer su potencial económico.

Productos y Entregables:

1. Datos e información sobre arcillas industriales
2. Mapas temáticos Modelos de mineralizaciones
3. Áreas con potencial mineral identificadas
4. Informes y documentos técnicos temáticos

Beneficios: El país se favorece de estos estudios porque se va a aumentar significativamente en determinadas regiones, el potencial económico de este recurso, lo cual beneficiará directamente a la industria nacional.

Avances y logros:

Los avances se centran en dos aspectos principales:

I. Levantamiento de información para prospección de arcillas industriales

1. Se realizaron análisis de laboratorio (DRX, químicos y análisis geotécnicos especializados) 143 muestras de arcillas.
2. Se elaboró informe sobre la prospección para arcillas industriales realizada en el área piloto del Valle del Cauca.
3. Se realizó informe de compilación y análisis de información de las áreas definidas para prospección en el municipio de Gigante (Huila) potencial para arcillas bentoníticas.
4. Se realizó informe de compilación y análisis de información sobre potencial para arcillas en el municipio de Los Santos (Santander) en rocas finogranulares ricas en sales de Potasio.
5. Se verificó, validó y almacenó la información y los datos en la geodatabase EXPLORA.

II. Apropiación social del conocimiento

1. Se realizaron actividades de divulgación y apropiación social del conocimiento sobre arcillas industriales en el Valle y Huila.

Regiones	Rocas sedimentarias Cenozoicas	Suelos residuales rocas ígneas y metamórficas	Depósitos recientes	Regiones	Rocas sedimentarias Cenozoicas	Suelos residuales rocas ígneas y metamórficas	Depósitos recientes
							
Caribe	Unidad detrítica de La Popa	Rocas ígneas del Cenozoico y metamórficas del Paleozoico	Coluvio-aluviales, eólicas, terrazas aluviales	Eje Cafetero, Antioquia	Formación Amagá	Rocas ígneas del cretáceo (Batolito Antioqueño y de Altavista), Stock de Mistrató	Arcillas residuales del Glacis del Quindio (piroclásticos, cenizas volcánicas, flujos de lodo)
Centro Oriente	Formaciones Bogotá, Guaduas, Tilatá, Usme, Sabana, Socha	Rocas ígneas del Cretáceo (Batolito de Bucaramanga)		El Llano	Arcillas del Limbo, San Fernando y Diablo		Depósitos aluviales y coluviales
Centro Sur	Grupos Honda y Gualanday	Rocas ígneas del Cretáceo (Batolito de Ibagué)	Arcillas de origen aluvial, coluvial y volcánico	Pacífico	Formaciones La Pobreza y Zarzal	Formaciones Volcánica y Amaime, suelos residuales de la Formación Popayán	Aluviales y lacustres

Zonas con potencial para arcillas industriales

- **Proyecto 1001365 Investigación y Prospección de Gas Metano Asociado al carbón**

Descripción del Proyecto: Colombia necesita explorar fuentes alternativas de minerales energéticos para disponer de información que le permita decidir acerca de los planes de producción de energía y en tal sentido el gas metano asociado a carbón (GMAC) se constituye en una fuente alternativa de energía. *La DRM del SGC, inicia con los estudios de exploración de Gas Metano Asociado al Carbón (GMAC), para obtener información sobre el origen, acumulación y potencialidad de este recurso, como fuente de energía, implicaciones como gas Efecto invernadero y manejo eficiente para garantizar seguridad minera*

Objetivo: Investigar, prospectar y explorar recursos de gas metano asociado al carbón (GMAC) en áreas carboníferas del país

Productos y Entregables:

1. Datos e información sobre GMAC
2. Mapas temáticos Modelos de mineralizaciones
3. Áreas con potencial mineral identificadas
4. Informes y documentos técnicos temáticos

Beneficios: Encontrar fuentes alternas de energía, disponer de información sobre su rol como gas de efecto invernadero y optimizar su manejo para la seguridad minera.

Avances y logros:

Los avances se centran en dos aspectos principales:

I. Investigación y prospección de Gas Metano Asociado a Carbón (GMAC)

1. Se entregaron a la litoteca del SGC 1200 metros de núcleos de perforación recuperados
2. Se adelantó cargue, verificación y validación de información de la Geodatabase EXPLORA.
3. Se procesó, interpretó información, y produjeron mapas geológicos, escala 1:25.000 del área Cucunubá – Guachetá, Departamento de Cundinamarca para evaluación de potencial de Gas Metano asociado a Carbón (GMAC).
4. Se realizó interpretación estratigráfica y sedimentológica, mediante el registro fotográfico de los núcleos obtenidos en la realización de las perforaciones estratigráficas realizadas.
5. Se elaboró informe final sobre Prospección y Evaluación de Gas Metano Asociado al Carbón en el área Cucunubá – Guachetá, Departamento de Cundinamarca, incluyendo cálculos de recursos de Gas Metano asociado a los Mantos de Carbón, mediante la utilización del software Terragam en las muestras tomadas en las perforaciones realizadas en los municipios de Lenguazaque y Guachetá, Departamento de Cundinamarca.
6. Se inició efectuaron análisis petrológico de los carbones del área de Landázuri, Departamento de Santander, como continuación del estudio realizado perforación de dos pozos estratigráficos para la investigación de contenido de GMAC en el Sinclinal de Armas, localizado al sureste de la cuenca del Valle Medio del Magdalena. El énfasis será determinar la composición orgánica y rango de los carbones como producto de los estados de carbonización del material vegetal original de la turba y del marco deposicional, como elementos para inferir las facies del carbón y la capacidad de los macerales de adsorber y desorber gas, relacionado con la porosidad y permeabilidad del carbón y la generación de gas metano.
7. Se realizó investigación e informe técnico “Análisis petrológico de los carbones del área de Landázuri – VMM, Departamento de Santander.
8. Se realizó informe de avance de recopilación bibliográfica de información geológica en el área de Zulia –Chinacota, Departamento de Norte de Santander, se realizaron pruebas en el formato “Data Collector” para el posterior investigación y prospección de gas metano asociado al carbón en ésta área.
9. Se avanzó en la elaboración de la primera versión del “Mapa de Potencial de Gas Metano asociado al Carbón en Colombia” y su correspondiente memoria técnica.



Prospección de gas metano asociado a carbón (GMAC)

II. Apropiación social del conocimiento

1. Se realizaron actividades de divulgación y apropiación social del conocimiento sobre gas metano asociado a carbón (GMAC).

- **Proyecto 1001367 Investigación Prospección y Evaluación de Recursos Carboníferos**

Descripción del Proyecto: Colombia requiere explorar los recursos carboníferos en áreas que no han sido objeto de evaluación de recursos en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Santander, Meta, Casanare, entre otros, conocer la calidad y características de éstos carbones, evaluar y calcular éstos recursos. Adicionalmente ante las tendencias mundiales, deben investigarse usos alternativos y su utilidad como fuente de otros minerales críticos o estratégicos.

Colombia requiere investigar sobre usos alternos de carbones colombianos Se realizan estudios en el marco que corresponde al estudio de áreas de potencial carboníferas que no han sido evaluadas, se busca realizar cartografía de los mantos de carbón.

Objetivo: Investigar, prospeccionar, explorar y evaluar sistemáticamente recursos carboníferos del país.

Productos y Entregables:

1. Datos e información sobre carbones
2. Mapas temáticos Modelos de mineralizaciones
3. Áreas con potencial mineral identificadas
4. Informes y documentos técnicos temáticos

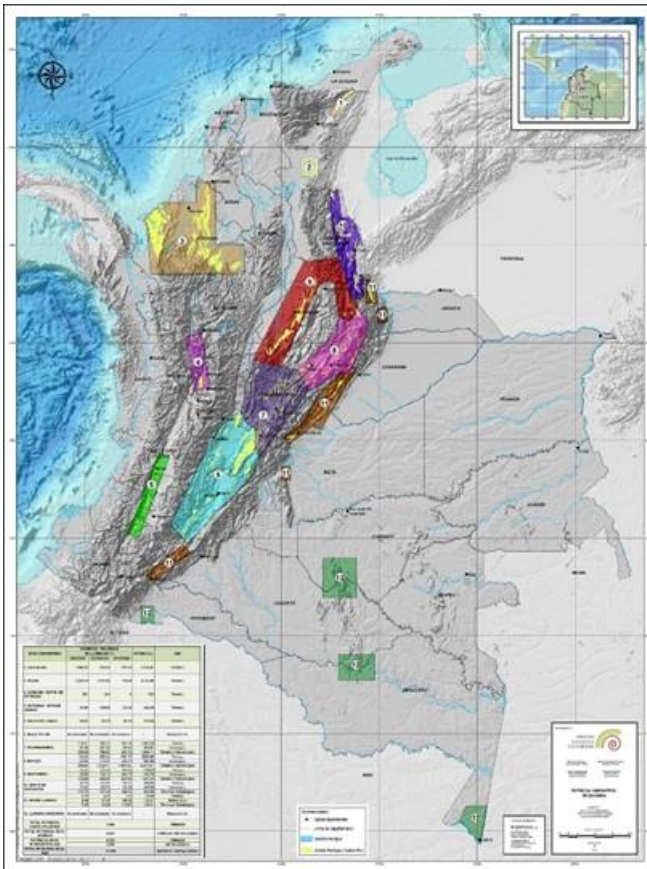
Beneficios: Generar información sobre el conocimiento geocientífico del país y del potencial, características y potencial de uso de recursos carboníferos del país.

Avances y logros:

Los avances se centran en dos aspectos principales:

I. Investigación y prospección de carbones

1. Se realizó cargue, verificación y validación de información de la Geodatabase EXPLORA
2. Se realizó integración, procesamiento e interpretación de información y de datos.



Cuencas carboníferas objeto de investigación.

3. Se finalizó el procesamiento, interpretación de la información en el área de Ciénaga de Oro, Departamento de Córdoba.
4. Se finalizó informe sobre Prospección y Evaluación de Recursos Carboníferos en el área de Ciénaga de Oro, Departamento de Córdoba: 4 mapas geológicos, 24 mapas de contornos estructurales escala 1:25.000 e informe técnico.

5. Se realizó investigación y se produjo informe técnico sobre Petrología de carbones en el Pie de Monte Llanero.
6. Se procesaron y analizaron los datos adquiridos de mediciones gamaespectrométricas realizadas en el área carbonífera de Amaga – Antioquia, con un equipo gamaespectrometro RS 230 portátil, para medir la presencia de elementos radioactivos asociados a los mantos de carbón o a las rocas adyacentes, como estudio preliminar para identificar presencia de elementos de Tierras Raras (ERE) asociados a los mantos de carbón, en una zona piloto del Departamento de Antioquia.
7. Se avanzó en investigación sobre usos alternativos del carbón y se avanzó en el documento técnico “Estudio diagnóstico sobre Potencial de Tierras Raras (REE) en cuencas carboníferas de Colombia”, haciendo énfasis en técnicas analíticas utilizadas para los estudios de presencia de tierras raras asociadas a carbones y de los contextos geológicos de los depósitos de carbón en Colombia y su relación con presencia de elementos de tierras raras
8. Se elaboró artículo para publicación en revista internacional del artículo “Petrological studies of coal in the Piedemonte Llanero basin – Colombia”.

II. Apropiación social del conocimiento

1. Se realizaron actividades de divulgación y apropiación social del conocimiento sobre gas metano asociado a carbón (GMAC).

• *Proyecto 1001369 Investigación y prospección de uranio*

Descripción del Proyecto: El conocimiento del potencial de uranio como mineral estratégico por seguridad nacional y como potencial energético es fundamental para el país. Por lo anterior se adelanta la exploración gamaespectrométrica de uranio (U), torio (Th) y potasio (K), en Colombia, produciendo mapas (modelamiento geoestadístico) de anomalías de uranio, torio y potasio de las áreas exploradas e identificando anomalías gamaespectrométricas de uranio.

Objetivo: Investigar, prospeccionar y explorar potencial de uranio con sus asociados torio y potasio.

Productos y Entregables:

1. Datos e información sobre Uranio
2. Mapas temáticos Modelos de mineralizaciones
3. Anomalías y áreas con potencial mineral identificadas
4. Informes y documentos técnicos temáticos

Beneficios: Generar información geocientífica de Colombia y sobre anomalías de uranio para tener en cuenta en desarrollo energético y en el ordenamiento territorial de los municipios, entre otros.

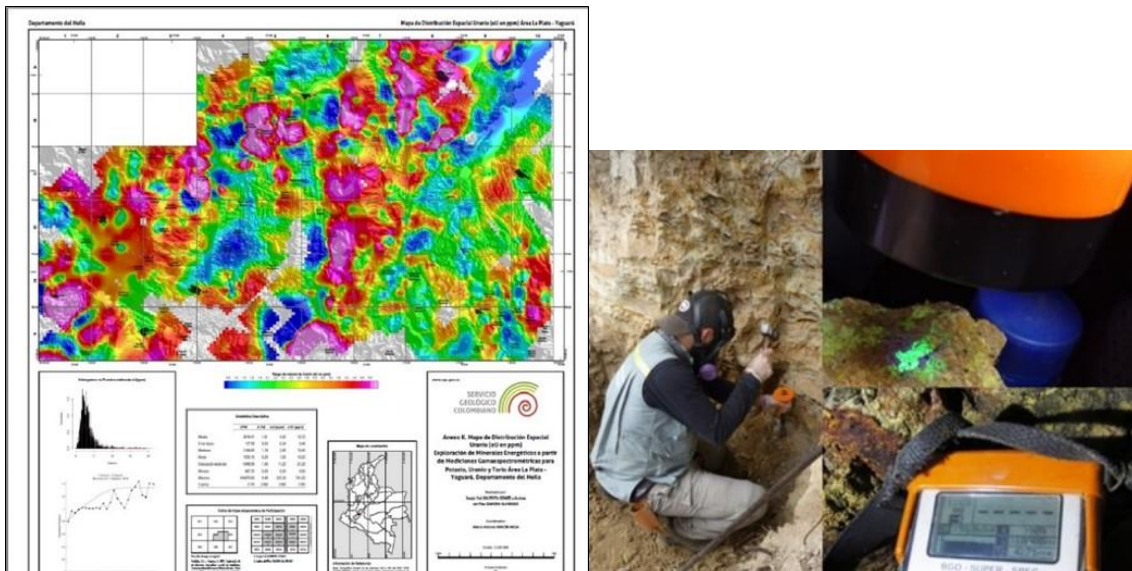
Avances y logros:

Los avances se centran en dos aspectos principales:

I. **Investigación y Prospección de Uranio**

1. *Se adelantó cargue, verificación y validación de información de la Geodatabase Explora.*

2. Se realizó la integración, procesamiento e interpretación de la información de campo y datos de laboratorio.
3. Se elaboraron mapas geológicos y mapas geoestadísticos de anomalías de uranio, torio y potasio de las zonas investigadas
4. Se procesó e interpretó la información de 785 mediciones gamaespectrométricas tomadas en campo en la comisión de marzo de 2020, en el área Campo Alegre – Colombia, Departamento del Huila, para definir zonas y unidades de interés para continuar con la prospección de minerales energéticos.
5. Se elaboraron informes técnicos, mapas geológicos y mapas geoestadísticos de anomalías de uranio, torio y potasio para “Nariño – Jerusalén, Departamento de Cundinamarca”.
6. Se elaboraron informes técnicos, mapas geológicos y mapas geoestadísticos de anomalías de uranio, torio y potasio y “Ortega – Piedras, Departamento del Tolima”..
7. Se finalizó investigación sobre manifestaciones de elementos incompatibles y elementos de tierras raras (REE) asociados a pirocloros en la sienita nefelínica de San José del Guaviare.
8. Se elaboró artículo científico sobre Manifestaciones de elementos incompatibles y elementos de tierras raras (REE) asociados a Pirocloros en la Sienita Nefelínica de San José del Guaviare, Guaviare – Colombia.
9. Se inició la recopilación de información para elaborar un mapa de áreas prospectivas de potencial de uranio en Colombia.



Investigación, prospección y xploración de uranio en Colombia.

II. Apropiación social del conocimiento

1. Se realizaron actividades de divulgación y apropiación social del conocimiento sobre uranio y de elementos incompatibles y elementos de tierras raras (REE) asociados a pirocloros en la sienita nefelínica de San José del Guaviare.).

3. AMPLIACIÓN DEL CONOCIMIENTO GEOCIENTÍFICO BÁSICO E INTEGRAL DEL TERRITORIO NACIONAL.

3.1. Introducción Dirección de Geociencias Básicas

El área de conocimiento de Geociencias Básicas en el marco del proyecto de Ampliación del Conocimiento Geocientífico Básico del Territorio Nacional de acuerdo Plan Estratégico 2014-2023 del SGC, realiza proyectos con actividades 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.

Esta área levanta información geológica del país a través de la elaboración de la cartografía e investigación geológica y geomorfológica, estratigrafía, mapa geológico, investigación y exploración de aguas subterráneas, investigaciones geotérmicas, geología de volcanes, estudios geológicos especiales, tectónica, museo y patrimonio geológico paleontológico.

La Dirección de Geociencias tiene la obligación de llevar a cabo la administración, programación, organización, control, divulgación y evaluación de los recursos de las regalías a cargo del SGC en el marco de la ampliación del conocimiento geocientífico realizando el seguimiento a cada uno de los proyectos de inversión de orden técnico, administrativo, jurídico y de apropiación social del conocimiento en las regiones en donde se desarrollan las actividades técnico científicas de cada proyecto.

Con la implementación de la herramienta de gestión de proyectos Planview cada uno de los proyectos formulados cuenta con un presupuesto asignado y unas actividades específicas, situación que restringe el desarrollo de tareas que se encuentran fuera de dichos proyectos pero que en efecto hacen parte de la misión de la dependencia. En este sentido la operación para gestionar la Ampliación del Conocimiento, permite dar cubrimiento a las distintas solicitudes y tareas de tipo transversal que deben ser desarrolladas por la Dirección de Geociencias Básicas.

3.2. Objetivos y funciones del área de conocimiento

3.2.1 Objetivo General

Realizar investigación científica básica para generar conocimiento geocientífico integral del territorio nacional.

3.2.2 Objetivos Específicos

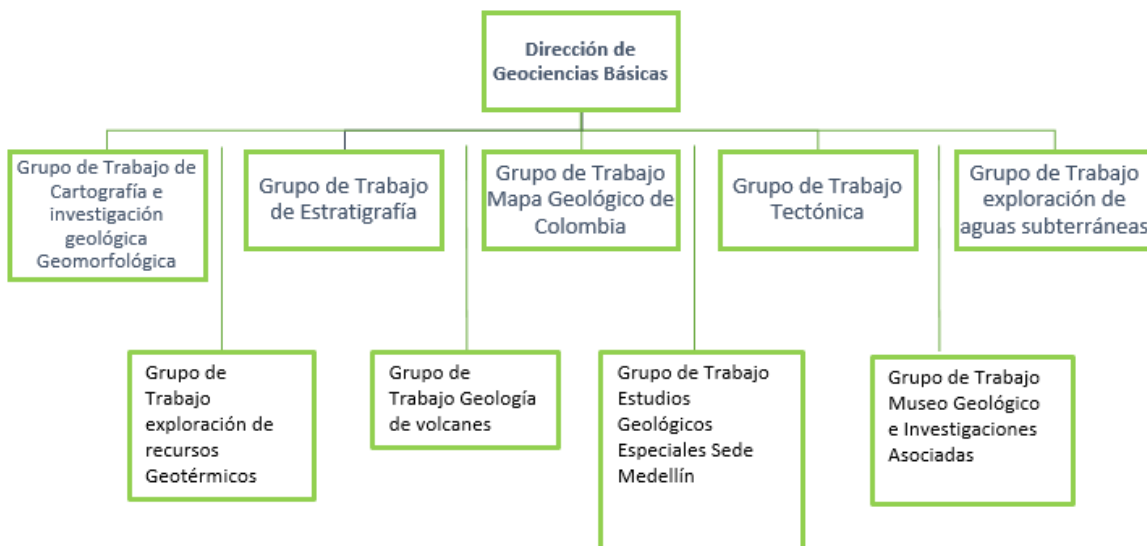
Generar conocimiento geocientífico integral en Geología, Geofísica y Geoquímica, mediante estudios e investigaciones regionales y especiales para contribuir al desarrollo social y económico del país.

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.

3.3. Estructura Funcional

3.3.1 Grupos de Trabajo

A continuación se relacionan los Grupos Internos de Trabajo de la Dirección Técnica de Geociencias Básicas cuyas funciones fueron asignadas según lo establecido en los Decretos Nos. 2703 y 2704 de 2013:



Fuente: Resolución No D 249 de 2019

3.3.3 Proyectos del área de conocimiento vs Presupuesto

GRUPO	Presupuesto SGR	Valor Comprometido	Valor Pagado
Cartografía e Investigación Geológica y Geomorfológica	8.437	6.121	4.232
Estratigrafía	2.952	2.163	1.740
Estudios Geológicos Especiales Sede Medellín	3.572	1.347	1.213
Exploración de Aguas Subterráneas	5.635	2.907	2.353
Exploración de Recursos Geotérmicos	6.293	6.122	2.892
Geociencias Básicas	3.649	2.842	1.892
Geología de Volcanes	2.774	1.849	1.011
Mapa Geológico de Colombia	1.865	1.480	1.066
Museo Geológico e Investigaciones Asociadas	2.988	2.661	2.271
Tectónica	10.277	4.660	3.081
Total general	48.444	32.151	21.751

Cifras en millones de pesos

Datos a 31 de octubre de 2020

GRUPO	Presupuesto PGN DGB	Valor Comprometido
Exploración de Aguas Subterráneas	1.480	1.150
Museo Geológico e Investigaciones Asociadas	875	702
Total general	2.355	1.852

Cifras en millones de pesos

Datos a 31 de octubre de 2020

3.4.1 Objetivos propuestos vs. Avances de los proyectos con corte al 30 de noviembre de 2020

A continuación, se presentan los avances a 30 de noviembre de 2020 de los proyectos que han sido adelantados en la vigencia 2020:

Proyecto de Gestión 1001088. Investigación Marítima, Costera e Insular

Descripción del proyecto: Aunar esfuerzos entre la DIMAR y el SGC para la caracterización y generación de conocimiento geocientífico de las zonas marinas y costeras del caribe colombiano con fines de planificación territorial, toma de decisiones y ejercicio de la soberanía Nacional.

Objetivo: Generar un documento de diagnóstico de información geocientífica existente para la zona insular (San Andrés, Providencia y Santa Catalina).

Productos y entregables:

1. Caracterizar conjuntamente el suelo, el sub-suelo marino y el borde costero, del área de estudio, a partir de la información existente y adquirida en el marco del proyecto.
2. Generar cartografía temática geocientífica de la zona de estudio, a partir de la información existente y adquirida en el marco del proyecto.
3. Densificar las redes de monitoreo geodésico de la zona de estudio. Contar con una SIG que permita almacenar, organizar, gestionar datos, información y resultados, para facilitar su consulta y la toma de decisiones en beneficio del país.
4. Realizar publicaciones y adelantar actividades de apropiación y socialización del conocimiento adquirido en el marco del proyecto.

Avances y logros: *interpretación* Geológica y Geomorfológica mediante sensores remotos. Mapas Geológico-estructurales sectores de Luruaco-Tubará. San Jacinto, San Antero, Pto Escondido. Diagramas de correlación litológica y cronológica a partir de la información disponible de secciones estratigráficas, líneas sísmicas, pozos convencionales y slim holes. Mapas geológicos e informes a partir de la interpretación de sensores remotos. Reunión de seguimiento actividades y avances del Convenio No. 027 de 2018 SGC-DIMAR, donde se presentó el modelo conceptual y lógico para el Geovisor.

El cubrimiento de campo no se ha podido completar dadas las medidas de emergencia por el COVID-19, para la adquisición de información geocientífica. Se ha retrasado la selección, preparación y envío de muestras de la primera fase de campo a los laboratorios de petrografía, geoquímica y dataciones, debido a la imposibilidad de acceder a las oficinas donde se encuentran para realizar la preparación. La DIMAR no ha suministrado la batimetría de alta lo marino.

Proyecto de Gestión ID 1001277: Geología de Rescate

Objetivo: Adquirir información cartográfica, estratigráfica y estructural sobre los proyectos nuevos y de ampliación vial y de obras civiles, con incidencia nacional y departamental, que se constituya en un insumo para el mejoramiento del conocimiento geológico del territorio colombiano.

Productos y entregables:

1. Realizar levantamientos estratigráficos detallados con unidad de medida en longitud metros de columnas estratigráficas, dispuestas en los corredores viales seleccionados a diferentes escalas de detalle definidas previamente dentro del reconocimiento de cada localidad y sus condiciones técnicas en campo.
2. Realizar levantamientos estratigráficos detallados con unidad de medida en longitud de kilómetros y metros de cortes geológicos, dispuestos en los corredores viales seleccionados a diferentes escalas de detalle definidas previamente dentro del reconocimiento de cada localidad y sus condiciones técnicas en campo.
3. Hacer documento técnico que contengan capítulo diagnóstico y descripción de los levantamientos e interpretación geológica para cada localidad estudiada dentro del desarrollo de los levantamientos a detalle para mejorar el entendimiento del modelo de evolución geológica de Colombia, el cual ayuda a comprender los fenómenos geológicos que han ocurrido, sus posibilidades de ocurrencia a futuro y cómo pueden llegar a afectar la infraestructura del país.

Avances y logros: Se realizaron cuatro (4) informes de los corredores viales: Bolombolo-Amagá (Dpto. Antioquia). Landazuri-Cimitarra (Dpto. Santander). Salamina-San Félix (Dpto. Caldas). San Pablo-Simití (Dpto. de Santander).

Proyecto de Gestión ID 1000578: Estratigrafía, Paleozoico, Juratriásico, Cretácico parte central cordillera Oriental.

Objetivo: Establecer la estratigrafía física de las unidades que conforman el Grupo Quetame, Farallones, Cáqueza y Guadalupe.

Productos y entregables:

1. Realizar levantamientos estratigráficos en las regiones propuestas para este proyecto para generar informes de formalización de unidades geológicas según las condiciones de campo.
2. Realizar documentos técnicos de las unidades formalizadas como apoyo al conocimiento geológico de la región.
3. Realizar cartografía geológica en las regiones

Avances y logros: Se elaboraron tres (3) informes de las Formaciones Buenavista, Gutiérrez, Macanal, sin petrografía y cartografía geológica de mapas geológicos (600 km²) a escala 1:50.000. se realizaron levantamientos estratigráficos, muestreos petrográficos, muestreos paleontológicos, registros de gamma-espectrometría, se avanza en la elaboración de cuatro (4) mapas a escala 1:25.000 integrados en 1:50.000.

Se hizo el **LANZAMIENTO VIRTUAL LIBRO:** Estudios geológicos y paleontológicos sobre el Cretácico en la región del embalse del río Sogamoso. Valle Medio del Magdalena; donde se describen las secciones tipo y con dos (2) mapas geológicos (900km²). Reconocimiento de Minenergía al mejor evento digital vía streaming.

Debido a las restricciones por causa del Covid, no se ha podido salir a campo a la toma de los datos de campo. Informes sin petrografía, influye en el conocimiento estratigráfico de las unidades.

Proyecto de Gestión ID 1001298: Mapa Geológico de Colombia

Objetivo: Realizar la nueva edición del Mapa Geológico de Colombia a escala 1:1M con la información científica publicada en revistas indexadas, la obra The Geology of Colombia y la cartografía geológica publicada por el Servicio Geológico Colombiano del 1 de noviembre de 2014 hasta 31 de agosto de 2019.

Productos y entregables:

1. Realizar las 26 planchas del Atlas Geológico de Colombia 2020 a escala 1:500 000. Realizar el Mapa Geológico de Colombia 2020 a escala 1:1 000 000.
2. Realizar el Geological Map of Colombia 2020 a escala 1:1 000 000. Realizar una App en versión beta para visualizar y consultar el Atlas Geológico de Colombia 2020 para Android y iOS.
3. Realizar la base de datos geocronológica de Colombia en ArcGIS Pro. Realizar el informe "Colombia vista a través de los ojos de un geólogo: Proterozoico–Paleozoico".

Logros: Se entrega la obra The Geology of Colombia que tiene 4 volúmenes y 58 capítulos. Volumen 1 Proterozoico–Paleozoico, Volumen 2 Mesozoico, Volumen 3 Paleógeno–Neógeno y Volumen 4 Cuaternario. Para su publicación se realizó el Simposio The Geology of Colombia: La historia geológica del territorio colombiano. El Grupo Mapa Geológico de Colombia es autor de tres capítulos

Proyecto de Gestión ID 1000667 Evolución geológica de la cordillera Central

Objetivo: Realizar la parte analítica (litogeoquímica y geocronología) de las muestras de roca recolectadas del Túnel de La Línea (ca. 1200 núcleos), cordillera Central (ca. 200), Falla Pericos (ca. 50) y volcanes monogenéticos (ca. 20) al W–SW de Ibagué y actualizar los mapas geológicos existentes con énfasis en microtectónica del Túnel de La Línea (Gómez & Madrid, 2015) y de la Falla Pericos (Gómez & Bocanegra, 1999); así como realizar la cartografía de los volcanes El Tabor, Guacharacos y Alsacia y un corte geológico detallado entre Ibagué–Calarcá a escala 1: 25 000 con énfasis en microtectónica que de luces para determinar las fases deformativas de la rocas de los complejos Quebradagrande y Cajamarca en el área de estudio en la cordillera Central.

Descripción del proyecto: Se entrega el informe de la cordillera Central y las planchas asociadas, el Mapa Geológico de Colombia, el Atlas Geológico de Colombia, la Base de datos geocronológica de Colombia y una App para el despliegue del Atlas Geológico de Colombia. Se divulgó el Mapa Geológico de Suramérica en 9 universidades de Colombia antes 1500 asistentes. Se publicó un artículo en una revista categoría Q1.

Productos y entregables:

1. Actualizar la cartografía geológica del Túnel de La Línea a escala 1:10 000 y de la Falla de Pericos a escala 1:25 000 al W de la ciudad de Ibagué. Realizar los mapas geológicos de los volcanes Guacharacos, Alsacia y Tabor a escala 1:10 000.
2. Hacer el corte geológico en la carretera entre Ibagué–Calarcá. Realizar petrografía, microtectónica, geoquímica y geocronología U–Pb en circones, y Ar40–Ar39 de las rocas de la zona de estudio.
3. Definir la edad del (los) evento(s) metamorfismo(cos) de esta área de la cordillera Central.

Avances y logros:

Se entrega la obra The Geology of Colombia que tiene 4 volúmenes y 58 capítulos. Volumen 1 Proterozoico–Paleozoico, Volumen 2 Mesozoico, Volumen 3 Paleógeno–Neógeno y Volumen 4 Cuaternario. Para su publicación se realizó el Simposio The Geology of Colombia: La historia geológica del territorio colombiano. El Grupo Mapa Geológico de Colombia es autor de tres capítulos

Se entrega el informe de la cordillera Central y las planchas asociadas, el Mapa Geológico de Colombia, el Atlas Geológico de Colombia, la Base de datos geocronológica de Colombia y una App para el despliegue del Atlas Geológico de Colombia. Se divulgó el Mapa Geológico de Suramérica en 9 universidades de Colombia antes 1500 asistentes. Se publicó un artículo en una revista categoría Q1.

Los resultados de análisis de litogeoquímica y las dataciones U–Pb en circón de las últimas dos probetas preparadas (CC–07 y CC–08) aún no fueron obtenidos dadas las restricciones en el funcionamiento de los laboratorios del SGC impuestas por la pandemia. El envío de muestras para datación Ar40/Ar39 y el análisis de dichas dataciones son tareas que no se podrán realizar debido a que el proceso de contratación para hacer las dataciones no fue exitoso. Ninguno de los laboratorios invitados presentó oferta para realizar los análisis y, por lo tanto, el proceso quedó desierto. No obstante, para el informe final se utilizarán algunos datos Ar–Ar que el equipo de trabajo tiene de la zona de estudio. La asesoría en termocronología no se realizó ni realizará debido a la situación actual por la COVID–19. Esta capacitación fue reemplazada por talleres de ESRI y capacitaciones con el equipo SIG del SGC que tuvo el grupo de trabajo para el uso correcto y eficiente de ArcGIS.

Proyecto de Gestión ID 1001333 Investigaciones integrales del conocimiento geocientífico para la formulación de nuevos proyectos y apropiación social del conocimiento en geociencias básicas del territorio nacional.

Objetivo: Desarrollar la investigación integral del conocimiento geocientífico del territorio nacional.

Productos y entregables:

1. Fortalecer las líneas temáticas de investigación geocientífica de la Dirección Técnica de Geociencias Básicas.
2. Evaluar, integrar y consolidar el conocimiento geocientífico del territorio nacional.
3. Formular y desarrollar nuevos proyectos integrales de investigación geocientífica alineados con las políticas plasmadas en el Plan Nacional de Desarrollo.
4. Aumentar la generación de conocimiento geocientífico básico del territorio nacional a escalas más detalladas.
5. Favorecer la transferencia de conocimiento en las diferentes líneas temáticas de investigación geocientífica.
6. Integrar la información geocientífica de las diferentes líneas temáticas para generar nuevo conocimiento que apoye a las estrategias para el desarrollo de la Nación. Diseñar y desarrollar la estrategia de apropiación social del conocimiento en Geociencias.

Avances y logros:

Se determinaron los ciclos sedimentarios de segundo orden para las cuencas VMM, Llanos, Caguán – Putumayo, y del Caribe. Se definieron y seleccionaron las transectas para su interpretación. Interpretación de las secciones sísmicas cargadas. Amarre con pozos cargados. Se revisaron tablas con topes de las formaciones para definición de la continuidad de las secuencias sedimentarias. Se realizaron interpretaciones geológico-estructurales. Se realiza la flatenización (aplanamiento) a una superficie de interés (Mioceno) previamente definida en los ciclos sedimentarios. Se interpretan los eventos tectónicos en relación a las zonas productivas en secciones tectónico-estructurales.

Algunos de los pozos seleccionados no presentan la suficiente información para realizar los amarres a las secciones sísmicas (p.ej., datos de velocidad). Las respuestas a las solicitudes de información al BIP (EPIS) han tomado tiempo. La conexión de acceso remoto se hace lenta en algunos momentos del día, y a veces es inestable. La interpretación es demorada en las actuales condiciones. Los equipos de trabajo personales (portátiles) no son los más adecuados para el desarrollo de las labores de interpretación, teniendo en cuenta el tamaño de las pantallas. Es necesario hacer correcciones de ángulo en algunas estructuras debido a la dirección de las secciones sísmicas

Proyecto de Gestión ID 1001278: Modelo Tectónico de Colombia - Mapa Nacional

Objetivo: Establecer la evolución temporal de la deformación pre, sin y post- relacionada con la orogenia Andina (35-10 Ma) para Colombia, basado en el análisis de datos de estructuras reactivadas, neoformadas y la distribución de volúmenes.

Productos y entregables:

1. Realizar el Modelo Geodinámico del territorio colombiano.
2. Proporcionar la evolución tectónica de Colombia.
3. Suministrar la base tectónica para apoyar la toma de decisiones para el planeamiento de los programas de exploración de recursos hidrocarburíferos, geotérmicos, hídricos y minerales.
4. Definir estilos estructurales y su jerarquización en el territorio nacional.

Avances y logros: Incorporación tercera dimensión Mapa Tectónico de Colombia. Definición de ciclos sedimentarios de primer orden: Visión que relaciona los procesos de evolución continental, incluyendo aglomeración y separación de masas continentales. Integra la secuencialidad de los procesos registrados en las sucesiones sedimentarias. Secciones de correlación tectonoestratigráfica cuencas sedimentarias Llanos, Caguán-Putumayo, Valle Medio del Magdalena. Información sísmica y de pozos. Integración de ciclos sedimentarios e interpretación sísmica. Incorporación de información sísmica y de pozos. Proyectos Regionales Base de Sísmica y Pozos, Proyecto Caribe-Cuenca Colombia, Proyecto Caribe-Cuenca Urabá. Evolución Tectónica de Colombia: Análisis espacio-temporal, Mapas metamórfico y de granitoides versión 2020 (preliminares).

Se someten tres documentos a la Revista Boletín Geológico del SGC. Se presentan dos trabajos en la III Cumbre de Petróleo y Gas. Se presenta un trabajo en el Simposio The Geology of Colombia.

Nuevas solicitudes al BIP (EPIS) para complementar información sísmica y de pozos. Baja calidad de la información de sísmica y pozos antiguos. La conexión de acceso remoto se hace lenta en algunos momentos del día, y a veces es inestable. Dificultades con el ArcGis en el acceso remoto.

Proyecto de Gestión ID 1001273: Exploración de Aguas Subterráneas Acuíferos Estratégicos

Objetivo: Identificar el potencial de aguas de aguas subterráneas de sistemas acuíferos priorizados en área estratégicos del país.

Productos y entregables: Formular los modelos hidrogeológicos conceptuales de sistemas acuíferos estratégicos en el Valle Medio del Magdalena

Avances y logros: Documento Modelo Hidrogeológico Conceptual del Valle Medio del Magdalena - VMM. Planchas 108 y 119. Puerto Wilches, Barrancabermeja, Sabana de Torres y San Vicente de Chucurí. Versión 1 año 2019. Informes de perforación de los pozos de SGC Yopal 2 (Corregimiento Punto Nuevo) y SGC Yopal 3 (Corregimiento de Tilodiran), municipio de Yopal. Caracterización hidrolitológica de una zona localizada sobre las planchas geológicas 85-Simití y 86-Ábrego en el sur del departamento del Cesar, con información secundaria. Mapa de localización de perfiles geoeléctricos. Diagrama de vallas de perfiles geoeléctricos en el área al sur del Cesar. Geometría de formaciones acuíferas sur del Cesar – Información EPIS. Evaluación hidrogeoquímica e Isotópica para MHC.

Análisis de datos isotópicos obtenidos de la GNIP (Global Network of Isotopes in Precipitation) para Colombia (878 resultados de 26 estaciones en el país, con datos entre 1971 y 2018). Se logró la determinación del gradiente isotópico para Colombia y la identificación de posibles zonas de recarga de agua subterránea en el municipio Maní. Previamente, y en relación con el MHC de Maní (Casanare), se culminó el informe del análisis isotópico. Análisis y evaluación de datos hidroquímicos de muestras en el departamento de Boyacá. Evaluación de la Recarga Potencial para el Modelo Hidrogeológico Conceptual de Maní – Casanare, para el sur del Cesar, como resultado de la evaluación de recarga potencial para el Modelo Hidrogeológico Conceptual del Sur del Cesar.

Formulación de Modelos Hidrogeológicos Conceptuales para los PPII. Inicio de actividades perforación en tres (3) de los seis (6) pozos de Santa Marta, según contrato 427 de 2020 entre el SGC y Luís Antonio Luna Torres. Se cumplió con la etapa que condujo a la conformación de la lista limitada del proceso SGC CD-013-2020 (perforación de pozos en Maní. Versión preliminar del Mapa hidrogeológico de Colombia a escala 1:2M. Actualización del inventario de puntos de aguas subterránea con información histórica del SGC. Procedimientos y Guías en Aguas Subterráneas: Geología para hidrogeología, Evaluación geofísica, Inventario de agua subterránea, Evaluación hidráulica, Evaluación hidrogeoquímica e isotópico, Levantamiento de columnas de perforaciones exploratorias, Generación de modelos hidrogeológicos conceptuales. Apoyo técnico a entidades (Mesas de trabajo con IDEAM, MADS, apoyo técnico a MVCT, ANH).

Cumplida la etapa inicial que condujo a la conformación de la lista limitada del proceso SGC CD-013-2020 (perforación de pozos en Maní), se requerirá contar con la aprobación de rubros presupuestales con recursos de regalías, solicitados a través de vigencias futuras, por parte del SGC al Ministerio de Hacienda, lo que habilitaría culminar el proceso, mediante la solicitud de la propuesta económica a las empresas aprobadas. Ha sido difícil gestionar los tres (3) permisos exploratorios faltantes para los pozos SGC STA 4, SGC STA 5 y SGC STA 6; a pesar de la presencia en campo de contratistas del grupo de aguas subterráneas, que apoyan la gestión de estos. El Departamento Administrativo Distrital de Sostenibilidad Ambiental del Distrito Turístico de Santa Marta-DADSA supedita la decisión de aprobación de los permisos a la consulta y aprobación de otros entes como la Alcaldía de Santa Marta y algunas de sus secretarías, sin respuestas oportunas por parte de estas, situación que afecta el desarrollo y ejecución final del proyecto, de acuerdo con los tiempos previstos. Los datos de los análisis fisicoquímicos de la zona norte del Cesar (PPII), obtenidos de otras entidades, no son confiables ni representativos. En la generación de MHC de Proyectos Piloto Integrales de Investigación – PPII, las actividades de evaluación geológica, evaluación geofísica, inventario de puntos de agua, evaluación hidráulica, evaluación hidrogeoquímica e isotópica, y la formulación de modelo hidrogeológico conceptual, se han visto perjudicadas ante la postergación indefinida de las actividades de campo

Proyecto de Gestión ID 1000716: Perforaciones de Gradiente Térmico En Paipa

Objetivo: Perforar agujeros con profundidad máxima de 500 m para obtener gradientes de temperatura, recuperación total de núcleos y registros físicos. Confirmar la anomalía térmica del área geotérmica. Validar el modelo geológico hasta la profundidad de perforación. Realizar investigaciones geológicas y geofísicas del subsuelo del área geotérmica a partir de muestras de núcleos y registros físicos adquiridos. Generar un nuevo insumo con información del subsuelo para actualizar el modelo geológico 3D.

Productos y entregables: Confirmar la anomalía geotérmica del área geotérmica. Validar el modelo geológico hasta la profundidad de perforación. Realizar investigaciones geológicas y geofísicas del subsuelo del área geotérmica a partir de muestras de núcleos y registros físicos adquiridos

Avances y logros: Procesos de contratación directa de dos perforaciones de gradiente térmico y conocimiento geológico y concurso de méritos abierto para la interventoría integral. Avances en la perforación del primer agujero en la vereda El Salitre-Sector San José, suroccidente del municipio de Paipa.

Proyecto de Gestión ID 1001176: Investigación Geotérmica de Colombia

Objetivo: Dar continuidad a los trabajos de geofísica y complementar el estudio geológico del área y realizar actividades de exploración en las áreas geotérmicas del Nevado del Ruiz, Paramillo de Santa Rosa y Cerro Machín.

Productos y entregables:

1. Ampliar la cobertura de investigación y exploración geotérmica al territorio colombiano.

Avances y logros: Estudio de geología estructural y alteración hidrotermal del área geotérmica de Cerro Machín. Estudio de geología estructural y alteración hidrotermal del área geotérmica del Paramillo de Santa Rosa. Estudio de geoquímica e isotopía de fluidos del área geotérmica de Paipa. Estudio de geoquímica e isotopía de fluidos del área geotérmica de Paipa. Estudio geofísico de campos potenciales del área geotérmica de Cerro Machín. Estudio geofísico de campos potenciales del área geotérmica de San Diego. Estudio magnetotelúrico del área geotérmica de Cerro Machín. Estudio magnetotelúrico del área geotérmica de San Diego. Modelo geológico 3D del área geotérmica del volcán Azufra. Modelo conceptual descriptivo del área geotérmica del volcán Azufra. Estimación preliminar del potencial energético de los recursos geotérmicos hidrotermales. Preparación de borradores de artículos para difusión científica: Modelo magnetotelúrico del área geotérmica de Cerro Machín, Modelo magnetotelúrico 3D del área geotérmica del volcán Azufra, Geoquímica de fluidos del área geotérmica de Paipa, Geoquímica de fluidos del área geotérmica del volcán Azufra y, Estimación del potencial energético de los recursos geotérmicos de Colombia.

Revisión técnica para selección de nueva área de exploración: volcán Cerro Bravo. Informes de avance de estudios geofísicos (campos potenciales y magnetotelúrica en el área Nereidas-Botero Londoño del Nevado del Ruiz). Informe de avance de estudio de radón en aire del suelo en el área geotérmica de San Diego. Informes de avances en estudio geoquímico e isotópico de fluidos en las áreas geotérmicas de San Diego, Cerro Machín y Santa Rosa. Avances en procesamiento de información magnética aerotransportada de las áreas geotérmicas de San Diego y Cerro Machín. Avances en compilación y organización de información registros físicos y temperatura, de pozos de las cuencas sedimentarias de Llanos Orientales y Caguan Putumayo. Asesorías para el mejoramiento de la infraestructura de investigación geotérmica en sismología, modelación de campos potenciales 3D y play fairway analysis aplicado a la investigación geotérmica. Avances en implementación de metodologías complementarias (sismología y gases difusos en aire del suelo) para la investigación geotérmica.

Socialización: el blanco seleccionado para el agujero Paipa-AGT-02, está propuesto en un predio de la Gobernación. Aunque se cuenta con el permiso escrito actualizado varias veces por la Gobernación, algunos miembros de la comunidad residente en la vereda a la cual pertenece el predio (Quebrada Honda), se oponen al proyecto. Se canceló la primera reunión del perforista con la comunidad por decisión del alcalde. Posteriormente, la reunión se llevó a cabo con el Personero en representación de la Alcaldía, pero no hubo acuerdo favorable a la ejecución del proyecto. El Personero, al igual que el alcalde en su momento, expresó estar de acuerdo con el proyecto y no temer a daños ambientales. Ante las dudas de la comunidad se acordó que prepararían un cuestionario con el fin de despejar dudas y tomar una decisión informada. Se recuerda que el SGC ha socializado el proyecto de perforaciones desde 2017.

Aspectos técnicos de las perforaciones: retrasos en los registros físicos y el entubado del primer tramo de la perforación Paipa-AGT-01, por retrasos en el traslado del equipo de registros y la tubería.

Proyecto ID 1000676: Mapa geológico del Complejo Volcánico Galeras

Objetivo: Elaborar el mapa geológico del área asociada al Complejo Volcánico Galeras (CVG) y establecer su historia eruptiva.

Productos y entregables:

1. Determinar los rasgos geomorfológicos y vulcanológicos del CVG.
2. Establecer las diferentes unidades litoestratigráficas que conforman al CVG, y su respectiva correlación estratigráfica relativa.
3. Caracterizar petrográfica y geoquímicamente las unidades litoestratigráficas del CVG. Definir la historia eruptiva y las variaciones del comportamiento eruptivo del CVG.

Avances y logros: Se culminó la elaboración de columnas estratigráficas simples de las estaciones en las que hay muestras con datación por ¹⁴C. Se organizó la estructura de la geodatabase actualizando objetos geográficos, atributos y relaciones. Se culminó el proceso de actualización y ajuste a 2020 de la información temática y alfanumérica del proyecto Galeras en la geodatabase. Se actualizó la información almacenada en el Geovisor "GEOVOLCANES. Se realizaron ajustes y digitalización de los polígonos de las unidades litoestratigráficas y leyenda del mapa geológico del CVG versión 2020, con base en la revisión estratigráfica realizada a partir de las dataciones de 14C. Se realizó el filtrado de la información estructural para ajustes a fallas y lineamientos geológicos. Todo está consignado en el informe "Geología y estratigrafía del Complejo volcánico Galeras" versión de avance 2020.

Retos: Recibir la totalidad de las dataciones de Carbono Catorce (^{14}C) del Contrato 854 de 2019, entre el SGC y la Universidad de Zúrich. Se recibieron resultados no solo para nuestro proyecto del Galeras sino también de Tectónica, de Vulcanismo del NE de Caldas y de otros dos grupos de la Dirección de Geoamenazas. Esta información es de gran importancia para conocer edades de ocurrencia de erupciones volcánicas y de sismos o eventos tectónicos en Colombia. Adelantar el análisis petrográfico debido a que la sala de microscopios de petrografía del SGC estuvo cerrada, pero cumpliendo con protocolos de bioseguridad, se pudo continuar. Elaboración y digitalización de unidades geomorfológicas y rasgos asociados a diferentes ambientes morfogenéticos de CVG.

Se realizó prórroga por 4 meses (hasta febrero de 2021) del Contrato para las dataciones Ar-Ar con el Laboratorio de Geocronología de Argón de la Universidad Vrije de Ámsterdam, debido a retrasos generados por causa de la emergencia del COVID-19 (cierre del laboratorio y del reactor nuclear de Oregón (USA)). A octubre 31 de 2020 no se ha recibido la primera tanda de resultados de este contrato, esta información geocronológica es importante para la generación de los productos del proyecto. El retraso en la recepción de algunos de los resultados de análisis de laboratorio (litogeoquímica, componente, secciones delgadas y dataciones) continúan afectando el avance de algunas tareas del proyecto. No se pudo acceder a la Sala de Petrografía antes del mes de octubre de 2020 dadas las dificultades de acceso generadas por la emergencia sanitaria del COVID-19, lo cual ha retrasado el procesamiento de muestras y análisis de resultados. Una vez se retomadas estas actividades en el mes citado, el ingreso al laboratorio y la frecuencia de acceso al mismo está limitada de acuerdo con los protocolos de bioseguridad del SGC (distanciamiento social).

Proyecto ID 1001386: Investigación metodológica para la elaboración del estándar en cartografía geológica en ambientes volcánicos.

Objetivo: Elaborar una guía metodológica de estándares para cartografía geológica en áreas volcánicas y para levantamiento estratigráfico de depósitos de origen volcánico. Fomentar la apropiación social del conocimiento mediante la difusión de los productos y resultados obtenidos por el GGV, a través de publicaciones científicas o de divulgación.

Productos y entregables:

1. Validar y ajustar de la “Guía de Estándares para Cartografía Geológica de Volcanes Colombianos”, que puede ser aplicada a mapas de diferentes escalas, y que incluye: conceptos de clasificación utilizados para describir depósitos volcánicos, catálogo de objetos, geodatabase y salidas gráficas de mapas geológicos.
2. Realizar propuestas de otras guías de estándares que necesita emplear el Grupo de geología de volcanes (columnas estratigráficas, nomenclaturas de estaciones de campo, de fotografías tomadas en campo, muestras, etc.).
3. Preparar publicaciones de tipo tanto académico como de divulgación, derivadas de los trabajos e investigaciones que realiza el GGV.
4. Actualizar la documentación interna (guías, procedimientos, instructivos, formatos) para la adquisición, almacenamiento y presentación de información de campo y de laboratorio, derivada del trabajo realizado por el GGV.

Avances y logros: Se finalizó la nueva versión del instructivo para la digitalización y aplicación del estándar de representación de columnas estratigráficas en ambientes volcánicos, con sus respectivos anexos, la cual se encuentra en fase de revisión con la última versión estandarizada de la plantilla de columnas estratigráficas. Elaboración de dos documentos de propuestas editoriales sobre volcanes colombianos. Sometimiento a revistas científicas indexadas de diferentes manuscritos. Revisión final de tres capítulos publicados en el libro *"The Geology of Colombia"* y su respectiva presentación en el simposio *"The Geology of Colombia"* en noviembre 2020:

Retos: Someter mínimo dos artículos científicos a revistas especializadas de alto impacto. Entregar al Comité Editorial del SGC, el documento "Estándares geográficos para geología de volcanes colombianos".

Retrasos menores durante el periodo de cuarentena debido a dificultades de acceso que se encuentran en los repositorios del servidor institucional. Ausencia del reemplazo de un funcionario del grupo que se trasladó a otro grupo interno de trabajo desde hace 8 meses.

Proyecto ID 1000702: Modelamiento petrogenético volcán Doña Juana

Objetivo: Elaborar el modelamiento petrogenético del sistema de bombeo magmático del Complejo Volcánico Doña Juana (CVDJ), con base en la investigación de la geoquímica de sus productos y la determinación de condiciones fisicoquímicas que hayan controlado sus erupciones. Adicionalmente se busca contribuir con la apropiación social del conocimiento geológico sobre el volcán Doña Juana.

Productos y entregables: Contribuir con la apropiación social del conocimiento geológico sobre el volcán Doña Juana.

Avances y logros: Se terminó la sistematización, el procesamiento y la interpretación preliminar de los datos de geoquímica (elementos mayores y elementos traza) de roca total de muestras representativas del Complejo volcánico Doña Juana (CVDJ). Se terminó el análisis petrográfico de las muestras representativas del CVDJ. Se avanzó sistematización y organización de los resultados obtenidos del análisis químico de minerales (feldespatos, anfíboles, piroxenos y óxidos) en microsonda electrónica de la Universidad Complutense de Madrid (España), sobre secciones delgadas pulidas de las muestras representativas del CVDJ. Se avanzó en el procesamiento de algunos de los resultados del análisis químico de minerales obtenidos, con microsonda electrónica, hasta el momento. Elaboración del reporte de avance en la interpretación de datos geoquímicos de roca total de las muestras representativas del CVDJ. Para compensar el efecto acumulado del retraso en algunas actividades de este proyecto. Se ha adelantado una actividad en la que consiste en la preparación y revisión de dos nuevos manuscritos, para revista indexada: *"Decoding effusive/explosive transitions in the Holocene to Recent activity of Doña Juana dacitic volcano (Colombia)"* y *"Structurally controlled volcanic edifices within a strike-slip tectonics in the Northern Andes: Doña Juana Volcanic Complex study case"*.

Retos: Finalización de la sistematización y procesamiento de los datos geoquímicos de roca total de muestras representativas del CVDJ. Culminación de análisis petrográfico de muestras representativas del CVDJ. Preparación de "nuevos" manuscritos (compensatorio por atraso en otras actividades, debido a la pandemia del Covid-19):

El avance del proyecto se ha visto afectado por el efecto acumulado del retraso en algunas de las actividades, debido a diversas circunstancias ajenas a la voluntad de los participantes (nacionales e internacionales) *, entre ellas la problemática asociada a la contingencia relacionada con la crisis del COVID-19. Las actividades afectadas han sido: Procesamiento e interpretación de datos de química puntual obtenidos en el análisis de minerales y vidrio con microsonda electrónica. Análisis petrográfico de muestras representativas del CVDJ

Proyecto ID 1000754: Caracterización del vulcanismo del NE de Caldas

Descripción: Caracterización del vulcanismo del NE de Caldas y su relación con el vulcanismo activo del segmento norte de la cordillera Central. Caracterizar el vulcanismo, del NE del departamento de Caldas, desplazado del eje de la cordillera Central, mediante la identificación de productos asociados, edad distribución.

Objetivo: El estudio geológico - petrológico integrado propuesto para el vulcanismo en el segmento volcánico Norte de la Cordillera Central, dará claves importantes sobre el estilo eruptivo, origen y la evolución temporal del magmatismo en el ZVNA. Conocer si los volcanes identificados presentan actividad reciente que indiquen que puedan tener erupciones en el futuro.

Productos y entregables:

1. Generar conocimiento sobre vulcanismo monogenético y transicional en el territorio.
2. Complementar el conocimiento de la evolución geológica del territorio.
3. Identificar el foco eruptivo que dio lugar a la erupción pliniana – ultrapliniana (?) “Caballuna” y su relación en el contexto del vulcanismo del NE de Caldas.

Avances y logros: Cartografía de domos y depósitos del Complejo Volcánico de Guadalupe. Identificación de tres posibles nuevas y estructuras del área. Estructuras volcánicas en el área (dos de ellas a verificar en campo). La obtención de resultados de dataciones permitió la actualización de la tefro-estratigrafía.

En la interpretación de información y datos, incluyendo dataciones y petrografía recientemente obtenidas, se ve la necesidad de hacer unas revisiones puntuales en campo para la redacción final del Informe del Complejo de Domos de Guadalupe. La dificultad que representa el trabajo virtual sin el acceso a las herramientas y suplementos para una eficaz interpretación y consolidación de resultados.

Proyecto de Gestión ID 1000768. Cartografía del borde occidental de la Plancha 146 – Medellín Occidental a escala 1:50.000

Objetivo: Cartografiar el borde occidental de la plancha 166 Jericó a una escala 1:50.000 y describir en un informe final las características de las unidades geológicas y estructuras en el área de estudio.

Productos y entregables:

1. Realizar la cartografía geológica de las planchas 166-I y 166-III a escala 1: 50.000 de acuerdo con los estándares establecidos por el Servicio Geológico Colombiano.
2. Hacer la memoria final explicativa de acuerdo con los estándares establecidos por el Servicio Geológico Colombiano

Logros: Se oficializó el informe con anexos y se hizo el cierre en la plataforma Plan View

Proyecto de Gestión ID 1001016: Cartografía del Borde Occidental de la plancha 166, escala 1:50.000

Objetivo: Cartografiar el borde occidental de la plancha 166 Jericó a una escala 1:50.000 y describir en un informe final las características de las unidades geológicas y estructuras en el área de estudio.

Productos y entregables:

1. Realizar la cartografía geológica de las planchas 166-I y 166-III a escala 1: 50.000 de acuerdo con los estándares establecidos por el Servicio Geológico Colombiano.
2. Hacer la memoria explicativa final de acuerdo con los estándares establecidos por el SGC.

Avances y logros: Análisis petrográfico de todas las secciones delgadas entregadas. Elaboración de cartografía geológica preliminar a partir de análisis de estudios anteriores, fotogeología, campo y análisis de laboratorio disponibles a la fecha y su respectivo mapa digital. Descripción de las unidades geológicas del capítulo de estratigrafía hasta la sección de petrografía. Informe final avance en un 90%.

No se han recibido los resultados del laboratorio de Geocronología y Litogeoquímica y están pendientes la entrega de las secciones delgadas de la última comisión hecha en el 2019. No se ha podido ejecutar la última comisión programada.

Proyecto de Gestión ID 1001274: Ortoneises de la Cordillera Central

Objetivo: Realizar el estudio y caracterización petrográfica, litogeoquímica, química mineral y geocronología de los ortoneises de la Cordillera Central desde los límites con el vecino país del Ecuador hasta el norte de la Cordillera Central en Antioquia.

Productos y entregables: Realizar el estudio petrográfico, geoquímico y geocronológico de 10 ortoneises, hacer el muestreo geológico a 10 ortoneises.

Avances y logros: Elaboración de los catálogos estratigráficos: Neis Horizontes, Granito gnésico de Palmitas, Neis de Abejorral, Neis del Alto de Minas, Neis de Río Verde, Neis de Samaná, Neis de Naranjales, Neis de Padua, Neis de Manizales y San Félix, Neis de Chinchiná, elaboración de mapas, se terminó de corregir los contactos de los Neises y Anfibolitas de Tierradentro y se digitaliza la versión actualizada de la plancha 226. Entrega de resultados por laboratorios No se ha recibido ningún resultado de los laboratorios de las muestras enviadas hasta la fecha. Se suspendieron las comisiones del año.

Proyecto de Gestión ID 1001286: Estrategias de geoconservación en el territorio

Objetivo: Desarrollar conocimiento sobre el patrimonio geológico y paleontológico del país por medio de investigaciones que permitan el reconocimiento, puesta en valor y desarrollo de metodologías y procedimientos que deriven en su conservación y apropiación social y por lo tanto la implementación del sistema de gestión integral del Patrimonio Geológico y Paleontológico de la nación establecido mediante el Decreto 1353 del 31 de 2018.

Productos y entregables:

1. Definir la metodología para la identificación de los lugares de interés geológico, a partir de criterios representativos de la historia geológica de Colombia.
2. Definir un protocolo de levantamiento de la información para el inventario de patrimonio geológico y paleontológico mueble e inmueble.
3. Desarrollar y evaluar las metodologías de valoración del patrimonio geológico y paleontológico mueble e inmueble.
4. Definir las bases conceptuales y lineamientos para el establecimiento de Planes de Manejo y Protección para patrimonio geológico paleontológico mueble e inmueble.
5. Implementar una geodatabase para captura, almacenamiento y visualización de la información del INGEP.
6. Desarrollar los marcos de referencia, categorización y procedimientos para la declaratoria de bienes de interés geológico y paleontológico inmueble y declaratoria de Zonas de Protección Patrimonial Geológica y Paleontológica.
7. Caracterización científica y patrimonial del Lagerstätte del Cretácico Inferior de la Provincia del Alto Ricaurte como caso de estudio en la implementación de estas metodologías.

Avances y logros: Guías metodológicas de identificación y valoración mueble en inmueble. La producción de las rutas metodológicas que nos permitirán identificar el patrimonio geológico y paleontológico a partir de procesos sistemáticos y transparentes que permitan la interacción con la ciudadanía, también incluye los procesos a seguir para reconocer la importancia de los sitios o colecciones identificadas a nivel nacional de acuerdo con el grado de conocimiento existente que a su vez promueva su estudio y de esta manera su conservación. Así realizamos la implementación del Decreto 1353/2018.

Lineamientos para la declaratoria de las zonas de protección, construcción y diseño de los marcos de referencia a utilizar para analizar integralmente un yacimiento paleontológico del sur del Alto Ricaurte de relevancia internacional y proponerlos como una Zona de Protección Patrimonial Paleontológica, con el propósito de resaltar y divulgar su valor geocientífico, así como la relación de este yacimiento paleontológico con su entorno social y cultural en una de las regiones más turísticas de Colombia.

Documento de investigación del Alto Ricaurte, Publicación del artículo científico Plesiosaurs, Palaeoenvironments, and the Paja Formation Lagerstätte of Central Colombia: An Overview.

Retos: Aplicación del proceso diseñado en casos de estudio, lograr la declaratoria de la región del Sur del Alto Ricaurte, caracterizar geoquímicamente la secuencia sedimentaria de las Arcillolitas Abigarradas de la Formación paja en la región del Alto Ricaurte.

Proyecto de Gestión 1001495. Modernización de los servicios del Museo geológico e investigaciones asociadas a nivel nacional

Avances y logros: Documentos de lineamientos técnicos. El documento de “Bases conceptuales y metodológicas para el registro, inventario y catalogación de colecciones geológicas y paleontológicas”, que permitan la articulación del material existente en el Museo Geológico Nacional con un marco conceptual que establezca los parámetros del levantamiento de inventario, registro y catalogación de colecciones, buscando así la normalización en el uso de la terminología relacionada con la documentación de colecciones geológicas y paleontológicas. El documento de bases conceptuales y metodológicas para los planes de manejo de colecciones geológicas, se ha definido el objetivo y las líneas base de lo que se propone conformar como el Plan de Acción para el Manejo de Colecciones Geológicas y Paleontológicas de Colombia, teniendo en cuenta la relación de dichos planes con aquellos requeridos para las zonas de protección contempladas en el Decreto 1353 de 2018.

Servicios de geoconservación al patrimonio geológico mueble e inmueble. Posicionamiento como ente rector del patrimonio geológico y paleontológico: Comisión Intersectorial del Patrimonio Mundial - Decreto 1464 de 2016. Convenio de Cooperación 2990-1/17 para prevenir y contrarrestar el tráfico ilícito de Bienes Culturales. Comité Colombiano de Geoparques ad hoc 2019. Consejo Nacional de Patrimonio Cultural, Decreto 2358 de 2019.

Retos: para ver su aplicabilidad a nivel nacional y lograr la declaratoria de la región del Sur del Alto Ricaurte. Desarrollo las figuras de Patrimonio Mundial y Geoparques de la UNESCO: Iniciativa Geoparques Volcán del Ruíz, Cañón del Chicamocha, Zanquenzipa, “El Chambú – La Cocha”, así como Patrimonio Mundial de la Sierra Nevada de Santa Marta.

Proyecto de Gestión id 1001307: Investigaciones geológicas y paleontológicas del territorio nacional.

Objetivo: Realizar investigaciones a partir de las colecciones geológicas y paleontológicas del SGC para promover la generación de conocimiento geocientífico a partir la divulgación científica mediante diferentes estrategias para la promoción y protección del patrimonio geológico y paleontológico.

Productos y entregables:

1. Establecer diferentes lineamientos que permitan la organización, identificación y protección de las colecciones del museo.
2. Gestionar el patrimonio geológico y paleontológico para la protección e investigación, así como la aplicación de buenas prácticas de conservación.
3. Apropiar el patrimonio geológico y paleontológico para la generación de conocimiento geocientífico.
4. Establecer escenarios geocientíficos que estimulen la interacción con conocimientos geológicos y paleontológicos.

Avances y logros: Políticas de manejo de colecciones. Las políticas son un instrumento que guía los procesos de desarrollo de en él se encuentran integrados los objetivos de la institución y las necesidades informativas de los usuarios. Las políticas establecen las directrices que permitan un uso racional del presupuesto y los programas a llevar a cabo en los procesos del desarrollo de colecciones e investigación posicionando al SGC como referente a nivel nacional a través del fomento de las mejores prácticas en museología y dará la línea base para el manejo de las colecciones geológicas a nivel nacional.

Documento de estrategias educativas y divulgativas, la enseñanza y transmisión de conocimiento son unas de las labores más importantes de los museos, en este producto demostramos como inclusive desde la virtualidad podemos dar alcance a los públicos de manera estrecha por medio de la realización de talleres y juegos mediante plataformas electrónicas e inspirar a los más pequeños por las ciencias naturales. Realizamos los talleres sobre la amenaza geológica y los volcanes. Fue aceptado por el Comité Editorial del SGC y está en procesos de revisión de pares.

Retos: Su implementación y alcance a nivel nacional. Reconocer más y diversas estrategias de transmisión del conocimiento desde los museos

3.5 FORTALECIMIENTO DE LA CAPACIDAD INSTITUCIONAL EN LA ADQUISICIÓN DE EQUIPOS DE ALTA TECNOLOGÍA DIRECCIÓN DE GEOCIENCIAS BÁSICAS

La Dirección de Geociencias Básicas con el fin de fortalecer la capacidad investigativa del SGC, para ofrecer, procesar e integrar la información con tecnologías innovadoras, ampliar la oferta de técnicas analíticas integradas a la ejecución de los proyectos, consolidar y organizar la información en los repositorios, mejorar el conocimiento del subsuelo del territorio nacional, realizar modelos geodinámicos, integrar la información gravimétrica con la interpretación de la información base para la elaboración de los mapas geológicos, de estructuras mayores y de estructuras neoformadas, decidió adquirir equipos de investigación de alta tecnología, que están a la vanguardia a nivel mundial.

Los beneficios en esta adquisición permitirán garantizar que a mediano plazo: se mejore el tiempo de ejecución de los proyectos, se disminuya los costos de ejecución de los proyectos debido a la, entrega oportuna de los resultados, se mejore la calidad de la interpretación que estaría acorde a los estándares de investigación internacionales, se mejore la calidad de los productos institucionales en el sentido que los datos de estas investigaciones serán de alta confiabilidad, se pueda generar publicaciones indexadas en revistas de alto nivel científico y alto impacto internacional.

EQUIPOS	APLICACIONES	COSTOS \$
Microscopio triocular motorizado y sistemas automatizados para digitalización láminas petrográficas	Permitirá tener imágenes de secciones delgadas completas para el análisis de la misma, en las cuales se pueda evaluar la micro textura y la estructura de las rocas o características relevantes en estudios micropaleontológicos, mejorar la clasificación de las muestras analizadas. Adquisición de imágenes de alta resolución, con gran número de funciones básicas como visualización, realce, medición y documentación para una base de datos de colecciones petrográficas y bioestratigráficas.	1.457.816.640
Sistema ICP-MS (espectrómetro de masas con plasma de acoplamiento inductivo).	Equipo para la preparación de muestras en análisis litogeoquímicos.	1.737.436.485
Equipos de microscopía óptica	Identificar y trabajar con minerales y rocas Clasificación y descripción de rocas, mediante su caracterización de las propiedades texturales y composicionales.	1.041.476.606
Microsonda electrónica de emisión de campo. Espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo - ICP-M y equipos complementarios	Realizar análisis para conocer la composición química de las fases minerales que componen las rocas. Identificación o confirmación de fases minerales desconocidas o de difícil determinación por otros métodos (petrografía), petrogénesis de rocas, composición mineralógica, etc.	5.249.500.000
Equipos de magnetotelúrica PHOENIX MTU-5C	Refinar la interpretación sísmica y la identificación de controles de entrapamiento de fluidos. Obtener mapas y perfiles de resistividad de alta resolución	857.204.940
Tres (3) Gravímetros Terrestres CG-6 AUTOGRAV DE MARCA SCINTREX	Toma de datos gravimétricos	1.750.014.000

EQUIPOS	APLICACIONES	COSTOS \$
Diez (10) equipos medidores de propiedades físicas (Susceptibilidad Magnética, Conductividad eléctrica y densidad)	Permite detectar las discontinuidades existentes en el subsuelo que generan anomalías locales del campo magnético, inclusive si estas se encuentran bajo otros cuerpos, por este motivo la aplicación de este método a estas frecuencias de operación, puede ser aplicado para la localización de zonas mineralizadas, mide la densidad de una muestra de roca pesándola en el agua y en el aire.	150.416.000
Magnetómetros de precisión de protones.	Para los grupos de Evaluación y Monitoreo de actividad volcánica y Exploración de Recursos Geotérmicos. Fortalece las capacidades del SGC para la realización de modelos geodinámicos.	82.000.000
Fluxímetro portátil para la medición de gases difusos como el dióxido de carbono (CO ₂), metano (CH ₄) y sulfuro de hidrógeno (H ₂ S) en suelo,	Generación de conocimiento geocientífico sobre sistemas geotérmicos, evaluación de zonas distensivas de la corteza por fallamiento activo y para la caracterización integral de manantiales termales.	165.158.200
(2) licencias Petrel Geophysics Core (1) licencia de Studio Manager para SQL server. Licencias de Oasis Montaj y de la herramienta VOXI earth modelling de Geosoft y de (03) extensiones para tres licencias existentes.	Renovación y mantenimiento (soporte y actualizaciones. Gestionar el conocimiento geológico para promover su uso con propósitos de ciencia y tecnología e innovación.	1.229.667.961
Software de fotogrametría y procesamiento digital de imágenes	Sala Geomática fundamentada en la implementación y aplicación de modernas tecnologías geospaciales, mejoramientos de mapas, modelos e informes mediante el análisis y gestión de la información.	414.523.243

EQUIPOS	APLICACIONES	COSTOS \$
Licencias de AutoCAD y de la Suite Adobe tales como, Adobe Acrobat Pro DC, Adobe Illustrator CC, Adobe Creative Cloud y Adobe Stock,	Fortalecimiento de la capacidad institucional	191.870.531
Equipos tecnológicos y periféricos	Apoyar la divulgación del conocimiento Geocientífico del Servicio Geológico Colombiano.	712.692.433
(1) escáner láser 3D de FARO Focus S 150, GPS, GLONASS, brújula, altímetro y barómetro integrados. Cámara integrada de 165 megapíxeles con HDR	Digitalización de alta calidad y a gran escala de material fósil, yacimientos y sitios que hagan parte del patrimonio geológico y paleontológico del País, tendiente a cumplir con los objetivos del Grupo de trabajo Museo Geológico e Investigaciones Asociadas del SGC.	408.900.590

4. Generación del conocimiento geocientífico en materia de Hidrocarburos.

4.1 Introducción

Esta área de conocimiento del Servicio Geológico Colombiano (SGC) se encarga de generar modelos de recursos de hidrocarburos, estimando su potencial en el subsuelo colombiano, así como realizar la evaluación de cuencas, con el fin de mejorar el conocimiento de éstas en el país.

Algunas de las actividades que se desarrollan, consiste en identificar la posible distribución de reservorios en zonas como San Jacinto y Sinú, realizando cartografía geológica, interpretación sísmica, análisis petrofísicos, estratigráficos y otros; realizar la interpretación sísmica del subsuelo para generar modelos y brindar apoyo a proyectos de otras áreas del SGC; aumentar el conocimiento de los sistemas petrolíferos en yacimientos no convencionales; y realizar la evaluación de la prospectividad en rocas de edad paleozoico.

4.2. Objetivos y funciones del área de conocimiento

Objetivo General

- Aumentar los niveles de producción de conocimiento geocientífico en materia de hidrocarburos.

Objetivos Específicos:

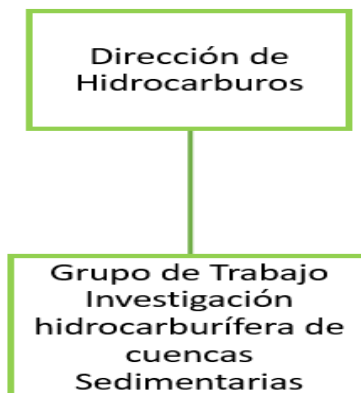
- Facilitar la elaboración y validación de estudios y modelos aplicados para la identificación de zonas potenciales de hidrocarburos.
- Fortalecer las capacidades de investigación especializada sobre el potencial de hidrocarburos en el territorio.

Funciones

- Dentro de las diversas funciones realizadas por ésta área del conocimiento, se destaca:
- La integración de información de diferentes áreas de la geología, cuya finalidad es la de realizar estudios tendientes a estimar el potencial hidrocarburífero existente en el territorio colombiano.
- Realizar investigación enfocada a identificar y comprender el comportamiento de los distintos sistemas petrolíferos existentes en cada cuenca sedimentaria.
- Generar modelos geológicos a nivel regional, con fundamento en la información adquirida del subsuelo.
- Caracterizar los reservorios de hidrocarburos mediante el análisis y la evaluación de diferentes áreas del conocimiento geocientífico, aplicando técnicas y metodologías basadas en principios geológicos.

4.3. Estructura funcional

La Dirección técnica de Hidrocarburos, cuenta con un grupo de trabajo, como se establece en la resolución No. D-249 de 2019, con la cual se conforman y se asignan funciones a los Grupos de trabajo del Servicio Geológico Colombiano.



- **Integrantes y tipo de vinculación**

La Dirección Técnica de Hidrocarburos (DTH) cuenta con siete (7) funcionarios vinculados de planta, los cuales se listan a continuación:

Ítem	Nombre Funcionario	Cargo - Grado
1	Virgilio Amaris I.	Profesional Especializado Grado 19
2	Juan Carlos Montaña	Profesional Especializado Grado 19
3	Juan Manuel Herrera	Profesional Especializado Grado 21
4	Oscar Arturo Romero B.	Profesional Especializado Grado 19
5	Mauricio Sandoval S.	Profesional Especializado Grado 19
6	Jazmín Escobar	
7	Humberto A. Fuenzalida E.	

Adicionalmente, para el desarrollo de los diferentes proyectos internos de gestión de la DTH se cuenta con apoyo de treinta (30) contratistas, bajo la modalidad de contratación de prestación de servicios, que se listan a continuación:

Ítem	Nombre Contratista	Profesión	Proyecto de Gestión
1	Vladimir Alexander Castro Hernández	Administrador Público	Interpretación de Subsuelo para Hidrocarburos
2	José Yazmani Losada Parra	Administrador Público	Interpretación de Subsuelo para Hidrocarburos
3	Luis Ernesto Ardila	Geólogo	
4	Karold Niz Velásquez	Geólogo	Interpretación del Subsuelo para Hidrocarburos
5	Camilo Fernando Dávila Gómez	Geólogo	YNC en Roca Generadora
6	Héctor Daniel Palma Castro	Geólogo	YNC en Roca Generadora
7	Edna Miled Niño Orozco	Geóloga	YNC en Roca Generadora
8	Alexandra Patricia Delgado Álvarez	Geóloga	YNC en Roca Generadora

Ítem	Nombre Contratista	Profesión	Proyecto de Gestión
9	Andrés Felipe Pastor Chacón	Geólogo	YNC en Roca Generadora
10	Germán Andrés Pardo Torres	Geólogo	YNC en Roca Generadora
11	Cristian David Benavides Cabra	Geólogo	YNC en Roca Generadora
12	John Rafael Ortiz Trujillo	Geólogo	YNC en Roca Generadora
13	Wilson Fernando Casallas Osorio	Geólogo	Distribución de Reservorios en San Jacinto & Sinú
14	Karen Lizeth Rodríguez Rodríguez	Ingeniera Catastral y Geodesta	Distribución de Reservorios en San Jacinto & Sinú
15	Luz Adriana Díaz Delgado	Geóloga	Distribución de Reservorios en San Jacinto & Sinú
16	María Himelda Murillo López	Geóloga	Distribución de Reservorios en San Jacinto & Sinú
17	Jorge Fabricio Combita Quigua	Geólogo	Distribución de Reservorios en San Jacinto & Sinú
18	Ana Milena Salazar Franco	Geóloga	Distribución de Reservorios en San Jacinto & Sinú
19	Yuly Paola Rivera Parra	Geóloga	Distribución de Reservorios en San Jacinto & Sinú
20	Nestor Arley Gamba Ruiz	Geólogo	Evaluación de Cuencas Gondwánicas Llanos-Putumayo
21	Alexander Piragua Alarcón	Geólogo	Evaluación de Cuencas Gondwánicas Llanos-Putumayo
22	Fanny Johanna Villamizar Meza	Geóloga	Evaluación de Cuencas Gondwánicas Llanos-Putumayo
23	Alicia Marcela Mayorga	Geóloga	Evaluación de Cuencas Gondwánicas Llanos-Putumayo
24	Hernando Mahecha Carreño	Geólogo	Evaluación de Cuencas Gondwánicas Llanos-Putumayo
25	Edgar Gilberto Arciniegas	Geólogo	Evaluación de Cuencas Gondwánicas Llanos-Putumayo
26	Hernando Dueñas	Geólogo	Evaluación de Cuencas Gondwánicas Llanos-Putumayo
27	Sara Enith Rengifo	Geóloga	YNC en Roca Generadora
28	Yuliana Ramírez	Geóloga	YNC en Roca Generadora
29	María Teresa Cantisano	Geóloga	YNC en Roca Generadora
30	Nehify Andrea Pablo Corredor	Geóloga	Interpretación del Subsuelo para Hidrocarburos

4.4.1. Objetivos propuestos vs. Avances de los proyectos con corte al 30 de noviembre de 2020

Con referencia a los proyectos del área de conocimiento de Hidrocarburos se desarrollaron las siguientes actividades, cuyos avances hasta el 30 de noviembre de 2020, se resumen a continuación:

Proyecto de Gestión ID 1001106: Evaluación de Cuencas Gondwánicas Llanos - Putumayo

Descripción del proyecto: Este objetivo fue la primera etapa del proyecto y se realizó en el año 2019, para ello, se buscó información en el Banco de Información Petrolera en informes entregados por varias compañías petroleras. Sobresalen estudios ejecutados por Ecopetrol en los años 90 y por Cepsa-Ecopetrol en el 2012. También se consideraron múltiples estudios desarrollados por universidades y por investigadores particulares en diferentes áreas como estratigrafía, paleontología, estructural, geofísica y petrografía.

Objetivo: Elaboración de un documento técnico de consulta que represente la compilación, análisis e interpretación de la distribución de los elementos químicos en el territorio Colombiano.

Productos y entregables:

1. Generación de transectas, correlaciones y mapas.
2. Se construyeron seis (6) transectas sísmicas distribuidas en la cuenca de los Llanos, las cuales fueron correlacionadas con pozos perforados en dicha cuenca. Las transectas sísmicas son el insumo para la posterior construcción de modelos geológicos.
3. Atlas geoquímico de Colombia.

Avances y logros: Los horizontes se interpretaron a lo largo de los años 2019 y 2020. A la fecha se interpretaron: discordancia Precretácica, basamento, discordancia Cámbrico, Discordancia Ordovícico medio, así como las mayores estructuras que reflejan el estilo estructural del sector. Se dividió la cuenca de los Llanos en tres áreas y se realizaron interpretaciones sobre 15.000 kilómetros de líneas sísmicas, de allí se seleccionaron las mejores para construir las transectas sísmicas

Actualmente se trabaja en los mapas paleogeográficos, comenzando por el tope y la base del paleozoico, así como en los horizontes del Cámbrico y del Ordovícico antes mencionados.

Proyecto de Gestión ID 1001151: Distribución de Reservorios en San Jacinto & Sinú

Objetivo: Caracterizar y determinar la continuidad de las unidades aloestratigráficas, potencialmente almacenadoras de hidrocarburos en las cuencas San Jacinto & Sinú.

Productos y entregables:

1. Mapas de Facies y zonas de daño por diapirismo.
2. Modelo 3D, Informe evolución geológica Caribe Colombiano.

Avances y logros: Se construyó el esquema estratigráfico y el mapa de distribución de facies en superficie, resaltando las rocas con potencial almacenador de hidrocarburos. Se elaboraron análisis geoquímicos, bioestratigráficos, petrográficos, geocronológicos, entre otros, con miras a caracterizar y entender el sistema petrolífero de la zona de estudio. Por realizar aún se debe efectuar levantamientos estratigráficos detallados de cada reservorio propuesto, tarea obstruida por el aislamiento obligatorio y preventivo debido al SarsCov 2.

Proyecto de Gestión ID 1001102: Interpretación del subsuelo para Hidrocarburos

Objetivo: El presente proyecto fue concebido para prestar apoyo en interpretación del subsuelo a otras direcciones que por el acceso a software especializado o por la experiencia del grupo.

Productos y entregables:

1. Una (1) interpretación sísmica en el área de Chichimene y Campos Vecinos. | Informe Final del Modelo Monitoreo de Inyección.
2. Una (1) interpretación de horizontes en el área de interés. (Para ello se tienen un pozo principal con checkshot o registros sísmicos).
3. Un (1) análisis estratigráfico integral acorde al área de interés. | Informe final del analisis estratigrafico.

Avances y logros:

Se presentaron los 4 informes propuestos en cada una de las fases.

- ✓ Apoyo a la Dirección de Geo Amenazas / Interpretación del subsuelo en el área Chichimene en los horizontes donde se está inyectando agua para el recobro mejorado de hidrocarburos, en coordinación con el monitoreo de la sismicidad asociada.
- ✓ Apoyo a la Dirección de Geociencias Básicas (Cartografía) / Interpretación del subsuelo en el área de la plancha 60 Canaletes.
- ✓ Apoyo a la Dirección de Geociencias Básicas (Cartografía) / Interpretación en el área del Sinú San Jacinto.
- ✓ Apoyo a la Dirección de Geociencias Básicas (Hidrogeología) / Informe de interpretación del subsuelo en el área Puerto Wilches, para apoyar la construcción del modelo hidrogeológico conceptual.

Proyecto de Gestión ID 1001197: Caracterización estratigráfica de Yacimientos No Convencionales en roca Generadora.

Objetivo: Caracterizar las unidades estratigráficas según los parámetros sedimentológicos, mineralógicos y geoquímicos relevantes para ser prospectivas como yacimiento no convencional en roca generadora.

Productos y entregables:

1. Dos (2) columnas estratigráficas con datos de caracterización estratigráfica de yacimiento no convencional.
2. Dos (2) correlaciones estratigráficas usando al menos seis pozos y las columnas levantadas en campo.
3. Una (1) Base de datos de información

A continuación, se describen los objetivos propuestos y los avances realizados cada uno de ellos:

- Realizar la cartografía a escala 1:25.000 en una franja de 6 Km de ancho, en 4 traversas de campo en el área ubicada en los piedemontes de la Serranía de San Lucas, el flanco occidental de la Cordillera Oriental, la Serranía del Perijá y la Sierra Nevada de Santa Marta, donde haya ocurrencias publicadas de sucesiones del Cretácico prospectivo. Se realizó la cartografía en dos áreas, una hacia Becerril (Cesar) y otra hacia la Sierra Nevada de Santa Marta. No fue posible realizar otra actividad de campo, pero se logró el objetivo en la cantidad de metros de columna estratigráfica a levantar, en roca generadora.
- Levantar la estratigrafía de unidades cretácicas con muestreos sistemáticos y análisis de facies. Los muestreos incluyen: bioestratigrafía, minerales pesados dataciones radiométricas, carbono orgánico total (TOC), pirólisis, DRX, reflectancia de la vitrinita y FRX. Se realizaron dichos muestreos y los análisis para caracterizar las unidades como rocas generadoras.

- Estudiar mediante petrografía, DRX, FRX y otras herramientas complementarias, los componentes mineralógicos de muestras seleccionadas para caracterizar litogeoquímicamente las unidades estratigráficas. Se obtuvo una descripción de las facies y los litotipos y se realizaron los análisis de DRX para su mejor caracterización. Aun no se han recibido los datos de FRX.
- Hacer mediciones sistemáticas de fracturas en las secciones cretácicas con el método de *scanlines* y ventanas circulares en las secciones levantadas asociándolas a datos de DRX y definir intervalos de comportamiento mecánico similar. Se realizó dicha actividad y se trabajó en la edición del capítulo del informe, con los análisis de la información obtenida.
- Hacer un modelo del subsuelo a partir de la interpretación sísmica y los registros de pozo, en las áreas de estudio para definir los estilos estructurales, geometría y continuidad lateral de las secuencias estratigráficas. Además, se harán estudios de estratigrafía sísmica. Se realizó el modelo del subsuelo y se construyeron 3 transectas sísmicas regionales que muestran la geometría y continuidad de las unidades. Se trabajó en la edición y redacción del capítulo con estos datos.

5. Gestión integral del conocimiento geocientífico del territorio Nacional para garantizar su disponibilidad.

5.1. Introducción Gestión de la Información

El área de conocimiento de Gestión de Información se encarga de gestionar de forma integral los diferentes medios y mecanismos que aseguren la disponibilidad, uso, divulgación y apropiación del conocimiento institucional.

En este sentido, esta área dispone las herramientas y medios para el manejo de la información geocientífica que produce el SGC tanto digital como análoga.

Como parte importante de su gestión, la DGI administra los diferentes fondos documentales del SGC, como son: litoteca, cintoteca, mapoteca y documentos geocientíficos originales y biblioteca.

Adicionalmente a esto, esta área de conocimiento tiene a cargo formular y presentar propuestas de solución tecnológica enmarcadas dentro de la Arquitectura Empresarial, para apoyar el quehacer geocientífico de las áreas misionales.

La Arquitectura Empresarial (AE) es una estrategia de negocio y de tecnologías de la información (TI) que busca mejorar el desempeño institucional, haciendo al SGC cada vez más eficaz en el cumplimiento de su misión. A partir de una visión integral de la institución desde diferentes dimensiones se estableció la transformación necesaria para generar valor y construir capacidades institucionales a través de las tecnologías de la información.

Se ha encontrado en la AE una herramienta valiosa también para explicar cómo se integran y trabajan de forma conjunta, como un todo, la estrategia y los objetivos institucionales, los elementos de las tecnologías de la información, los procesos, la estructura organizacional y las personas. Con este objetivo, desde el año 2013, el SGC cuenta con el apoyo de la Universidad de los Andes, entidad de un alto reconocimiento nacional e internacional por su nivel de calidad y excelencia de su equipo de expertos. La Universidad de los Andes ha venido asesorando en la formulación de la Arquitectura Empresarial y acompañando en su implementación. Como resultado de este trabajo, hoy el SGC es considerado un referente nacional y un líder en desarrollo de arquitectura empresarial en el sector de minas y energía de Colombia, y ha sido merecedor de varios premios que reconocen este esfuerzo.

5.2. Objetivos y funciones del área de conocimiento

Objetivo General:

- Implementar soluciones de análisis de datos y gestión de la información con el fin de disponer y divulgar información actualizada y de calidad para la toma de decisiones por los diferentes grupos de interés del SGC.

Objetivos Específicos:

- Consolidar y administrar en forma eficiente mayores volúmenes de datos
- Construir soluciones de gestión de la información para análisis, descubrimiento e interpretación de datos
- Adquirir soluciones de última generación para manejo de grandes volúmenes de datos y tiempo real con escalabilidad
- Fortalecer los mecanismos de gobierno y toma de decisiones relacionadas con tecnología que apalanquen los objetivos institucionales.
- Fortalecer los mecanismos de uso y apropiación de la información Geocientífica

5.3. Estructura funcional (grupos de trabajo e integrantes, discriminando tipo de vinculación)

Actualmente la dirección de Gestión de información está conformada por 4 grupos de trabajo:

1. Grupo de Trabajo Gestión de Plataforma de Tecnologías de Información
2. Grupo Sistemas de Información Geocientífica
3. Grupo de Trabajo Servicios y Divulgación de Información Geocientífica y Museal
4. Grupo de Trabajo Bucaramanga.

- **Integrantes y tipo de vinculación**

Dentro de la dirección de gestión de información se cuenta con la colaboración de 145 personas con contratos de prestación de servicio y 19 personas de planta; cada uno con actividades definidas de manera clara y precisa.

5.4. Proyectos del área de conocimiento vs Presupuesto

5.4.1. Objetivos propuestos vs. Avances de los proyectos con corte al 30 de noviembre de 2020

Con corte a noviembre de 2020 para los diferentes frentes se realizaron las siguientes actividades:

ACOMPAÑAMIENTO TÉCNICO ARQUITECTURA EMPRESARIAL.

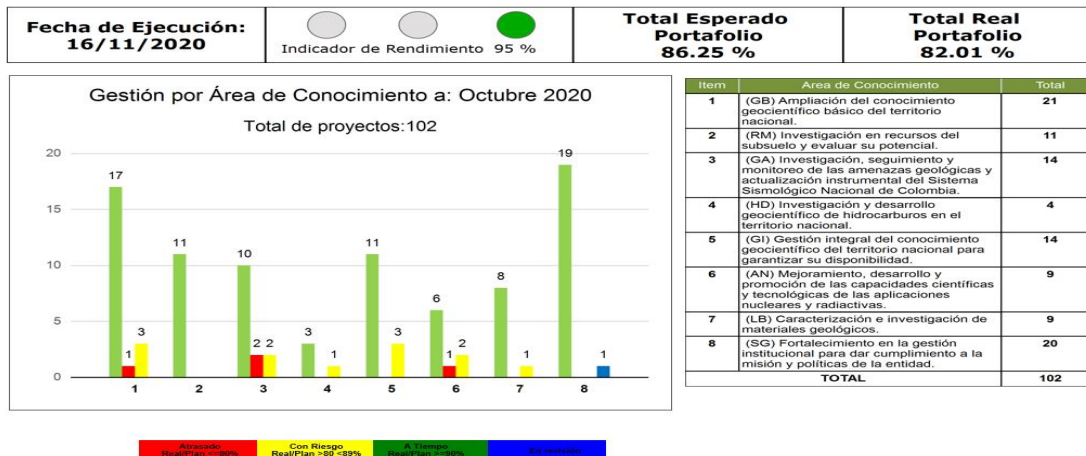
El ciclo II de la AE, se basa en el fortalecimiento de la base de datos espacial integrada y la analítica avanzada de datos, potencializando el uso de la información y cumpliendo con las políticas del plan nacional de desarrollo: *“Priorización de tecnologías emergentes de la Cuarta Revolución Industrial que faciliten la prestación de servicios del Estado a través de nuevos modelos COMO análisis masivo de datos (Big data), inteligencia artificial (AI), Internet de las Cosas (IoT), Robótica y similares.”*.

- Definición modelo de integración entre SIIG, MIIG y la BDEI-Manager a través de un único punto de acceso.
- Acompañamiento al SGC en las reuniones con la Universidad Nacional y los usuarios de la entidad que participaron en la definición inicial de los indicadores. Puntualmente, en relación con el tema de indicadores de SIMMA.
- Envío de concepto referente al tema de obtención de datos desde SIMMA y las implicaciones de resolverla de forma automática y de forma manual.
- Para “Apoyo a la toma de decisiones de información geocientífica”: revisión y definición con el SGC del alcance de un Producto Mínimo Viable
- Continuidad en la estructuración de un procedimiento para la integración de los datos desde las fuentes a la estructura de datos del PMV.
- Construcción de los tableros de control
- Construcción de programas para traducir títulos de productos geocientíficos y agruparlos por similitud en los textos de dichos títulos.
- Acompañamiento en el detalle de los requerimientos del proyecto Explora II.
- Conceptualización y acompañamiento permanente en las definiciones de integración Explora – Sistema Gestión de Muestras Geológicas.
- Acompañamiento permanente en las definiciones y procesos relacionados con las pruebas del software del primer módulo de geoquímica.
- Sesiones de solución de dudas, ampliar elementos del BIM, con el propósito de que el contratista tenga toda la información con el mayor detalle posible
- Sesiones de trabajo sobre el marco estratégico y la cadena de valor
- Sesiones de trabajo sobre el diseño de la solución tecnología el BIM
- Actualización del BIA, Estrategias de continuidad, Planes de recuperación de desastres y en los Procedimientos de recuperación de TI.
- Revisión y ajustes al portafolio de proyectos para el entregable Análisis de brecha, portafolio de proyectos y mapa de ruta.

SEGUIMIENTO, CONTROL Y GESTIÓN DE PROYECTOS GEOCIENTÍFICOS.

Objetivo: realizar el seguimiento y control integral a los proyectos geocientíficos del SGC, aprobados por la alta dirección, para garantizar el cumplimiento de los objetivos estratégicos de la entidad, apoyados en herramientas de gestión, cuya aplicación permita mejorar el desempeño del portafolio de la entidad y contar con información oportuna, veraz y actualizada, que facilite la toma de decisiones.

✓ Se efectúa seguimiento mensual a los proyectos, que incluye los planes de trabajo, planeación de recursos, evidencias y reportes a la gestión realizada en 111 proyectos, de los cuales quedaron al 30 de octubre, como se observa en la siguiente gráfica:



Cierre 2020 – Sistema General de Regalías:

- *Cierre proyectos de gestión bienio 2017 – 2018:* Acompañamiento a los Gerentes de proyecto en el proceso de cierre en la herramienta Planview, la cual cuenta con un proceso y ciclo de vida propio, acompañado de un checklist que garantiza la correcta finalización del proyecto, cumplimiento de actividades, verificación de productos, confirmación de no tener ningún compromiso contractual y verificación de saldos presupuestales.
- *Proyectos bienio 2019 – 2020 que pasan al 2021:* Realización de 29 controles de cambios en los proyectos informados al MME por impacto COVID-19 y /o por disponibilidad inicial, pendientes por realizar 32, de los cuales 21 son proyectos con solicitud de vigencia futura en trámite.
- Estructuración para el informe de cierre del Convenio 379 de 2016 y su Otrosí modificador No.2
- Estructuración proceso contractual Planview – pendiente aprobación VF.
- Revisión de proyectos que pasarán a 2021 por efectos de prórrogas con Universidades.

Proyectos de Gestión 2021 (PGN- Inversión - SGR):

- Se revisaron y definieron los portafolios con las Direcciones de Geociencias Básicas, Hidrocarburos, Laboratorios y Asuntos Nucleares – Recursos (ANH, Ecopetrol), Recursos Minerales y Secretaria General. Pendientes por realizar Dirección de Geoamenazas y Gestión de Información.

Principales Ajustes y Desarrollos realizados en Planview para Mejorar Procesos e Integraciones - Herramienta Planview:

- Dimensionamiento de reportes de las tablas de RRHH de Websafi.
- Desarrollo para mejoras de la presentación de los proyectos en la página web del SGC.
- Ajustes en reportes de seguimiento proyectos – reportes EX03 y Consejo paginados por áreas, trimestral v2 (general) y v3 (por portafolio de proyectos).
- Creación de portafolios para consulta del MME (proyectos de terminan en 31/12/2020 del bienio 2019-2020, proyectos de terminan en 31/12/2020 del bienio 2017 -2018, proyectos aplazados 2021 (pandemia), proyectos aplazados 2021 y proyectos pasan a 2021 (adiciones 1 y 2 de presupuesto).

IMPLEMENTACIÓN DE BODEGA DE DATOS GEOCIENTÍFICOS.

Objetivo: implementar la bodega de datos que permita la integración y el tratamiento de los datos geocientíficos y que facilite las tareas de consulta y el análisis de la información.

Se ha realizado la elaboración de las fichas de las métricas priorizadas para la primera versión del Tablero de Seguimiento, Monitoreo y Control, entre las que están las que se relaciona a continuación:

- Para Cartografía se tendrán las métricas de cartografía escala 1:25.000, cartografía escala 1:50.000, cartografía escala 1:100.000 y cartografía escala 1:250.000 (Dimensiones)
- La ficha de Desechos Radiactivos está compuesta por las métricas del porcentaje de desechos radiactivos acondicionados y porcentaje de desechos Radiactivos Recepcionados
- Para el tema de Hidrocarburos se definieron las métricas de Columnas estratigráficas levantadas y Número de muestras analizadas
- El BIP contará con las métricas de Cubrimiento BIP, Aprovechamiento BIP, Índice de pozos perforados reportados al BIP, Factor Crecimiento oferta, Índice de programas sísmicos adquiridos OnShore en 2D, Índice de programas sísmicos adquiridos OnShore en 3D, Índice de programas sísmicos adquiridos OffShore en 2D y Índice de programas sísmicos adquiridos OffShore en 3D.

Adicionalmente, como resultado de las consultas realizadas al sector académico y empresarial de tecnología se determina que se realizará la Implementación de un Lago de Datos (evolución tecnológica de la Bodega de Datos) herramienta tecnológica que a futuro permitirá la integración de la información estructurada y no estructurada de las diferentes fuentes de información interna y externa que posee el Servicio Geológico Colombiano, así las cosas, el SGC tendrá un mejor acceso a los datos para la toma de decisiones; adicionalmente y con base en el lago de datos también se implementará un tablero de seguimiento, monitoreo y control del cuadro de mando integral (BSC) del Servicio Geológico Colombiano, el cual se denominará Tablero Estratégico del conocimiento Geocientífico.

Para la implementación del Lago de Datos se realizó el proceso contractual “Convenio Especial de Cooperación” con la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín cuyo objeto definido es “Aunar esfuerzos técnicos, administrativos y financieros entre el Servicio Geológico Colombiano y La Universidad Nacional de Colombia- Sede Medellín, Para la ejecución de proyectos de investigación, científicos, y tecnológicos relacionados con analítica de datos e inteligencia artificial del segundo ciclo de la arquitectura empresarial del SGC”.

ANALÍTICA DE DATOS GEOCIENTÍFICOS.

Objetivo: implementar soluciones de análisis de datos y gestión de la información que permitan disponer y divulgar información actualizada y de calidad para la toma de decisiones de los diferentes grupos de interés del SGC.

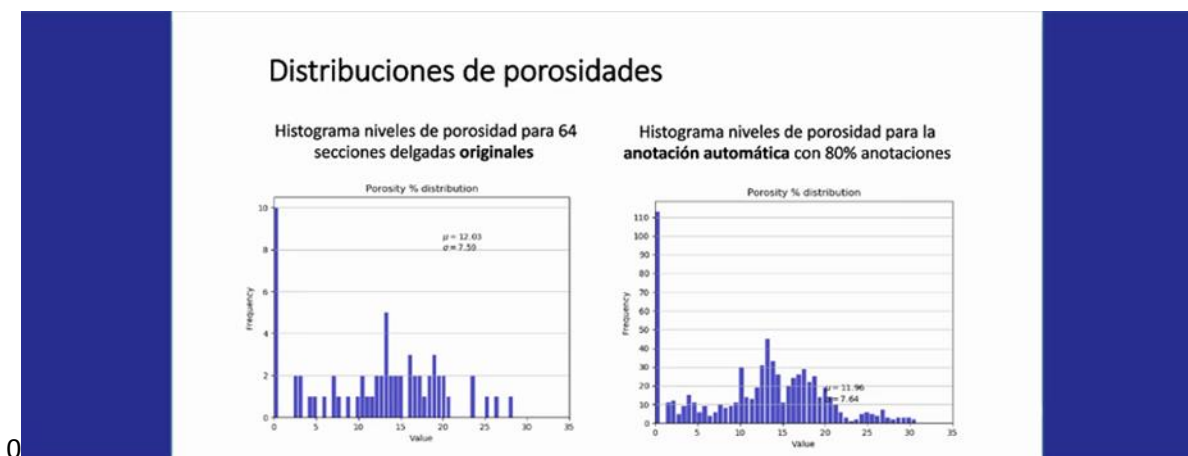
Este proyecto está orientado al cumplimiento de lo establecido en el Pacto por la transformación digital de Colombia: Gobierno/empresas y hogares conectados con la era del conocimiento establecido en la Ley 1955 de 2019 (Hacia una sociedad digital e industria 4.0: por una relación más eficiente, efectiva y transparente entre mercados, ciudadanos y Estado)

Se refinó el problema a ser resuelto en el siguiente sentido: *estimación automática de la porosidad total en secciones delgadas (SD) de rocas sedimentarias, mediante la aplicación de técnicas de Machine Learning sobre imágenes*

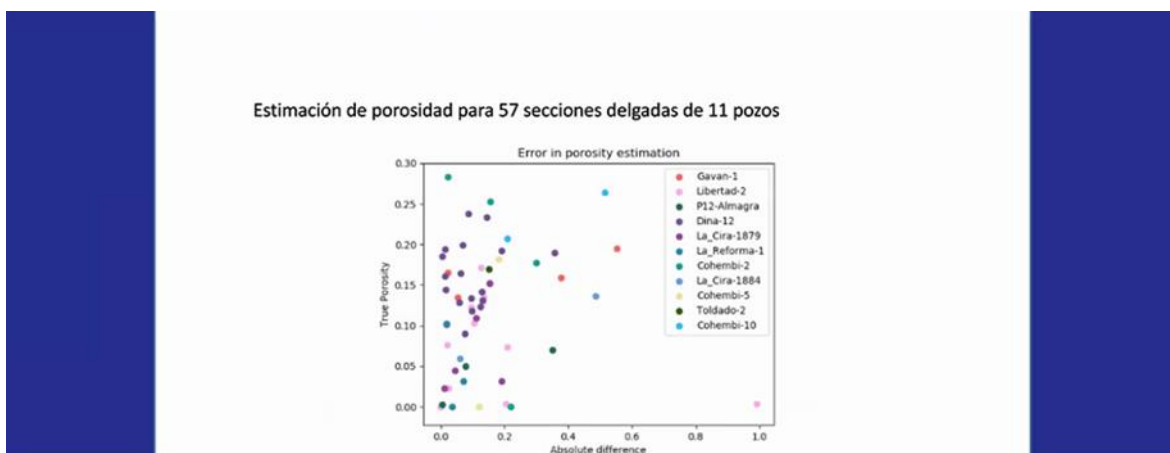
El objetivo de dicho proyecto es realizar una estimación automática de la clasificación del nivel de porosidad total sobre secciones delgadas de rocas sedimentarias, a partir de un modelo de redes neuronales no convolucionales, generado mediante técnicas de aprendizaje profundo. Referente al avance del proyecto en el segundo trimestre del 2020 se han llevado a cabo las siguientes actividades:

- Toma de imágenes para las 70 secciones delgadas. Para cada sección delgada fueron 20 imágenes (10 en filtros cruzados y 10 filtros paralelos. Además en cada tipo de filtro una cada 5 grados de giro de la platina donde reposa la sección delgada en el microscopio) Las imágenes se utilizaron para alimentar el modelo matemático (1ª fase)
- Levantamiento de información de porosidad de las secciones delgadas (tomada de los respectivos informes petrográficos del Banco de Información Petrolera en donde se encuentra dicha información)
- Análisis petrográfico sobre la porosidad total de las 70 secciones delgadas a través de la aplicación de grillas de 300 puntos mediante el software OneGeo. Este análisis se realiza a través de un grupo de petrógrafos expertos en donde se analizan las secciones delgadas a través de las mallas previamente establecidas.
- Definición de criterios de análisis de casos especiales por parte de los petrógrafos y documentación de los mismos.
- Análisis de los algoritmos a aplicar para generar aprendizaje del modelo matemático con el cual se analizarán las imágenes de las secciones delgadas. (Redes neuronales de convoluciones dilatadas – UCLA/Google, TPAMI 2017 y Redes de polarización para objetos transparentes – MIT/UCLA, CVPR 2020)
- Ajuste de la infraestructura computacional para el entrenamiento de modelo de Redes neuronales convolucionales aprovisionando 2 GPUs T4 de Google para la ejecución de los experimentos. Por ser de alto consumo de procesamiento el análisis de las redes neuronales utilizadas que deben calcular de forma simultánea el nivel de porosidad para las múltiples imágenes por sección delgada y posteriormente ser comparadas con el análisis de experto.
- Ajuste y disposición de la infraestructura y sistema web para la disposición de imágenes de secciones delgadas y registro de sus características petrográficas.

- Definición de un nuevo grupo de 148 Secciones Delgadas para la fase 2 de pruebas de la máquina (red neuronal). Preparación logística para envío desde la Litoteca Nacional a Bogotá en tiempos de COVID-19.
- Inicio del proceso de toma de imágenes para el nuevo grupo de secciones delgadas (2ª. Fase)
- Primeros resultados de la máquina entrenada a través de técnicas de inteligencia artificial (redes neuronales convolucionales). Con base en los avances hechos en el entrenamiento de máquina a través de los experimentos hechos con los expertos en petrografía se pudo determinar y afinar el problema de manera tal que las anotaciones automáticas permiten al equipo estudiar directamente el problema de predicción de porosidad automática, esperando una variación de alrededor de 4% en la estimación de dicha porosidad en la misma muestra.
- El método utilizado por el equipo de Inteligencia Artificial y validado con los expertos petrógrafos ha logrado generar más y mejores datos para el análisis de las secciones delgadas generando mayores distribuciones alrededor de la porosidad total y ampliando el espectro de data para entrenamiento de la máquina, como se ve en la siguiente gráfica:



- De esta manera y haciendo uso de infraestructura de Google especializada (2 GPUs) se han obtenido los siguientes resultados:



- La gráfica de estimación de porosidad para 57 secciones delgadas de la 1ª fase del proyecto ilustra cómo los algoritmos usados de redes convolucionales, predicen con exactitud (0% de diferencia) el valor total de porosidad en las secciones delgadas comparando con los resultados obtenidos por el análisis de los expertos petrógrafos.
- El proyecto continuará en los siguientes meses, ajustando el aprendizaje de máquina con las 2 fases de secciones delgadas y por supuesto con el acompañamiento de los expertos temáticos y de inteligencia artificial.

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOCIÉNTIFICA Y GEOPORTAL INTEGRADA.

Objetivo: implementar un proyecto que integre la información por temáticas y por capas del SGC mejorando lo existente en el geoportal institucional, con visores relevantes 3D e información integrada del territorio nacional.

Para el año 2005 el INGEOMINAS pone en producción el Sistema de Información Georreferenciada (SIGER) a escala 1:100.000. SIGER fue implementado como una extensión de ArcMap (ESRI) desarrollado bajo tecnologías punto NET y cuyo objetivo era apoyar las labores de los funcionarios temáticos del INGEOMINAS para gestionar la información alfanumérica y geográfica asociada a las facetas de geología, geofísica y muestras, esto en cuanto a tareas de edición, adición, actualización, consulta y eliminación de datos espaciales y alfanuméricos relacionados con la información geocientífica de cada una de las facetas antes descritas.

Se está en la implementación de un sistema que integre la información por temáticas como repositorio de datos espaciales integrado (BDEI).

Este proyecto permitirá que el Servicio Geológico Colombiano (SGC) cuente con esquemas y herramientas que le faciliten la implementación de estándares y la administración de sus datos espaciales, asociado a su correcto almacenamiento, uso y despliegue visual. Para ello el SGC se encuentra en la implementación de una Base de Datos Espacial Integrada (BDEI) y de un Sistema Integrado de Información Geográfica (SIIG) que permitan Facilitar la implementación y uso de estándares institucionales. Se pretende lograr que, en el futuro, los proyectos de investigación y su producción geocientífica, junto con su publicación se rijan por estándares geoespaciales de carácter institucional. Esto minimizaría los tiempos de preparación y estructuración de la información geocientífica y los de uso de esta, una vez es publicada.

Lo anterior redundará en facilitar la administración, almacenamiento, consolidación y publicación. Unido a la definición de estándares institucionales, se podrá contar con protocolos institucionales que bajo el uso apropiado de herramientas de software harán más sencillos y cortos los procesos de incorporación, consolidación y publicación de la información de la producción geocientífica en la BDEI y en el SIIG.

A través del SIIG se logrará optimizar los procesos de difusión. Además de poderse publicar la información en el SIIG, se debe agregar a la misma funcionalidad propias, básicas de usuario final que simplifiquen su uso, cruce y descarga; sin tener que recurrir, cómo pudiera suceder en la actualidad, a procesos manuales y dispendiosos de preparación y extracción de información para entregarla a los usuarios. Todo lo anterior con la aplicación de normas claras de Gobierno de Datos.

Se han alcanzado los siguientes logros representativos para el proyecto:

Análisis y diseño de prototipo para evaluar el concepto plasmado para el proyecto BDEI-SIIG, dejando como insumos:

- Consolidación de la Estructura de una Base de Datos Espacial Integrada (BDEI) en contenedores (esquemas ORACLE) y respetando la estandarización establecida por la NTC 5661; los objetos cargados corresponden a los temas de GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA, GEOAMENAZAS y MISCELÁNEOS (Estaciones y Mapa Base) respectivamente.
- Determinación de una base de datos no estandarizada de BDEI que para el caso sigue siendo la Base de Datos Corporativa actual. De esta manera se garantiza la continuidad del negocio mientras el proyecto avanza por fases.
- Configuración de Geoportal Server, establecido como el Sistema de Información Integrada Geocientífica (SIIG); éste consume la información de la BDEI a través de geoservicios federados desde el Portal for ArcGIS y actualmente se viene revisando la pertinencia de esta plataforma para la implementación de metadatos MIIG que apoyen los procesos de consulta de información.
- Configuración del SIMMA de tal manera que interactúe con la información geográfica dispuesta en una BDEI Estandarizada.
- Con el apoyo de la Coordinación SIG, se implementó un ambiente de desarrollo (Base de datos y servidores de aplicaciones) que ha permitido durante el proceso de levantamiento de requerimientos realizar las respectivas pruebas de concepto entre el equipo técnico del proyecto como con la Universidad de los Andes.
- Establecimiento de la arquitectura en cuanto a infraestructura para la Fase I del proyecto. Manteniendo Oracle como SGBD (Sistema Gestor de Base de Datos) del proyecto. El resto de la arquitectura ha sido evaluado de conformidad a las tecnologías ESRI (A las cuales el SGC tiene acceso mediante licenciamiento ELA) más apropiadas para la implementación del proyecto en Fase I. Para la primera fase continuará implementándose ArcMap, ArcGIS Pro y ArcCatalog como herramienta desktop, Data Reviewer para validación de información, versionamiento para control de modificación de la información, ArcGIS Server para la publicación de Servicios, Portal for ArcGIS para el control de accesos y Geoportal Server como gestor de metadatos representando a SIIG.
- Aplicación de la metodología de toma de requerimientos (implementada también en el proyecto de catalogación de sismos) con el apoyo de la Universidad de los Andes en la cual se generan escenarios operacionales, épicas, temas e historias de usuario respectivamente. Este trabajo se ha realizado de manera conjunta permitiendo cerrar las brechas de concepto asociadas al proyecto que pueden presentarse a la hora de concebir las propuestas de solución.
- Se genera nueva versión del documento de componentes con un avance de especificación.
- Se realizaron los ajustes pertinentes al documento de componentes, de acuerdo con reuniones SGC - UAndes

- Se realizó la definición de los escenarios operacionales para la fase 2
- Se realizó el desarrollo de las historias de usuario para la fase 1, por parte del equipo de la UA, para posterior revisión con el equipo técnico del SGC.

DISEÑO BANCO INFORMACIÓN MINERA

- Se definió en conjunto con la ANM la Línea Base, con el fin de tener claridad de los metros de perforación, número de muestras y volumen de información en GB que ingresará al BIM, para estimar el tamaño requerido en litoteca y en servidores, con base en los términos de referencia vigentes.
- Se planteó la estrategia de requerimiento de información inicial para el BIM en dos etapas, basado en los 7.103 títulos mineros que tienen la obligación de presentar información geológica en sus fases de exploración. En la 1ª etapa se requeriría la información a los Títulos PIN, considerados que tienen mejor estructura de manejo de información y proceso sistematizado de conservación de muestras, también a los títulos que actualmente están en Fase de Exploración, ya que están desarrollando las actividades propias de esta etapa y a los títulos que terminan vigencia en 2020. Posteriormente en una 2ª etapa, se les requeriría la información a la Mediana y Pequeña Minería.
- El 21 de septiembre de 2020 se suscribió el contrato 410- 2020 cuyo objeto es “Diseño del modelo de operación del Banco de Información Minera y diseño y puesta en marcha de la solución tecnológica para el software que dará soporte al Banco de Información Minera”, y su plazo de ejecución está previsto para el 31 de diciembre del 2020.

CATALOGACIÓN DE SISMOS Y CENTRO ALTERNO DE MONITOREO DE LA RSNC

Objetivo: implementación de sistema para consolidar la información de sismos del grupo de evaluación y monitoreo de la actividad sísmica, los OVS y GEORED y su integración con el MIIG y disponer un centro alterno de monitoreo para la RSNC en la sede de Pasto.

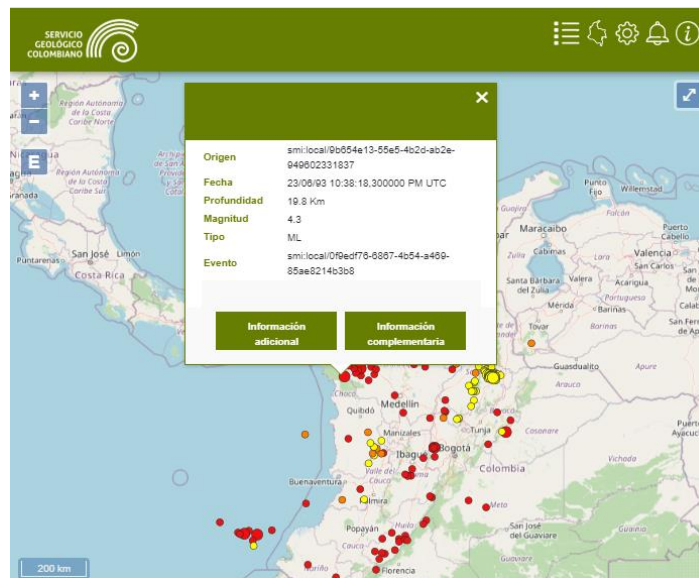
Existen tres subproyectos englobados en uno solo y todos ejecutados en conjunto con la Dirección de Gestión de Información y la Dirección de Geoamenazas, esta última es la generadora de la información y el usuario principal.

Catalogación de sismos:

El proyecto se basa en la identificación y análisis de las fuentes de información de sismos y volcanes para que los usuarios tengan toda la información pertinente en un solo visor. Esto incluye las diferentes estaciones de medición (sismómetros, acelerómetros, GPS, de gases, etc.), los epicentros, las magnitudes, las profundidades, archivos generados y procesados, análisis, etc.

Se presenta el estado de avance de las actividades a la fecha:

- Parte de la información de la RSNC (Seiscomp, Seisan y Aceleraciones) se integra en un sistema y se diagraman en un mapa.
- Se desarrollan los módulos de administración requeridos para la parte de correlación, registro de fuentes, unidades.



Sistema en desarrollo para búsqueda de información de sismos

Centro alternativo de monitoreo de la RSNC

Se requiere implementar una contingencia funcional, en caso de que algo ocurra en el centro de monitoreo actual de la RSNC ocasionando que no se pueda procesar y publicar información relevante. Para esto se creó este proyecto que busca solventar la falencia actual. Su ubicación será en la sede de Pasto. El estado de avance del proyecto es el siguiente:

- Dentro de los requerimientos técnicos para adquirir e instalar un centro de datos en contenedor, se consideró el aumento de la capacidad eléctrica.
- Se aprueba la factibilidad de aumento de carga eléctrica para la sede por parte de la electrificadora de Nariño (CEDENAR).
- Se define con la Dirección de Geoamenazas, la ubicación del centro de datos en contenedor y la antena satelital, los cuales quedaron dentro de los requerimientos técnicos.
- Se solicitan cotizaciones y se realiza el análisis del sector.
- Se aprobó en Comité de Contratación y se encuentra listo para iniciar el proceso de licitación.

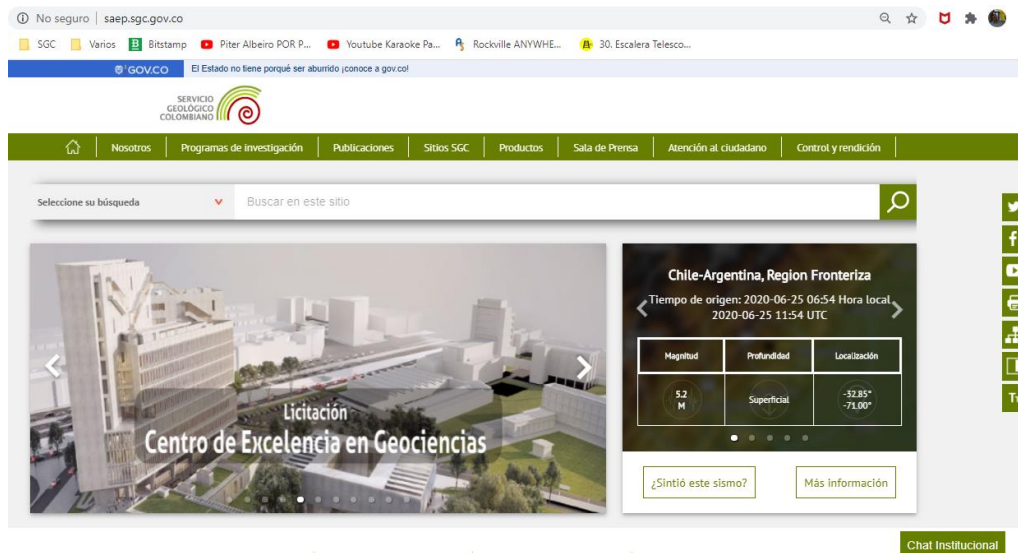


La gráfica presenta la ubicación de los componentes del centro alternativo de Monitoreo

□ **Mantenimiento y mejoramiento de la Solución Altamente Escalable (SAE)**

Busca mejorar las funcionalidades actuales para publicar e informar los eventos sísmicos y de volcanes a cualquier persona y en forma casi inmediata sin que se colapse la página web del SGC. Se está trabajando en las correcciones/mejoras que se le puede hacer al sistema en la nube y localmente.

- En el desarrollo de las mejoras de la SAE, se tiene la copia del portal para el subsitio de sismos y con el subsitio de volcanes se está iniciando el desarrollo.



Vista de la mejora realizada al sistema

SOLUCIONES TECNOLÓGICAS INTEGRALES PARA LA DIVULGACIÓN DEL CONOCIMIENTO GEOCIENTÍFICO.

Objetivo: fortalecer las capacidades de la Plataforma tecnológica para asegurar el funcionamiento adecuado de las diferentes soluciones implementadas por el SGC para almacenamiento, procesamiento y divulgación del conocimiento geocientífico.

La divulgación del conocimiento geocientífico se apalanca en la utilización de herramientas tecnológicas, que utilizadas adecuadamente permiten la gestión, administración, divulgación y generación de nuevo conocimiento para lo cual se gestionan actividades que permiten mantener la plataforma tecnológica y el funcionamiento de los sistemas, portal y sitios web que hacen posible brindar información ágil y oportuna tanto al interior del Servicio Geológico como al ciudadano e interesados en ella.

Gracias a la ejecución de las inversiones planeadas en infraestructura tecnológica, dentro del marco de la arquitectura empresarial se ha logrado la renovación y modernización procurando la transformación de TI, para que la misma apalanque la transformación digital del SGC.

Con la adquisición de la plataforma hiperconvergente y la adopción de tecnologías como cloud computing, Almacenamiento all flash SSD (discos de estado sólido), e infraestructura definida por software y con la Adquisición e implementación de la Suite de VMware Cloud foundation en los componentes de procesamiento con la virtualización de servidores, la virtualización del almacenamiento y la virtualización de las redes se ha logrado consolidar una Plataforma escalable, vertical y horizontalmente, que permite el aprovisionamiento rápido de los recursos requeridos para las diferentes soluciones informáticas implementadas en el SGC.

La implementación de Hiperconvergencia con la creación de clústeres en Bogotá, para cargas tradicionales con 6 nodos y para escritorios virtualizados con 3 nodos habilitando la base tecnológica necesaria para la implementación de una estrategia de Teletrabajo. Un cluster de 4 nodos en Bogotá, donde reposa la replicación de los servidores determinados por el BIA (Análisis de impacto sobre el negocio) y que apalancan técnicamente la implementación del DRP (Disaster Recovery Plan) como componente fundamental dentro del plan de continuidad de negocio en Pasto, necesario para soportar el procesamiento requerido por el centro de monitoreo alternativo de la RSNC (Red Sismológica Nacional de Colombia) y las necesidades de procesamiento para el Observatorio que se encuentra en esta sede.

Estas características han permitido implementar una plataforma sólida, robusta, escalable, soportada por el fabricante que ha servido para aprovisionar recursos de este tipo para soluciones en la RSNC, el BIP (Banco de Información Petrolera), el BIM (Banco de Información Minera) entre otros. En la actualidad se cuenta con 281 servidores en los ambientes de producción, desarrollo y pruebas, sin perder de vista la seguridad, gobierno, eficiencia, amabilidad con el medio ambiente y aseguramiento de la información. Lo cual permite la continuidad de las operaciones de la entidad de una manera consistente, y predecible para su uso y crecimiento; ratificando que la estandarización de componentes de cómputo, memoria, almacenamiento y redes puede ser unificado para generar una facilidad y ahorro en crecimientos futuros, así como permitir una simplificación en la operación.

En cuanto al almacenamiento no estructurado (componente NAS), se ha logrado consolidar un repositorio institucional centralizado, escalable y seguro, adoptando tecnologías definidas por software y de objetos tipo nube, donde reposa la información de todas las direcciones técnicas del SGC, inclusive la información del BIP, con lo cual se ha garantizado la custodia, confiabilidad e integridad de la misma. Este almacenamiento es replicado en el Datacenter alternativo como mecanismo para garantizar la continuidad en el acceso a la información en caso de desastre. Con este tipo de almacenamiento se ha logrado empoderar al usuario final, para que en caso de requerirlo, pueda restaurar por sí solo información a fechas y estados anteriores. De la misma forma se ha incorporado al repositorio institucional la capa de archivo, que permite trasladar la información con menos frecuencia de consulta y ser recuperada en línea a velocidad Internet, liberando las capacidades del almacenamiento principal y haciendo un uso más costo-eficiente. Actualmente tenemos una capacidad de almacenamiento total de 3.1 PetaBytes (PB), debidamente replicada en almacenamiento principal y aproximadamente 2.5 PB de almacenamiento tipo archivo.

El componente de bases de datos Oracle y Microsoft SQL Server, se ha fortalecido en sus capacidades de procesamiento y almacenamiento de información Estructurada. Contando con las últimas versiones de estos motores de bases de datos. Asegurando mediante mecanismos de replicación, la continuidad en el servicio de este componente, ya que se tiene también un appliance que permite la replicación y administración de la recuperación en caso de desastre.

Implementación de una solución de almacenamiento en disco para respaldos de información (DataDomain) que permite implementar una política de Backups (respaldos de información) complementaria para protección de datos que a la vez tienen la posibilidad de expandirse al almacenamiento en la nube con que cuenta la entidad, con la adopción de tecnologías de alta compresión y de duplicación, lo cual garantiza su recuperación de forma rápida, segura y eficiente. Toda la plataforma de protección de datos y almacenamiento en las diferentes sedes de la entidad, se encuentra amparada bajo contrato de soporte y garantía hasta el año 2021, con lo cual se mitigan entre otros el riesgo de obsolescencia tecnológica.

En cuanto a conectividad avanzada e internet se lograron mejoras sustanciales en la confiabilidad de las conexiones y los anchos de banda disponibles. En resumen, se pasó de una confiabilidad de 99.8% a 99.98%.

Los anchos de banda de los enlaces entre sedes en promedio se duplicaron, y para el caso de los OVS se triplicaron, el Internet corporativo se triplicó y actualmente se cuenta con dos enlaces.

Como solución alterna en caso de indisponibilidad, se contrataron enlaces de Internet para los OVS en fibra óptica con anchos de banda de 20 Mbps, y se crearon VPN sitio a sitio con Bogotá para proveer respaldo en caso de fallas en las conexiones MPLS.

Se tienen en funcionamiento conexiones satelitales de contingencia de 2 Mbps para los OVS y 4 Mbps para la RSNC.

Se cuenta con tres enlaces satelitales de datos para la red de monitoreo de los OVS.

Se han establecido conexiones de VPN sitio a sitio adicionales con proveedores.

En este momento se tienen 10 VPN sitio a sitio. Cabe mencionar la VPN con A3Sec para monitoreo de las soluciones de seguridad, y con Claro y Movistar para la red de monitoreo de Geored vía red celular.

Para la atención de las necesidades de acceso remoto debido a las restricciones de la pandemia, se implementó una estrategia de acceso para VPN para los funcionarios y contratistas, en la cual se tiene un cubrimiento amplio y se han habilitado el acceso aproximado a 800 empleados (Planta y contratistas). Para el personal de BIP, se implementó un acceso VPN por medio de túnel SSL y portal. Y tenemos comunicación con otras entidades, entre otros con la ANH.

Se ha trabajado en llave con el equipo de seguridad de la información para disminuir los riesgos de seguridad y para integrar las varias plataformas de aseguramiento sin descuidar ni afectar el funcionamiento de la red de datos e Internet.

Quedan avanzadas las actividades de contratación del soporte y mantenimiento de la plataforma de redes Hewlett Packard (switches y red WiFi) de la entidad.

Se está adelantando la configuración de la red de datos para el DRP/BCP, incluyendo la compra de un Firewall para el Data Center Alterno.

Realización de procesos de renovación de soporte y actualización para las plataformas tecnológicas de virtualización, sistemas operativos contenedores de aplicaciones entre ellos: VMware, SharePoint, Oracle, SqlServer, Windows, RedHat, Sharepoint entre otros.

La divulgación de información se apalanca en los sistemas SIG, en este sentido se realiza acompañamiento de las áreas temáticas en:

✓ Desarrollo de estándares geográficos para su aplicación. Estos acompañamientos se adelantan en los siguientes temas:

- Diagnóstico de Estandarización Cartográfica e Integración 100K, para el producto Zonificación de Susceptibilidad y Amenaza Relativa por Movimientos en Masa, enfocándose en la comparación de la información oficializada en MIIG contra la información publicada en el Sistema SIMMA y almacenada en la base.
- Diagnóstico de Estandarización Cartográfica e Integración 100K, para el producto Geología Oficial 100K, enfocándose en la comparación de la información oficializada en MIIG contra la información almacenada en la base.
 - Se realiza monitoreo de la disponibilidad de los servicios web de Mapas.
 - Se pone a disposición de las áreas temáticas, un Portal for Arcgis con servidor de mapas que facilita la elaboración de su trabajo geocientífico en cuanto a elaboración de mapas, sus datos y publicación.
 - Se realizan y preparan aspectos tecnológicos para publicación de geoservicios, mapas y aplicaciones geográficas entre ellos el visor de amenaza sísmica, servicio para la temática del BIP actualizado.
 - Asimismo, se diseñan y cargan geovisores para los productos que lo requieran como Geotermia, se mantiene continuo soporte a herramientas para SIG de ESRI y se publican y mantienen datos abiertos para disposición de la comunidad.

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN (FASE I).

Objetivo: implementación de un conjunto de procesos para gestionar eficientemente la accesibilidad de la información, buscando asegurar la confidencialidad, integridad y disponibilidad de los activos de información minimizando a la vez los riesgos de seguridad de la información.

En la Fase I de este proyecto se realizó la planeación del modelo de seguridad y privacidad de acuerdo a las buenas prácticas de planificación de sistemas de gestión. Adicionalmente se realizó un análisis DOFA sobre el sistema de gestión, se definieron las especificaciones técnicas y se acompañó el proceso de contratación de la firma experta en seguridad de la información, para el diseño, planeación e implementación del Modelo de Seguridad y Privacidad de la Información – MSPI del SGC.

A partir del BIA con el que cuenta la Entidad, se han elaborado, revisado, actualizado y ajustado los documentos mínimos necesarios para el establecimiento de la continuidad del negocio en el SGC bajo la norma ISO 22301 y los requerimientos de MinTIC. Para esto se han realizado las siguientes tareas:

- Entrevistas con cada uno de los líderes de los procesos de la entidad
 - Entrevista con cada uno de los subprocesos del proceso macro institucional
- ✓ Se encuentra en proceso de revisión la matriz de riesgos en las que se verifican los riesgos de disponibilidad asociados a continuidad del negocio.
- ✓ Se reciben por parte de la consultoría contratada ITSecurity los siguientes documentos en su primera versión que se encuentran en revisión y ajustes:
- Escenarios de desastre
 - Estrategias de continuidad
 - Plan de continuidad
 - Manual de gestión de crisis
- ✓ Se han realizado sesiones con el área de comunicaciones de ITSecurity y SGC con el fin de revisar la línea gráfica de las piezas de la campaña de sensibilización que se adelanta.
- ✓ Se están levantando los procedimientos de recuperación con participación de las áreas, para esto se ha logrado su vinculación y participación activa.

MEJORAMIENTO DE CALIDAD DE DATOS GEOCIENTÍFICOS Y MANEJO Y CUSTODIA DE FONDOS DE INFORMACIÓN GEOCIENTÍFICA.

Oficialización:

- Se oficializaron 59 estudios de información geocientífica (acta 130 al acta 147 de 2020).
- Se realizó acompañamiento en la aplicación de estándares de presentación y preoficialización de información geocientífica a 88 estudios.

Gestión Publicaciones Geocientíficas:

- Evaluaciones por pares en trámite: 51 Productos evaluados, 7 evaluaciones en proceso (Artículos científicos, libros), 62 evaluadores.
- Acumulado por tipo de producto evaluado por pares: 60 artículos científicos, 1 catálogos de unidades litoestratigráficas, 1 libros, 0 capítulos de libro.

Catalogación MIIG Mejora Conservación y Calidad Metadatos:

- Publicación y mejora en el MIIG de 11.463 elementos de estudios Oficializados e Históricos almacenamiento físico y conservación
- Definición, clasificación de recursos de información con base en el modelo taxonómico V2, pruebas y cargue de términos en el módulo de taxonomía de Sharepoint., así como el mejoramiento de este y el acompañamiento al grupo de arquitectura tecnológica para la implementación del modelo en el MIIG Documentación de procedimiento de modelamiento y catalogación por Ontología.

Escaneo y Conservación de Sismogramoteca:

- Inventario detallado de metadato de archivo y temático, organización y catalogación de 57.309 sismogramas.

Gestión del Sistema de Bibliotecas del SGC:

- Se realizó actividades de catalogación para 11.328 de registros en el KOHA: Software de gestión bibliotecaria
- Se prestaron 35.179 servicios de biblioteca.

Gestión y administración de la Litoteca de muestras de superficie:

- Se realizaron actividades de organización, inventario y almacenamiento de muestras de superficie. Se realizaron actividades de recopilación de información y cargue al geoportal en el visor de muestras para 16.162 registros.

Suministro de Información Geocientífica Digital y contenidos Web del portal Institucional:

- Portal Web: Usuarios: 3.428.015, Páginas Visitadas: 12.407.282
- MIIG: Usuarios 57.118, Páginas Visitadas 664.824, se realizó el suministro de 38.921 estudios geocientíficos descargados directamente desde la herramienta.
- Se atendieron solicitudes de usuarios internos de impresión, ploteo, escaneo insumo de generación de estudios misionales.
- Se atendieron 375 Solicitudes de usuarios externos radicadas por medio de PQRD

6. Caracterización e Investigación de materiales geológicos

6.1 Introducción Dirección de Laboratorios

El área de conocimiento relacionada con los Laboratorios está constituida por diversas disciplinas temáticas donde se realiza investigación científica y caracterización de materiales de origen geológico en los componentes químico, físico, petrográfico, metalúrgico, mineralógico, geotécnico y ambiental, que contribuye a la generación del conocimiento geológico. Se desarrollan actividades de caracterización de materiales geológicos dentro de la cadena de valor de los proyectos institucionales, junto con actividades científicas propias de la Dirección para la generación de conocimiento, fundamentalmente, para el aprovechamiento geometalúrgico sostenible de minerales.

El área, desarrolla actividades de caracterización de materiales geológicos dentro de la cadena de valor de los proyectos institucionales, junto con actividades científicas propias de la Dirección para la generación de conocimiento, fundamentalmente, para el aprovechamiento geometalúrgico sostenible de minerales, procesos de transformación y aprovechamiento de carbones, y geoquímica de fluidos terrestres. Con base en el principio de cooperación entre Entidades Estatales, se presta apoyo y asesoría a la Agencia Nacional de Minería en la Fiscalización en proyectos de Gran Minería y Fiscalía General de la Nación, y en proyectos de Promoción Minera.

El área de conocimiento, en su estructura orgánica tiene cuatro grupos de trabajo los cuales son: i) Grupo de Trabajo Investigación en Geometalurgia y Geoambiente para el Procesamiento de Minerales de los Depósitos en Colombia; ii) Grupo de Trabajo Laboratorio de Caracterización, Procesamiento e Investigación de Carbones y Materiales Energéticos.; iii) Grupo de Trabajo Recepción, Preparación de Muestras para Estudios Geológicos y Caracterización e Investigación Geotécnica; iv) Grupo de Trabajo Laboratorio de Caracterización de Materiales Geológicos e Investigación de Procesos Geoquímicos, de acuerdo con la Resolución D-211 del 30 de mayo de 2019.

6.2. Objetivos y funciones del área de conocimiento

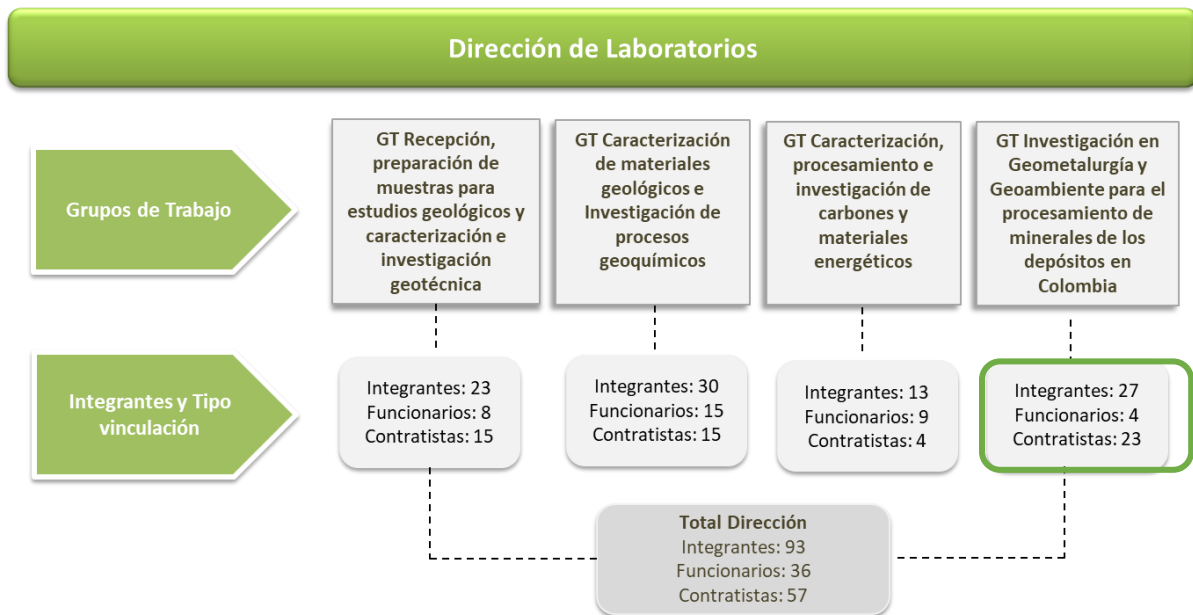
Objetivo General:

- Fortalecer la generación de valor agregado en el proceso de investigación y caracterización de materiales geológicos.

Objetivos Específicos:

- Mejorar los mecanismos para la generación de conocimiento
- Proponer procedimientos para el mejor aprovechamiento de los recursos minerales del subsuelo
- Entregar los resultados de la caracterización de materiales geológicos en los tiempos establecidos y con la confiabilidad requerida

6.3. Estructura funcional (grupos de trabajo e integrantes, discriminando tipo de vinculación)



6.4. Proyectos del área de conocimiento vs Presupuesto

6.4.1. Objetivos propuestos vs. Avances de los proyectos con corte al 30 de noviembre de 2020

A continuación, se presentan los avances con corte al 30 de noviembre de 2020, correspondiente a los proyectos de gestión de los diferentes Grupos de Trabajo de la Dirección de Laboratorios.

GRUPO DE TRABAJO INVESTIGACIÓN EN GEOMETALURGÍA Y GEOAMBIENTE PARA EL PROCESAMIENTO DE MINERALES DE LOS DEPÓSITOS EN COLOMBIA

Proyecto de gestión 1001405 Caracterización metalúrgica de materiales geológicos.

Descripción del Proyecto: Metodologías para el mejor aprovechamiento de recursos auríferos en provincias mineras, sin el uso del mercurio; operando de forma competente y asegurando la generación de resultados válidos.

Objetivo: Elaborar Guías metodológicas y/o cartillas para el mejoramiento productivo del beneficio de minerales: Prioridad Oro sin uso de Mercurio.

Justificación: La caracterización de los depósitos de minerales de Colombia hace parte de una tarea continuada del grupo de trabajo de Cali de la Dirección de Laboratorios, mediante la cual se pretende desarrollar el mapa geometalúrgico de minerales de Colombia. En este caso específico este conocimiento se concreta en el proyecto Guías metodológicas para el mejoramiento de la productividad de plantas de beneficio de oro sin el uso del mercurio.

Dentro del Plan Estratégico Sectorial para la Eliminación del Uso del Mercurio, estos estudios se traducen en un aporte significativo del Servicio Geológico Colombiano a la minería en Colombia, atendiendo un claro compromiso del Ministerio de Minas y Energía por la preservación de la salud humana y la mitigación de los impactos ambientales generados por el desarrollo de actividades mineras, en especial aquellas que no cumplen plenamente con las normas y mandatos nacionales e internacionales, orientadas hacia la eliminación del uso del mercurio en la actividad industrial minera.

Esta guía metodológica y la generación de conocimiento geocientífico, en general, que realiza el Servicio Geológico Colombiano se ajustan a lo preceptuado en las bases para la consolidación de una política de Estado en ciencia, tecnología e innovación (artículo 3.º de la Ley 1286 de 2009, “Por la cual se modifica la Ley 29 de 1990, se transforma a Colciencias en departamento administrativo, se fortalece el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia y se dictan otras disposiciones”), entre las que se destacan: “Incorporar la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación a los procesos productivos, para incrementar la productividad y la competitividad que requiere el aparato productivo nacional. [...] Integrar esfuerzos de los diversos sectores y actores para impulsar áreas de conocimiento estratégicas para el desarrollo del país. [...] Promover el desarrollo de estrategias regionales para el impulso de la ciencia, la tecnología y la innovación, aprovechando las potencialidades en materia de recursos naturales...”.

Beneficios: Aporte a las comunidades mineras en particular y a la empresa minera en general para incrementar la productividad de sus procesos sin el uso del mercurio y previniendo otros impactos ambientales propios de la actividad.

Productos y Entregables: Documentos técnicos – Guías metodológicas

Avances y Logros:

- Se elaboró la Guía Metodológica para el mejoramiento de la productividad del beneficio de oro sin el uso del mercurio en el Distrito minero de Frontino –Antioquia y el respectivo Informe Técnico.
- Se elaboró la Guía Metodológica para el mejoramiento de la productividad del beneficio de oro sin el uso del mercurio en el Distrito Minero de San Martín de Loba-Sur de Bolívar y el respectivo Informe Técnico.
- Se presentó la guía metodológica para el mejoramiento de la productividad del beneficio de oro sin el uso de mercurio de la zona de Amalfi.
- Se inicia la planificación del proyecto Mapa geometalúrgico y geoambiental de oro de Colombia.
- Se definieron los ensayos metalúrgicos para la zona de estudio de Chocó. Se prepararon las condiciones para iniciar ensayos, una vez se tenga acceso a los laboratorios posterior a la contingencia sanitaria.
- Se adelantaron actividades de análisis y ensayos de laboratorio de mineralogía para la caracterización del material de la zona 3 (Chocó), con el fin de planificar y efectuar los ensayos metalúrgicos y ambientales.
- Adquisición de los siguientes equipos para los laboratorios:
 - Instrumentos analíticos multiparámetros
 - Elementos de seguridad minera
 - Materiales y suministros generales de laboratorio
- Se suscribieron los siguientes Convenios con las Universidades, con el fin de aunar esfuerzos para la caracterización mineralógica geometalúrgica de los depósitos de las zonas de estudio:
 - Convenio Especial de Cooperación con la Universidad Nacional
 - Convenio Especial de Cooperación la Universidad de Caldas
- Actualmente se encuentran en proceso precontractual los siguientes procesos:
 - Adquisición de reactivos químicos
 - Adquisición de equipos complementarios para los laboratorios
 - Adquisición de equipos de pulido y enresinado para los laboratorios
 - Adquisición de equipos ópticos
 - Adquisición de cabinas de extracción

- Mantenimiento electromecánico de los equipos de los laboratorios de mineralogía, química y metalurgia.
 - Mantenimiento equipos de pulido y corte del laboratorio de mineralogía
 - Mantenimiento de las cabinas y sistemas de extracción de los laboratorios
 - Mantenimiento de balanzas y equipos isotérmicos de los laboratorios
 - Mantenimiento de microscopios de los laboratorios
- Se adelantó en el proceso de la implementación de la norma ISO: IEC 17025:2017.
 - Se trabajó en la actualización y revisión documental de los formatos del Sistema de Gestión de Calidad de los laboratorios, manuales de operación de los equipos y métodos de los diferentes ensayos y técnicas analíticas.
 - Se desarrollaron actividades asociadas al proceso AEO, para procedimiento Aseguramiento Metrológico, Procedimiento de mantenimiento preventivo y correctivo, trazabilidad Metrológica y formato verificación de entrada y salida de Equipos.

A continuación, se presenta en la Figura 6.1 las portadas de las Guías Metodológicas realizadas como productos asociados a este proyecto.

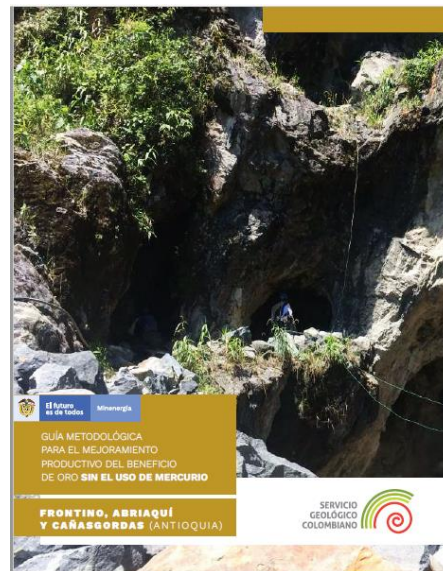
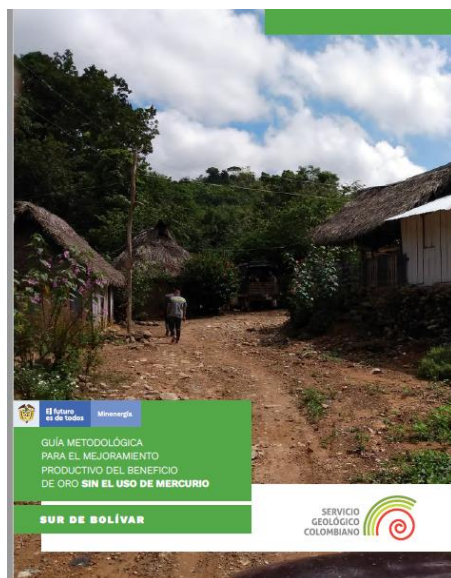


Figura 6.1. Guías metodológicas para el mejoramiento de la productividad del beneficio de oro sin el uso del mercurio.

Proyecto de gestión 1001409 Investigación en metodologías de aprovechamiento metalúrgico

Descripción del Proyecto: Desarrollo de metodologías que permitan ampliar el conocimiento geometalúrgico para el mejor aprovechamiento del recurso aurífero del país.

Objetivo: Disponer de metodologías y técnicas analíticas actualizadas para generar conocimiento geometalúrgico y geoambiental para el mejor aprovechamiento del recurso.

Justificación: La caracterización de los depósitos de minerales de Colombia hace parte de una tarea continuada del grupo de trabajo de Cali de la Dirección de Laboratorios, mediante la cual se pretende desarrollar el mapa geometalúrgico de minerales de Colombia.

En este caso específico este conocimiento se concreta en el proyecto Investigación De Metodologías Para El Mejor Aprovechamiento Metalúrgico De Los Depósitos colombianos.

Dentro del Plan Estratégico Sectorial para la Eliminación del Uso del Mercurio, estos estudios se traducen en un aporte significativo del Servicio Geológico Colombiano a la minería en Colombia, atendiendo un claro compromiso del Ministerio de Minas y Energía por la preservación de la salud humana y la mitigación de los impactos ambientales generados por el desarrollo de actividades mineras, en especial aquellas que no cumplen plenamente con las normas y mandatos nacionales e internacionales, orientadas hacia la eliminación del uso del mercurio en la actividad industrial minera.

Beneficios: Aporte a las comunidades mineras en particular y a la empresa minera en general para incrementar la productividad de sus procesos sin el uso del mercurio y previniendo otros impactos ambientales propios de la actividad.

Productos y Entregables: Documentos técnicos de metodologías desarrolladas

Avances y Logros:

- Se efectuó el estudio sobre la aplicación de la electro-obtención en el tratamiento de soluciones de cianuración de oro con cobre.
- Se efectuó el estudio sobre la aplicación de la oxidación de minerales cianicidas con ozono.
- Se efectuó el estudio sobre la aplicación del dimensionamiento y simulación computacional de operaciones de beneficio de minerales.
- Se efectuó el estudio sobre fitotoxicidad de relaves mineros.
- Adquisición de Instrumentos analíticos multiparámetros
- Actualmente se encuentran en proceso precontractual los siguientes procesos:

- Licencia de programa (software) para la simulación de procesos de beneficio de minerales.
 - Adquisición de equipos de pulido
 - Adquisición de cabinas de extracción para los laboratorios
 - Adquisición de equipos para análisis de secciones pulidas del laboratorio de mineralogía
- Se validaron y se encuentran en edición los siguientes informes del proyecto:
 - Informe final sobre la aplicación de la electro-obtención en el tratamiento de soluciones de cianuración de oro con cobre.
 - Informe final sobre la aplicación de la oxidación de minerales cianicidas con ozono.
 - Informe final sobre la aplicación del dimensionamiento y simulación computacional de operaciones de beneficio de minerales.
 - Informe final el estudio sobre Fitotoxicidad de relaves mineros.
 - Informe final sobre el estudio mineralógico de liberación de partícula

A continuación, en la Figura 6.2 a manera representativa se muestran los estudios electroquímicos (izquierda) y Estudios de Oxidación con ozono (derecha)

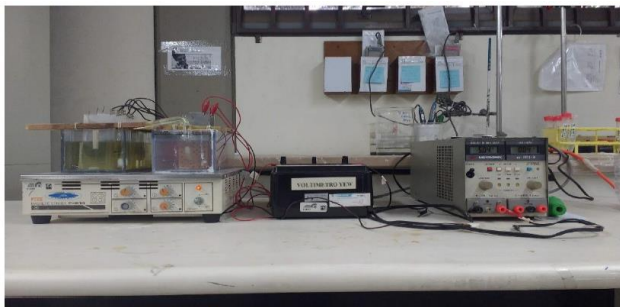


Figura 1. Celda electrolítica para la deposición de oro y cobre.



Figura 41. Pretratamiento oxidativo con ozono en sistema Pachuca de material refractario M7944 colas de batea, mina el apique.

Figura 6.2. *Izquierda:* Celda electrolítica para la deposición de oro y cobre. *Derecha:* Pretratamiento oxidativo con ozono en sistema Pachuca de material refractario M7944 colas de batea, mina el apique.

GRUPO DE TRABAJO DE CARACTERIZACIÓN, PROCESAMIENTO E INVESTIGACIÓN DE CARBONES Y MATERIALES ENERGÉTICOS

Proyecto de gestión 1001407 Caracterización carbones y materiales energéticos

Descripción del Proyecto: La caracterización de carbones y materiales energéticos, contribuye a la generación de conocimiento con propósitos geocientíficos; se realiza mediante ensayos, operando de forma competente y asegurando la generación de resultados válidos para los proyectos del SGC que lo requieran, entidades gubernamentales y demás sectores económicos vinculados.

Objetivo: Desarrollar las actividades para la caracterización de materiales geológicos con propósitos geocientíficos para los proyectos del SGC que requieran la participación de la Dirección de Laboratorios para la realización de ensayos.

Justificación: Dentro de la cadena de valor para la generación de productos de información del SGC, el Grupo de Carbones y Materiales Energéticos, realiza ensayos con criterios de confiabilidad y trazabilidad de los resultados de ensayos que se realizan; mediante personal competente y con la infraestructura física y tecnológica que posee, lo que permite la caracterización de los materiales geológicos que son un insumo fundamental para la realización de mapas, documentos que requieren información sobre el conocimiento y potencial de los recursos del subsuelo colombiano.

Beneficios: El proyecto le permite al SGC la ejecución de los análisis de laboratorio que son requeridos para la generación de la mayoría de los productos institucionales y el mantenimiento óptimo de toda la infraestructura tecnológica. La confiabilidad y oportunidad de los resultados de ensayos que realiza el Grupo de Trabajo de Carbones y Materiales Energéticos, es fundamental para los proyectos que desarrolla el Servicio Geológico Colombiano.

Productos y Entregables: Documentos técnicos

Avances y Logros:

- Se prepararon 493 muestras de proyectos institucionales (2019-20) y convenio 01 -20 con la ANM.
- Se realizaron 4.393 determinaciones analíticas: (HE, Hr, Mv, Cz, Cf, St, FS, CHN, Hg, FSI, IMH, Plastometría, Rm, Composición maceral).
- Se realizaron 38 informes para la ANM y se generaron 7 informes parciales para los proyectos institucionales tanto de la Dirección Laboratorios como la de Recursos Minerales.
- Realización y entrega de informe de la evolución del Z Score con la información correspondiente a las tres muestras recibidas en 2019 (malla 4 y malla 60) del programa interlaboratorios INTERLAB.
- Recepción de muestras e inicio de los ensayos correspondientes al cuarto envío de las muestras de carbón a malla 4 y malla 60 del programa interlaboratorios INTERLAB.
- Organización de la documentación técnica de los equipos con miras a la acreditación.
- Revisión de metodologías, guías, manuales y formatos del grupo de trabajo para su actualización.

- Consolidación de evidencias y seguimiento a actividades del Comité de Calidad, al indicador y cronograma de implementación de la 17025 para el CONPES.
- Ajustes al Portafolio de Servicios de acuerdo con nuevos grupos de trabajo y costos de 2020.
- Consolidación y diligenciamiento de formatos para participar en convocatoria ONUDI y GQSP: Revisión del método y la documentación asociada para la DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES DE REACTIVIDAD DEL COQUE (CRI) Y RESISTENCIA DEL COQUE DESPUÉS DE LA REACCIÓN. Se encontró necesidad de actualizar la documentación.
- Reuniones de calidad y de ensayos al interior del grupo de trabajo de Carbones.
- Elaboración de plantilla para establecer periodos de calibración de estufas, muflas y balanzas.
- Actualización de ocho (8) documentos de métodos de ensayos y manuales de operación, está en proceso de revisión, para subir a la plataforma de Isolución.
- Participación en la construcción de identificación, análisis y control de riesgos para la Dirección de Laboratorios, está en proceso y es transversal para toda la Dirección.
- Revisión y consolidación de MRC del grupo de trabajo, para su adquisición.
- Programación de actividades de petrografía para: análisis, entrega de resultados, organización de información y disposición de muestras.
- Se elaboraron estudios previos y fichas técnicas del proceso de contratación para la adquisición e instalación de equipos de temperatura y también se participó en actividades de evaluación técnica de este proceso SASI 03-2020 “adquisición de equipos de temperatura para el SGC, este proceso de adquisición ya se completó y se adjudicó a diferentes proveedores.
- Se estructuró y participó en todo el proceso SASI 007 de contratación de mantenimientos y suministro de repuestos de cromatógrafos ALIGENT, este proceso fue adjudicado.
- Se estructuró y participó en todo el proceso de contratación de mantenimientos de equipos de preparación de carbones y otros equipos.
- Se elaboraron estudios previos, fichas técnicas y estudio del sector del proceso de contratación para la adquisición de reactivos químicos para los laboratorios para el SGC. Se aprobó en el comité de contratación en el mes de marzo y en el mes de abril será publicado en la plataforma del SECOP II.
- Se elaboraron estudios previos y ficha técnica para la contratación del mantenimiento del espectrómetro del laboratorio de carbones. Este proceso fue aprobado por el comité de contratación en el mes de marzo de 2020.

- Se brindó apoyo técnico y logístico para la consolidación de necesidades de los diferentes grupos de trabajo para el proceso de Mantenimiento de Sistemas de Extracción de los laboratorios del SGC.
- Se elaboró ficha técnica para la adquisición de 2 sistemas de extracción para el laboratorio de carbones.
- Se suscribió el Convenio Interadministrativo entre el SGC y la ANM. Su inicio está sujeto a la normalización de la coyuntura actual. No obstante, se realizó una primera reunión de coordinación con la ANM.
- Se realizaron presentaciones al interior del grupo de trabajo por parte de personal del mismo, se relacionan algunas de las exposiciones: Seminario Cromatografía de gases; "Preparación de carbones", Método para verificar la precisión de la preparación y análisis de la muestra, humedad total; Presentación del método Análisis próximo en Carbones y coques; Presentación grupo de investigación "Dirección de Laboratorio y generación y uso de los datos de laboratorio aplicados a la investigación geocientífica"; "Aspectos relevantes en el control y manejo de productos y sustancias químicas en Colombia", Aspectos analíticos en dos ensayos de laboratorio: "Determinación de azufre total en equipo LECO S832HT y de la Humedad de equilibrio.
- Se desarrollaron actividades asociadas al proceso AEO, para el procedimiento de Aseguramiento Metrológico, Procedimiento de mantenimiento preventivo y correctivo, trazabilidad Metrológica y formato verificación de entrada y salida de Equipos.
- Se efectuó la evaluación de la competencia técnica para los ensayos de mercurio e índice de hinchamiento.
- Se realizó la presentación del seminario clasificación de carbones según norma ASTM D388-19a ante los grupos: GMAC y Minerales energéticos de la dirección de recursos minerales y el grupo de carbones de la dirección de laboratorios.
- Se continuaron los trámites precontractuales y contractuales para la adquisición de bienes y servicios requeridos para los laboratorios.
- Se realizaron los siguientes entrenamientos, de forma virtual y presencial se los siguientes equipos que se adquirieron en esta vigencia:
 - ✓ Operación horno materia volátil.
 - ✓ Entrenamiento remoto y presencial de las estufas de pérdidas por secado al aire, mufla, y estufa de humedad residual.
- Compilación resultados muestras que quedaron en proceso de análisis de DRUMMOND para elaboración de informes. Elaboración Informe de avance en el informe de cromatografía de gases.
- Se participó de la III Cumbre Petróleo y Gas. de 2020.

En la Figura 6.3 mostrada a continuación se muestran apartes de los procesos de caracterización asociados a este proyecto.



Figura 6.3. Imágenes correspondientes a la ejecución de los ensayos de caracterización de carbones

Proyecto de gestión 1001408 Investigación carbones y materiales energéticos

Descripción del Proyecto: Los proyectos de investigación están enfocados en evaluación procesamientos de carbones, materiales energéticos y sus subproductos y aplicaciones ambientalmente sostenibles.

Objetivo: Desarrollar estudios en investigación básica y aplicada con el fin de generar conocimiento geocientífico y valor agregado en la cadena productiva del carbón, materiales energéticos y sus subproductos.

Justificación: Con el fin de aportar a la norma colombiana de clasificación de carbones por rango que se evalúa en el Comité 42 de carbones y coques del ICONTEC, se expresa la necesidad de analizar, evaluar y contrastar la información secundaria, realizar consecución de información primaria cubriendo más zonas carboníferas, para proponer un anexo a la norma para la clasificación por rango de los carbones colombianos.

Aproximadamente, el 70% de las emisiones de mercurio a la atmósfera causadas por el hombre proviene de la combustión estacionaria de combustibles fósiles, en especial del carbón, y de la incineración de materiales de desecho.

Según el documento realizado por la OCDE llamado POLITICAS PRIORITARIAS PARA UN DESARROLLO INCLUSIVO, en el numeral 2.4. ALINEAR LAS POLITICAS PARA UNA ECONOMIA VERDE, define: “En cualquier caso, la mala calidad del aire y del agua se traduce en unos costos anuales para la salud que equivalen al 2% del PIB, y esto no tiene en cuenta los efectos de la exposición de mercurio, particularmente toxico.” y en el texto de principales recomendaciones: “Mejorar la gestión del sector

de la minería, que tiene un impacto nocivo en la calidad del aire, los recursos acuíferos y la biodiversidad”.

El mercurio presente en la atmósfera procede de fuentes naturales, tales como la actividad volcánica o la liberación de gases de materiales geológicos. Sin embargo, las emisiones más importantes son de origen antropogénico, siendo las fuentes principales la industria siderúrgica y las instalaciones de combustión de carbón de potencia superior a 50 MW3.

Beneficios: Apropiar la norma técnica ASTM D388 a las condiciones de los carbones colombianos y anexar a la norma técnica colombiana NTC 4196 los resultados de la investigación.

- Aumentar el conocimiento geocientífico de los carbones colombianos.
- Realizar la apropiación social del conocimiento de la información generada para el sector minero e industrial del carbón.
- Metodología definida para determinar las emisiones del mercurio para el sector generador de energía con carbón, de interés como aporte al Plan Único de Mercurio y al Plan Estratégico sectorial para la eliminación del uso de mercurio.
- Evaluación del comportamiento del mercurio en la combustión del carbón
- Aportes para una propuesta de un modelo sostenible para mitigar los impactos generados en el proceso de combustión.

Productos y Entregables:

1. Documentos técnicos del ciclo del mercurio en carbones
2. Base de datos integrada al mapa de calidad de carbones colombianos.
3. Documento técnico sobre la relación entre la reflectancia de la vitrinita y la materia volátil para carbones colombianos.

Avances y Logros:

- **Fase: Ocurrencia de mercurio**
- Reunión con GECELCA, para presentación del proyecto y programar las visitas a las termoeléctricas.
- Depuración de las minas muestreadas en Boyacá y elaboración de mapa.
- Envío de tres resúmenes al Congreso del Carbono C3-2020 y preparación de las presentaciones de tres resúmenes aprobados.
- Programación y realización de muestreo de mercurio en chimenea y calidad de aire en Termosochagota, así como de carbón en banda, cenizas volantes y de fondo.
- Reunión con ANDEG con el fin de informar avances en las actividades del proyecto y contactos con las termoeléctricas.

- Presentación del proyecto de ocurrencia de mercurio a directivos GECELCA y a sus proveedores de carbón en Córdoba.
- Definición de las minas a muestrear en Boyacá y elaboración de mapa de los proveedores de TERMOSCHAGOTA.
- Informe de avance de las actividades realizadas con las termoeléctricas en el marco del convenio 032 SGC – ANDEG.
- Elaboración de estudios previos y estudio del sector para la contratación de la adquisición del kit de calibración para el equipo portátil de medición de mercurio.
- Se elaboró el capítulo de Petrografía para el proyecto ocurrencia de mercurio, el cual se encuentra en proceso de revisión.
- Se realizó el entrenamiento en *“Calidad del aire y emisiones atmosféricas de acuerdo con necesidades y alcances de proyectos de caracterización de emisiones de mercurio en centrales de generación térmica”*, con experto nacional, a través de medio virtual y una parte presencial.
- **Fase: Correlación Interparamétrica de Carbones**
- Preparación de 30 muestras de carbón para análisis de reflectancia media de la vitrinita.
- Remisión a la Oficina de Recepción de Muestras de la solicitud interna para el análisis de 35 muestras de carbón, colectadas en el mes de diciembre de 2019.
- Programación y realización de comisión a Norte de Santander para muestreo de mantos faltantes con la cual finaliza la cobertura en dicha zona carbonífera. Se colectaron 47 muestras de carbón.
- Avance en el tratamiento estadístico y en el informe técnico. Se cuenta con el análisis estadístico de 327 muestras.
- Se inició la redacción del capítulo EL CARBÓN EN COLOMBIA correspondiente al informe de la fase de correlación Interparamétrica.

En la Figura 6.4 se aprecian actividades relacionadas con el proyecto.



Figura 6.4. *izquierda:* Análisis de reflectancia de la vitrinita. *Derecha:* muestreo de mercurio en Chimenea - Sochagota

GRUPO DE TRABAJO RECEPCIÓN, PREPARACIÓN DE MUESTRAS PARA ESTUDIOS GEOLÓGICOS Y CARACTERIZACIÓN E INVESTIGACIÓN

Proyecto de gestión 1001411 Adecuación de muestras para estudios geológicos y caracterización geotécnica

Descripción del Proyecto: Este proyecto aplica su competencia técnica, conocimientos y metodologías para preparar muestras de materiales geológicos y realizar caracterización geotécnica.

Objetivo: Realizar la preparación de muestras de origen geológico, de acuerdo a los requerimientos de los proyectos institucionales y caracterización mecánica de rocas y suelos con propósitos geotécnicos conforme con los protocolos establecidos

Justificación: La Dirección de Laboratorios provee información sobre el potencial de los recursos del subsuelo colombiano, el conocimiento geocientífico, la cartografía geológica y las amenazas geológicas. Esta información se nutre de la ejecución de ensayos analíticos de tipo químicos, físicos, petrográficos y geotécnicos especializados que emplean tecnología avanzada, personal competente y metodologías estandarizadas para obtener resultados confiables que dan paso a la caracterización de los materiales geológicos, que se convierten en el insumo básico para la realización de mapas, modelos e informes que le aportan al país en los diversos sectores de la economía.

Las metodologías de ensayos de los laboratorios requieren que las muestras de tipo geológico cumplan con unos estándares para poder realizar los análisis con éxito y que al tiempo sean confiables, repetibles y reproducibles de acuerdo con la normatividad. Para cumplir este precepto es necesario que se realice una buena adecuación y manejo de las muestras, que implica actividades como la recepción e identificación de los materiales, secado natural, trituración y pulverización hasta obtener un material fino y homogéneo que cumple con el parámetro de tamaño de partícula requerido en el momento de iniciar un análisis. Las muestras para petrografía requieren un tratamiento especial de corte, elaboración de secciones delgadas y pulido, de igual manera la preparación de muestras para la concentración de

circones utilizado en análisis geocronológicos requiere de un procedimiento particular donde se garantice la granulometría del mineral y la eliminación de contaminación cruzada.

La Dirección de Laboratorios tiene un grupo técnico de trabajo en preparación de muestras que posee la infraestructura física, los equipos adecuados, el personal competente y las metodologías apropiadas para satisfacer esta necesidad y entregar muestras preparadas de calidad.

Beneficios: Como beneficios del proceso de adecuación de muestras podemos mencionar:

El “Listado de ensayos de la Dirección de Laboratorios” que cubre todos los materiales geológicos que se trabajan en el SGC.

Productos y Entregables: Documentos técnicos

Avances y Logros:

- **Adecuación de muestras para estudios geológicos**
- De acuerdo POA, se adecuaron un total de 2.342 muestras para estudios Geológicos y Geotécnicos. El Laboratorio Medellín proceso el 11%, Preparación Bogotá el 51%, Pulidos 24% y Laboratorio de Geotecnia: 14% del total de muestras.
- Se realizaron los procesos contractuales de Adquisición, mantenimiento y calibración de equipos:
 - Mantenimiento Molinos Retsch Contrato 1264 de 2019.
 - Mantenimiento Molinos Fritsch Contrato 416 de 2020.
 - Mantenimiento y calibración Equipo tipo Piezocono. Contrato 217 de 2020.
 - Mantenimiento de los equipos Geotecnia Básica Contrato CA-09-2020.
 - Mantenimiento correctivo y preventivo de Cuartos Húmedos Contrato 20 de 2020.
 - Mantenimiento preventivo y suministro de accesorios y sistema de adquisición de datos, para (4) consolidómetros marca CONTROLS para el laboratorio de Geotecnia por contratación directa. Contrato No. 403 del 2020.
 - Mantenimiento de los equipos de corte y pulido de todas las regionales (en proceso).
 - Proceso Transversal para Mantenimientos balanzas, isotérmicos y otras variables.
 - Proceso Transversal para Mantenimiento de cabinas de extracción.
- Se realizaron los procesos contractuales para la adquisición de equipos.
 - Proceso Transversal para Adquisición de Microscopios Contrato 211 de 2020 .
 - Adquisición de tamices Contrato CA006 de 2020.
 - Adquisición de Pulidora y enresinadora Contrato No. 377 del 2020.
 - Adquisición Copas diamantadas CA 018 de 2020.
 - equipos automáticos con la capacidad de ejecutar ensayos de corte Directo, corte directo residual y de consolidación Contrato No. 436 del 2020.
 - Adquisición de equipos pequeños de laboratorio Geotecnia y Medellín (en proceso).
 - Adquisición de Equipos de calentamiento: Horno Laboratorios de Medellín.

- Adquisición de equipos Preparación de muestras (Tamizadora grande y baño ultrasónico) (En proceso).

En la Figura 6.5 se muestran algunas actividades relacionadas con el desarrollo del proyecto.



Figura 6.5. Procesos de adecuación y preparación de muestras

Proyecto de gestión 1001412 Investigación en preparación muestras y geotecnia

Descripción del Proyecto: Mediante este proyecto se realiza la preparación de muestras de materiales geológicos para concentración de circones con fines Geocronológicos, elaboración de probetas para datación radiométrica e investigación y caracterización mecánica de rocas y suelos con propósitos geotécnicos

Objetivo: Fomentar la investigación y profundizar en el conocimiento geotécnico de materiales arcillosos del territorio nacional e implementar una nueva metodología para la concentración de circones en rocas Granitoides.

Justificación: El Laboratorio de Geotecnia centra su investigación en el comportamiento esfuerzo – deformación de los materiales arcillosos en el territorio colombiano para apoyar el desarrollo de obras de infraestructura y toma de decisiones con respecto a este tipo de proyectos. Los materiales finos arcillosos están frecuentemente ligados a comportamientos anómalos que afectan viviendas, vías e infraestructura ya sea localizada en zonas de montaña o zonas planas. Estos materiales presentan comportamientos muy diferentes ante situaciones de carga semejantes y en la actualidad no se tienen datos suficientes que permitan a nivel de escala semidetallada la toma de decisiones para la planificación del territorio nacional. El análisis de ingeniería para los materiales arcillosos respecto de su comportamiento esfuerzo – deformación se ha concentrado en la caracterización físico – mecánica de los mismos, haciendo muy poco o ningún énfasis en sus relaciones físico- química y mecánica. En el país no se han desarrollado investigaciones sistemáticas a escala semidetallada para la caracterización en laboratorio de estos materiales, dados los altos costos de recursos (humanos, técnicos y financieros) que se requieren para su realización. Los resultados del proyecto proveerán herramientas para establecer la necesidad de incorporar o no cierto tipo de análisis químicos en algunos suelos arcillosos para establecer sus propiedades geotécnicas, además de otros ensayos complementarios que hoy no

son obligatorios en la normativa de construcción colombiana. Se realizará investigación con base experimental con toma de muestras geotécnicas y desarrollo de ensayos de laboratorio, para materiales arcillosos en sectores previamente seleccionados a partir de su génesis y el conocimiento de la información geotécnica disponible con el fin de aportar en el desarrollo preliminar de un modelo de comportamiento esfuerzo – deformación para suelos arcillosos, inicialmente desde el nivel municipal que posteriormente puedan apoyar la construcción de modelos geotécnicos regionales.

De igual manera, el Laboratorio de Geotecnia centra su investigación en el comportamiento esfuerzo – deformación de los materiales arcillosos en el territorio colombiano para apoyar el desarrollo de obras de infraestructura y toma de decisiones con respecto a este tipo de proyectos. Los materiales finos arcillosos están frecuentemente ligados a comportamientos anómalos que afectan viviendas, vías e infraestructura ya sea localizada en zonas de montaña o zonas planas. Estos materiales presentan comportamientos muy diferentes ante situaciones de carga semejantes y en la actualidad no se tienen datos suficientes que permitan a nivel de escala semidetallada la toma de decisiones para la planificación del territorio nacional. El análisis de ingeniería para los materiales arcillosos respecto de su comportamiento esfuerzo – deformación se ha concentrado en la caracterización físico – mecánica de los mismos, haciendo muy poco o ningún énfasis en sus relaciones físico- química y mecánica. En el país no se han desarrollado investigaciones sistemáticas a escala semidetallada para la caracterización en laboratorio de estos materiales, dados los altos costos de recursos (humanos, técnicos y financieros) que se requieren para su realización. Los resultados del proyecto proveerán herramientas para establecer la necesidad de incorporar o no cierto tipo de análisis químicos en algunos suelos arcillosos para establecer sus propiedades geotécnicas, además de otros ensayos complementarios que hoy no son obligatorios en la normativa de construcción colombiana. Se realizará investigación con base experimental con toma de muestras geotécnicas y desarrollo de ensayos de laboratorio, para materiales arcillosos en sectores previamente seleccionados a partir de su génesis y el conocimiento de la información geotécnica disponible con el fin de aportar en el desarrollo preliminar de un modelo de comportamiento esfuerzo – deformación para suelos arcillosos, inicialmente desde el nivel municipal que posteriormente puedan apoyar la construcción de modelos geotécnicos regionales.

Beneficios: como beneficios del proceso de adecuación de muestras podemos mencionar:

El “Listado de ensayos de la Dirección de Laboratorios” cubre todos los materiales geológicos que se trabajan en el SGC.

Productos y Entregables: Documentos técnicos

Avances y Logros:

- **Fase: Metodología para la concentración de circones en rocas granitoides**
- Se realizó la selección de muestras de rocas granitoides provenientes de los usuarios; en total se identificaron 47 muestras para el proyecto.

- Se realizó el trabajo de laboratorio de 15 muestras granitoides, obteniéndose ángulos laterales para muestras en mesa Wilfley que varían entre 6.2° y 7.5° y ángulos frontales que varían entre 1.7° y 2.2° . Los ángulos laterales y frontales para la separación magnética en equipo Isodinámico Frantz fueron respectivamente 20° y 10° , en todos estos ángulos se obtuvieron circones.
- Se realizó trabajo de investigación direccionado al estudio y actualización del estado del arte sobre granitoides, circones y geocronología y se adelantó la redacción del informe técnico definitivo de la investigación con base en la información disponible.
- **Fase: Caracterización Geotécnica de Materiales Geotécnicos Finos**
- Se consolidó el informe de exploración geotécnica de las comisiones realizadas para Sabana de Bogotá (Tenjo, Tabio y Subachoque) los cuales arrojaron un total de 8 sondeos con 99 metros de perforación desarrollados y con 78 muestras recuperadas.
- Se iniciaron los ensayos de las muestras en el laboratorio: se plantearon un total de 403 ensayos de los cuales se han desarrollado 166 ensayos (41% ejecución)
- Se adelantó la planificación de la tercera comisión para toma de muestras, pero quedó aplazada por el aislamiento preventivo obligatorio generado por el COVID 19.
- Se adelantó el cargue de aproximadamente 40.000 en la Base de datos de información para materiales arcillosos por medio de motores de búsqueda científica del SGC e información existente en el Laboratorio de Geotecnia correspondiente a informes de los resultados.
- A la fecha se está evaluando la migración de la información de la herramienta ACCES a una herramienta en ARC GIS que facilite la visualización de la información a nivel geográfico y que aumente la capacidad de la base de datos, dado el alcance limitado de la herramienta ACCES que actualmente se usa para el almacenamiento.
- Se han ejecutado los mantenimientos preventivos y correctivos de los equipos del laboratorio de Geotecnia como Piezocono Sísmico, Cuartos Húmedos, Equipos de Geotecnia Básica y Equipo de perforación. Adicionalmente se adelanta la adquisición de dos Equipos de corte directo.
- Se han realizado mejoras en cuanto a resanes, pintura y redistribución de las oficinas del Laboratorio de Geotecnia.
- Se realizaron dos videos que muestran el funcionamiento de la base de datos de materiales geotécnicos y la presentación de equipos de exploración directa para elaborar cartas de clasificación de comportamiento geomecánico de materiales.
- Se participa en las reuniones del Comité de Investigación de la Dirección de Laboratorios “Generación y uso de los datos de laboratorio aplicados a la investigación geocientífica” con el documento “Compendio de análisis geomecánicos” y un aparte de muestreo y exploración geotécnica.

- Se desarrolló una propuesta de proyecto de investigación para el bienio 2021-2022 del Laboratorio de Geotecnia la cual fue socializada el día 19 de agosto en Comité de Investigación citado por la Dirección de Laboratorios.

En la Figura 6.6 se aprecian algunas ilustraciones referentes a los procesos asociados a este proyecto.



Figura 6.6. izquierda: Imágenes de las muestras granitoides separadas. Derecha y centro: Actividades relacionadas con caracterización geotécnica.

GRUPO DE TRABAJO CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES GEOLÓGICOS E INVESTIGACIÓN DE PROCESOS GEOQUÍMICOS

Proyecto de gestión 1001413 Caracterización geoquímica de materiales geológicos

Descripción del Proyecto: Desarrollar las actividades para la caracterización de materiales geológicos con propósitos geocientíficos, operando de forma competente y asegurando la generación de resultados válidos para los proyectos del SGC que lo requieran.

Objetivo: Llevar a cabo ensayos de caracterización geoquímica, basados en la competencia técnica del laboratorio y en los requerimientos de los proyectos institucionales.

Justificación: El Laboratorio de Caracterización de materiales geológicos e Investigación de procesos geoquímicos, apoyado en la competencia de su personal y la infraestructura física y tecnológica que posee, desarrolla actividades orientadas a la caracterización geoquímica con propósitos geocientíficos, operando de forma competente y asegurando la generación de resultados válidos para los proyectos de las áreas misionales del Servicio Geológico Colombiano que lo requieran.

Los productos de información generados por el Laboratorio son insumo fundamental para la realización de mapas, modelos, informes, entre otros que le aportan al país en los diversos sectores de la economía,

que requieren información sobre el conocimiento y la cartografía geológica, las amenazas geológicas y el potencial de los recursos del subsuelo colombiano.

Beneficios: El proyecto le permite al SGC la ejecución de los análisis de laboratorio que son requeridos para la generación de la mayoría de los productos institucionales y el mantenimiento óptimo de la infraestructura tecnológica del Laboratorio de Geoquímica.

Productos y Entregables: Documentos técnicos

Avances y Logros:

- **Caracterización de muestras**

- Se realizaron 52.711 ensayos que corresponden a análisis multielemental en rocas, suelos, sedimentos, aguas y gases dentro de la cadena de valor de los proyectos institucionales para la generación de conocimiento geocientífico.
- se efectuó el reporte de SO₃ de 35 determinaciones del área de carbones.
- Se planificaron las actividades para la validación de análisis de metales mediante la técnica ICP-MS y se dio inicio a los primeros ensayos.
- Se está ejecutando la validación para los aniones fluoruro, bromuro, cloruro, nitrato, sulfato y fosfato en los laboratorios de la sede en Manizales.
- Participación en el curso de Incertidumbre y Validación de Métodos Químicos Cuantitativos, dictado por el Instituto Nacional de Metrología, el cual es básico para adelantar y actualizar las validaciones de las técnicas analíticas.
- Se continúan con las actividades relacionadas con los trámites precontractuales para la adquisición de equipos, bienes y servicios y los mantenimientos que se tenían programados.
- Se continúa acopiando la documentación para adelantar los procesos de adquisición de nuevos equipos como la compra Sistema de Digestión por Microondas y un dilutor, un TGA, una perladora y un equipo para difracción de rayos X.
- Se encuentran en ejecución los contratos de mantenimiento de los equipos Malvern Panalitical (Perladora, DRX, FRX), del equipo cromatógrafo iónico marca Metrohm, del equipo Titulador T-90 Marca Mettler Toledo, del equipo ARL Perform'X marca Thermo Scientific, del equipo DMA-80 y de los equipos PerkinElmer.
- Se continúa adelantando la actualización de los documentos internos del Sistema de Gestión de Calidad de la Institución como trabajo en casa y se está participando activamente en las

diferentes capacitaciones virtuales que ofrecen entidades privadas y oficiales en temas técnicos y en la norma IEC-ISO 17025.

- Se desarrollaron actividades asociadas al proceso AEO, para el procedimiento de Aseguramiento Metrológico, Procedimiento de mantenimiento preventivo y correctivo, trazabilidad Metrológica y formato verificación de entrada y salida de Equipos.

En la Figura 6.7 se muestran actividades relacionadas con los procesos de caracterización geoquímica.

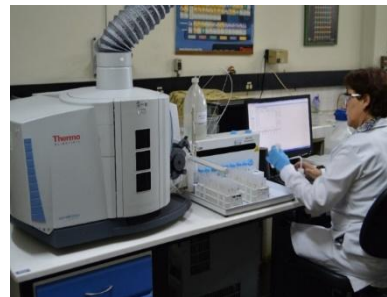


Figura 6.7. Actividades relacionadas con el proceso de caracterización geoquímica.

Proyecto de gestión 1001414 Investigación en geoquímica y nuevas metodologías

Descripción del Proyecto: Desarrollar y mejorar los mecanismos para la generación de conocimiento desde la perspectiva de la investigación de procesos geoquímicos, nuevas metodologías analíticas y sus aplicaciones en materiales geológicos, constituyéndose en un aporte para el cumplimiento de la misión institucional del SGC.

Objetivo: Profundizar en el conocimiento de procesos geoquímicos específicos y desarrollar e implementar nuevas metodologías analíticas orientadas a generar conocimiento de los recursos del subsuelo y sus potenciales aplicaciones.

Justificación: Dentro del avance en el conocimiento geocientífico del territorio nacional se requiere profundizar en la investigación tanto de procesos geoquímicos como en la prospección de los recursos minerales del país.

Por esta razón, al abordar estudios de movilidad de metales pesados e implementar nuevas metodologías que generen conocimiento en minerales arcillosos, se contribuye con el crecimiento científico que fortalece el desarrollo social e industrial del país.

Nombre y Descripción de Productos y Entregables:

- Estudios de movilidad y distribución de especies químicas de metales pesados, con énfasis en mercurio, en zonas de actividad minera de interés nacional.
- Nuevas metodologías para minerales arcillosos

Avances y Logros:

✓ Fase: Estudios de movilidad y distribución de especies químicas

- En estudios de movilidad se recopilaron las metodologías de extracciones secuenciales que existen para estimar la especiación de mercurio, y se seleccionaron aquellas que se pueden implementar en el Servicio Geológico considerando los reactivos y suministros disponibles actualmente.
- Dentro de la actividad de metodologías analíticas de movilidad, se realizaron los cálculos y se redactó un procedimiento, para la preparación de materiales de referencia para extracciones secuenciales de mercurio utilizando productos comerciales.
- Se realizó un taller con los expertos del Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) de España, la Doctora María Isabel Rucandio y el Doctor Rodolfo Fernández Martínez.
- Se retomaron las actividades presenciales en el laboratorio dando prioridad a los ensayos de caracterización por lo que no se han podido ejecutar aún los ensayos asociados al proyecto.
- Se están recibiendo los reactivos que se requieren para la implementación de las diferentes técnicas de extracciones secuenciales en la especiación del mercurio.

✓ Fase: Nuevas metodologías para minerales arcillosos

- Se compiló la información necesaria para el montaje de la metodología para análisis directo de arcillas por espectroscopia infrarroja por reflexión total atenuada (ATR) y se realizó el diseño experimental para el montaje de análisis de amorfos en arcillas.
- En nuevas metodologías para arcillas, dentro de la actividad de implementación de amorfos se terminó el análisis estadístico de los datos preliminares obtenidos para el método (análisis de sensibilidad) y se planteó el diseño de experimentos para proponer los ensayos necesarios para concluir el montaje de la metodología por adición de patrón interno. Se complementó la información de separación y montaje de arcillas para su cuantificación por DRX.
- Dentro de la actividad de adquisición de equipos, se realizó la instalación y puesta en marcha del sensor del analizador TGA-DSC, el equipo se encuentra operativo para todas las aplicaciones que tiene, se elaboró el manual de operaciones de la mufla y se cargó en el aplicativo Isolución, así mismo se terminó el manual de operación de la centrifuga y se cargó en el aplicativo Isolución.

A continuación, se aprecia en la Figura 6.8 algunas actividades relacionadas con el desarrollo del proyecto.

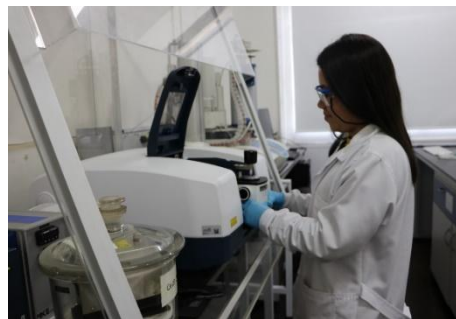
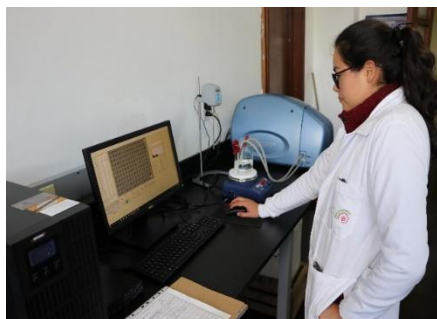


Figura 6.8. Actividades relacionadas con los procesos de investigación asociados al desarrollo del proyecto.

ACTIVIDADES TRANSVERSALES PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA COMPETENCIA TÉCNICA DE LOS LABORATORIOS

En cuanto a la actividad de Fortalecimiento de la competencia técnica de los Laboratorios, incluida en los proyectos de Caracterización de todos los grupos de trabajo de la Dirección, se llevaron a cabo las siguientes acciones durante el segundo trimestre de 2020.

- Participación en reuniones de la mesa de trabajo de calidad de la Dirección de Laboratorios.
- Participación de funcionarios para EVIDENCIA DE DESEMPEÑO Y PRODUCTO EN METROLOGÍA -SENA
- Se adelantaron actividades de actualización de documentos, actualización de portafolio de servicios y gestión metrológica (formato de Control Metrológica) para todos los laboratorios de la dirección con respecto a la acreditación bajo la norma ISO/IEC17025.
- Se elaboraron planes de revisión de documentos transversales Calidad-ICMG y AEO.
- Participación de algunos funcionarios para EVIDENCIA DE DESEMPEÑO Y PRODUCTO EN METROLOGÍA -SENA
- Asistencia a reuniones programadas por la oficina de Planeación relacionadas con revisión de la documentación del Sistema de Gestión y Plan de auditorías en el SGC.
- Participación en capacitaciones y cursos virtuales de verificaciones de equipos metrológicos e identificación de brechas metrológicas.
- Revisión de la guía GU-AEO-MTR-002 trazabilidad metrológica.
- Asistencia a curso sobre actualización norma ASTM17025, la cual sigue en desarrollo.
- Elaboración de soportes para las actividades permanentes para el plan de auditoría interna para 17025:2020.
- Consolidación de evidencias para la generación del informe para el reporte de actividades para el SISCONPES.
- Se llevaron a cabo jornadas de sensibilización, divulgación y socialización sobre aspectos de la norma ISO/IEC17025.

IMPACTO COVID-19 EN EJECUCIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE PROYECTOS DE GESTIÓN DIRECCIÓN DE LABORATORIOS

Como consecuencia de la no asistencia a las instalaciones del laboratorio, siguiendo las directrices de la alcaldía de Bogotá y de la Presidencia de la República, se prevé un impacto alto en el desarrollo de actividades de ensayos laboratorio y la elaboración de los respectivos informes de resultados, para todos los proyectos de la Dirección, teniendo en cuenta que se requiere de trabajo presencial para el manejo de las muestras y de los equipos. Así mismo, la realización de algunos ensayos de laboratorio estará condicionada a la disponibilidad de bienes y servicios que se requieren para el normal funcionamiento de los laboratorios.

En el caso de los proyectos de investigación que requieren de trabajo de campo para recolección de muestras, se deberá realizar una reprogramación de dichas actividades, una vez se normalice la situación actual. (Esta actividad es indispensable para la elaboración de productos y entregables de algunos proyectos).

En relación con los procesos de contratación en curso se espera que sean más lentos y que en algunos casos sea necesario extender los cronogramas de los procesos de Selección, lo cual implica un mayor tiempo para el recibo de bienes y servicios.

También, se estima un incremento importante en el costo de los bienes y servicios requeridos para el funcionamiento normal de los laboratorios, como resultado del incremento del dólar. En efecto, en algunos procesos de contratación que se adelantan mediante la modalidad de Selección Abreviada – Subasta Inversa, los proveedores han anunciado que no podrán mantener los precios de sus ofertas por el incremento del dólar, lo cual implicaría que algunos procesos pueden declararse desiertos.

7. Mejoramiento, desarrollo y promoción de las capacidades científicas y tecnológicas de las aplicaciones nucleares y radiactivas.

7.1. Introducción Asuntos Nucleares

El Servicio Geológico Colombiano, tiene uno de sus objetivos 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 del país; coordinar proyectos de investigación nuclear, así como el manejo y la utilización del reactor nuclear de la nación. Específicamente en la temática nuclear le corresponde asesorar al gobierno en la formulación de políticas en materia de aplicaciones y gestión segura de materiales nucleares y radiactivos, administrar y mantener las instalaciones nucleares y radiactivas a su cargo, así como coordinar los proyectos de investigación nuclear y prestar servicios relacionados con el uso de las aplicaciones nucleares.

7.2. Objetivos y funciones del área de conocimiento

En el plan estratégico del conocimiento geológico del territorio colombiano 2014-2023 del SGC, última versión diciembre de 2014, que sirve como una de las guías estratégicas para orientar los esfuerzos misionales del Servicio, contempla un apartado dedicado a las temáticas nucleares, dentro de este documento se ha establecido una visión a 10 años en investigaciones radiactivas, nucleares e isotópicas en donde se pueden resaltar las siguientes metas a cumplir:

- Transferencia al nuevo almacén de desechos radiactivos del SGC de todos los desechos existentes en el antiguo almacén y recepción de las fuentes en desuso (no re-exportables) existentes fuera del SGC.
- Control institucional bajo condiciones de seguridad radiológica y física por el tiempo de operación del centro nacional de gestión de desechos, previsto inicialmente para 70 años.
- Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica (LSCD) acreditado en los ensayos para todas sus calidades de haces de radiación y procesos de medida en metrología de radiaciones ionizantes que requiera el país.
- Reconocimiento nacional e internacional del LSCD en el desarrollo y mantenimiento de patrones de referencia dosimétrica.
- Disponer de una infraestructura que soporte la investigación asociada a la tecnología de irradiación, a la metrología de las radiaciones y a la gestión de desechos radiactivos.
- Consolidar las aplicaciones nucleares directamente relacionadas con el Reactor Nuclear como son Análisis por activación neutrónica, Huellas de Fisión, Neutrones Retardados, Producción de Radioisótopos y demás.
- El Laboratorio de Análisis Activación Neutrónica (LAAN), deberá ser líder a nivel regional, como centro de referencia para la generación de conocimiento, en aplicaciones para la caracterización de materiales geológicos, ambientales, industriales, forenses e industriales.
- Posicionar internacionalmente el laboratorio de geocronología a través del reconocimiento de las capacidades en las técnicas complementarias de datación U-Pb por LA-ICP-MS y huellas de fisión.

- Laboratorio de técnicas isotópicas (C-14, isótopos estables líquidos y sólidos) acreditado en los ensayos que requiera el país.
- Participación activa en los proyectos de investigación asociada a las técnicas nucleares con particular énfasis en la generación de conocimiento geocientífico y la seguridad radiológica.

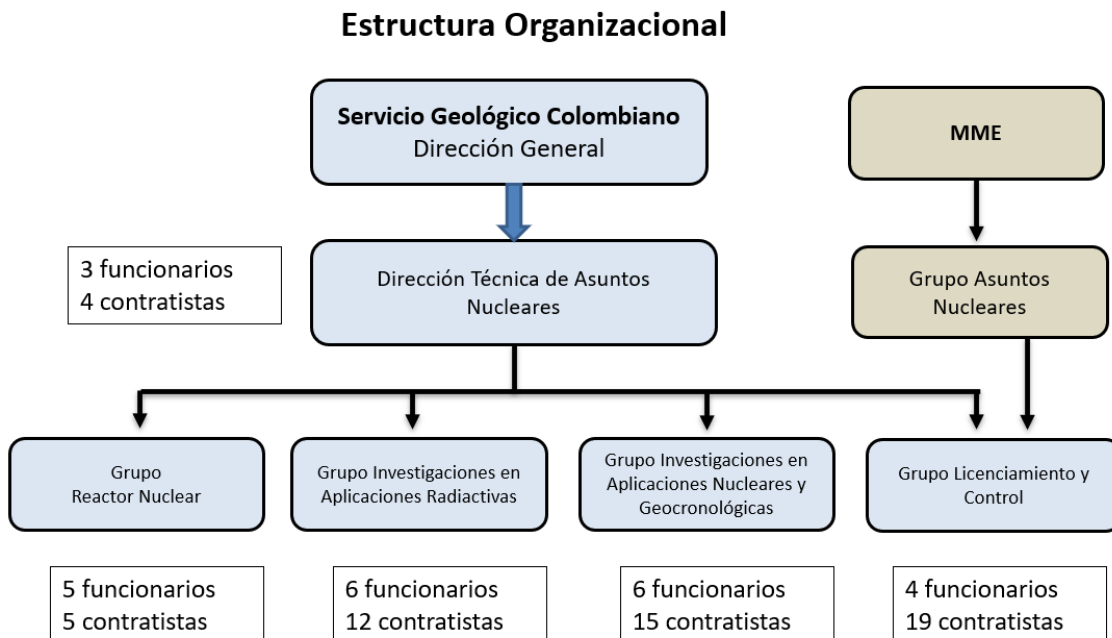
Los recursos para el proyecto de inversión pretende que los servicios ofrecidos alcancen un nivel de excelencia y desarrollo a través de la gestión y seguridad radiológica, y con ello hacer que Colombia se acerque en estos aspectos a los requeridos para ingreso a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), para que exista la posibilidad en el país de ofrecer servicios de seguridad que exigen diferentes normativas y finalmente que los seres humanos tengan un nivel adecuado de seguridad al no recibir dosis innecesarias derivadas de prácticas radiactivas que sin nuestra asistencia serían inseguras.

El Servicio Geológico Colombiano, alineado con los objetivos misionales que se le han encomendado, ha trazado como meta contribuir al desarrollo de la gestión y seguridad radiológica del país, mediante la mejora de sus capacidades tecnológicas y humanas, lo que le permitirá a la redefinición de unidades estratigráficas y aportar al conocimiento geológico del territorio colombiano. La Dirección de Asuntos Nucleares plantea como objetivo central **“Contribuir al desarrollo de la gestión y seguridad radiológica, nuclear e isotópica de los laboratorios e instalaciones del Servicio Geológico Colombiano en el país”**, de lo cual se desglosan dos objetivos específicos así:

1. Mejorar la capacidad técnica y operativa en las técnicas nucleares, radiactivas e isotópicas: La finalidad de este objetivo es impulsar el desarrollo de las técnicas nucleares, radiactivas e isotópicas, mejorando las capacidades técnicas y operativas que conlleven al incremento de la productividad, la mejora de los procesos del Sistema de Gestión Institucional, el cual es la base para la gestión ambiental, de seguridad y salud en el trabajo, la seguridad de la información y la competencia para generar la realización de ensayos y calibraciones acreditados, que aseguren la estandarización de las prácticas, conductas y lineamientos técnicos.
2. Desarrollar servicios en el ámbito de las técnicas nucleares, radiactivas e isotópicas: Con este objetivo se quiere llevar al desarrollo de servicios que es el conjunto de actividades que buscan responder a las necesidades del cliente aportando a la sociedad, contribuyendo al progreso del país basado en la estructuración de un modelo de producción científica y tecnológica en asuntos nucleares. Se hace necesario materializar el aporte al desarrollo social y económico del país ofreciendo servicios de calidad e incluyendo la divulgación de documentos de investigación asociados a los ensayos y las calibraciones.

7.3. Estructura funcional (grupos de trabajo e integrantes, discriminando tipo de vinculación)

La **Dirección de Asuntos Nucleares** – DAN, está conformada por cuatro (4) grupos de trabajo o coordinaciones: Grupo de Investigaciones y Aplicaciones Nucleares y Geocronológicas – GIANG, Grupo del Reactor Nuclear – GRN, Grupo de Investigaciones y Aplicaciones Radiactivas – GIAR y Grupo de Licenciamiento y Control – GLyC. La DAN, se encuentra operando en la Sede del CAN del SGC, donde tiene sus oficinas, sus instalaciones radiactivas y nucleares y sus laboratorios especializados únicos en el país. Adicionalmente, la Dirección Técnica, cuenta con un grupo de investigación en “Asuntos Nucleares”, (creado en 2014), reconocido en categoría “C” por COLCIENCIAS (actual MINCIENCIAS) en las convocatorias No. 781 de 2017 y 833 de 2018, el cual se destaca por poseer el mayor número relativo de investigadores en la entidad (8 de un total de 20 categorizados). Tal como se muestra en el siguiente diagrama:



7.4. Proyectos del área de conocimiento vs Presupuesto

7.4.1. Objetivos propuestos vs. Avances de los proyectos con corte al 30 de noviembre de 2020

Grupo de Investigaciones Nucleares y Geo cronología

Proyecto	Objetivos propuestos	Avances de los proyectos a 30 de noviembre de 2020
Consolidación Centro de Geocronología	<p>Desarrollar y promover investigación en geocronología e isotopía para contribuir a la generación del conocimiento geológico del país.</p> <p>-Realizar proyectos de investigación en conjunto con otros grupos del SGC, universidades y entidades a nivel nacional e internacional.</p> <p>-Fortalecer el conocimiento científico en geocronología e isotopía mediante el entrenamiento de personal en las técnicas desarrolladas.</p> <p>-Socializar y realizar actividades de apropiación social del conocimiento de los productos técnicos desarrollados con el fin de promover las técnicas en geocronología e isotopía.</p>	<p>98% de avance en</p> <ol style="list-style-type: none"> Dos (2) Técnicas de geocronología e isotopía implementadas. Avances estudio de Xenotiima, estudios de isotopos de C y O en carbonatos. Ocho (8) Informes Técnicos. Avances de 9 informes. Dos (2) Divulgaciones científicas en geocronología e isotopía para el conocimiento geocientífico del país. <p>Cumplido</p> <p>Adición presupuestal N.1 - 2020</p> <p>Se avanzó en la adquisición de datación por luminiscencia TL/OSL</p> <p>Aumento de la capacidad analítica para datación por C-14 y determinación de H3</p>
Infraestructura Laboratorios Adecuados y dotados	Realizar la implementación de la norma ISO/IEC 17025 para la acreditación de ensayo de laboratorio y calibraciones de la Dirección de Asuntos Nucleares.	95% e avanzó en la adecuación de la infraestructura física y tecnológica cumpliendo norma ISO_IEC 17025.
Servicios de Ensayos Técnicas Nucleares, radiactivas e isotopicas	Realizar ejecución de servicios de ensayos de Ensayos Técnicas Nucleares, radiactivas e isotópicas con oportunidad y cumpliendo los requisitos de la norma ISO/IEC 17025.	95% Cumplimiento de los servicios después de generar un plan de acción por situación de pandemia COVID 19.

Grupo de Investigación en Aplicaciones radiactivas

Nombre	% Completado	% Esperado Progresión
Implementación de Lineamientos Técnicos	91	94
Implementación de Lineamientos 2020	83	88
Cierre brechas ISO17025 2015-2017 labs acreditados	100	91
Socializar documentos de lineamientos técnicos	50	83

Nombre	% Completado	% Esperado Progresión
Servicios Calibración Equipos Nuclear-Radiológicos	92	96
Fase 2020	85	92
Calibración de equipos de protección radiológica	92	92
Implementación de servicio Cobalto - 60	71	94
Implementación de servicio Rayos X	91	91
Nombre	% Completado	% Esperado Progresión
Servicios de Gestión de Desechos Radiactivos	89	97
Fase 2020	78	94
Vigilancia radiológica	80	92
Programa operacional	61	94
Recolectar Residuos peligrosos no radiactivos	70	91
Cumplimiento Compromisos Regulatorios	100	100
Plan de Manejo Ambiental	92	95
Modificación documentación GDR	100	96
Programa de mantenimiento	53	91

Grupo de Licenciamiento y Control

-Como respuesta a la situación de emergencia sanitaria por COVID-19, se adaptó el modelo de trabajo del Grupo de Licenciamiento y Control para la gestión de trámites y otras solicitudes a través de canales completamente electrónicos.

-Se trasladaron los canales de comunicación con los usuarios de material radiactivo a plataformas tecnológicas en línea: Llamadas telefónicas enrutadas, correo electrónico, videoconferencias.

-Se realizó la evaluación técnica y respuesta de fondo sobre mil doscientos cinco (1205) trámites y otras solicitudes presentadas por los usuarios de material radiactivo en el país. Llegando al cumplimiento del ochenta y nueve por ciento (89%) de la meta con fecha de corte a 30 de noviembre.

-Emisión de mil setecientos ochenta y nueve (1789) vistos buenos en la Ventanilla Única de Comercio Exterior (VUCE), de los cuales mil seiscientos sesenta y seis (1666) corresponden a régimen libre y ciento veinte tres (123) corresponden a régimen previa. Los vistos buenos se otorgaron con los siguientes conceptos: 89.4 % (No Requiere), 10.1 % (Aprobado) y 0,6 % (Negado). Llegando al cumplimiento del cien por ciento (100%) respecto a la meta con fecha de corte a 30 de noviembre y dentro de los términos establecidos en la normativa.

-Emisión de noventa y ocho (98) requerimientos en la Ventanilla Única de Comercio Exterior (VUCE) para el régimen previa.

-Ejecución de diecinueve (19) visitas de inspección de verificación y control regulatorio. Llegando al cumplimiento del doce por ciento (12%) de la meta con fecha de corte a 230 de noviembre. Esta actividad se ha visto afectada debido a las restricciones de movilidad terrestre y área como medida de prevención al contagio por COVID-19.

Grupo del Reactor Nuclear

Objetivos propuestos	Avances al 30 de noviembre de 2020
Completar el staff principal y alternativo para la operación continua de la instalación nuclear / 2020	Se cuentan con dobles roles en cada una de las actividades. 100%
Caracterización de flujo neutrónico del RNI-IAN-R1 / 2020	Se pretende completar esta actividad en el 2021. Avance 85%
Adecuaciones de la infraestructura física de la instalación (fachadas, techos, pintura, mampostería, bajantes, iluminación, etc.) /2020	Se realizaron estas tareas hasta un 90%
Fortalecer el programa de seguridad física de la instalación, acorde con el convenio US –DOE / MINENERGÍA (2020-2022)	Se han tenido retrasos por ser una actividad presencial. Avance 75%
Irradiación de muestras preparadas para ser analizadas en los laboratorios de Activación neutrónica.	Se han tenido retrasos por ser una actividad presencial y que involucra varios profesionales. Avance 30%
Apoyo del OIEA para realizar misiones: Integrated Safety Assessment of Research Reactors (INSARR) / Operation and Maintenance Assessment for Research Reactors (OMARR) / Integrated Nuclear Infrastructure Review for Research Reactors (INIR-RR) / 2020-2021	Se encuentran pendientes estas misiones porque se requiere presencialidad total. Avance 20%