SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

INFORME DE GESTIÓN

VIGENCIA 2019

Bogotá, enero de 2020

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

El futuro es de todos | Minenergía

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO ©

Oscar Eladio Paredes Zapata
DIRECTOR GENERAL

Oscar Eladio Paredes Zapata
Dalia Inés Olarte Martínez
SECRETARIO GENERAL (E)

Mario Andrés Cuellar Cárdenas
DIRECTOR DE GEOCIENCIAS BÁSICAS

Gloria Prieto Rincón
DIRECTORA DE RECURSOS MINERALES

Humberto Andrés Fuenzalida Etcheverry
DIRECTOR DE HIDROCARBUROS

Marta Calvache Velasco
DIRECTORA DE GEOAMENAZAS

Margarita Bravo Guerrero
DIRECTORA GESTIÓN DE INFORMACIÓN GEOCIENTÍFICA

Hernán Olaya Dávila
DIRECTOR DE ASUNTOS NUCLEARES

Hernando Camargo García
DIRECTOR DE LABORATORIOS

Vanessa Barreneche Samur
JEFE OFICINA ASESORA JURÍDICA

Olga Patricia Rocha Sánchez
ASESORA COORDINADORA GRUPO DE PLANEACIÓN

María Esperanza Pérez
JEFE OFICINA CONTROL INTERNO

CONTENIDO

1 ÁREA DE CONOCIMIENTO: AMPLIACIÓN DEL CONOCIMIENTO GEOCIENTÍFICO BÁSICO E INTEGRAL DEL TERRITORIO NACIONAL. (GEOCIENCIAS BÁSICAS) 4

2 ÁREA DE CONOCIMIENTO: INVESTIGACIÓN EN RECURSOS DEL SUBSUELO Y EVALUAR SU POTENCIAL. (RECURSOS MINERALES) 227

3 ÁREA DE CONOCIMIENTO: GENERACIÓN DEL CONOCIMIENTO GEOCIENTÍFICO EN MATERIA DE HIDROCARBUROS. (HIDROCARBUROS) 280

4 ÁREA DE CONOCIMIENTO: INVESTIGACIÓN, SEGUIMIENTO Y MONITOREO DE LAS AMENAZAS GEOLÓGICAS Y ACTUALIZACIÓN INSTRUMENTAL DEL SISTEMA SISMOLÓGICO NACIONAL DE COLOMBIA. (GEOAMENAZAS) 295

5 ÁREA DE CONOCIMIENTO: GESTIÓN INTEGRAL DEL CONOCIMIENTO GEOCIENTÍFICO DEL TERRITORIO NACIONAL PARA GARANTIZAR SU DISPONIBILIDAD. (GESTIÓN DE INFORMACIÓN) 468

6 ÁREA DE CONOCIMIENTO: MEJORAMIENTO, DESARROLLO Y PROMOCIÓN DE LAS CAPACIDADES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS DE LAS APLICACIONES NUCLEARES Y RADIACTIVAS. (ASUNTOS NUCLEARES) 509

7 GESTIÓN DE COMPRA DE DOSÍMETROS HARWELL - DOSÍMETROS LIMITADOS PARA LA INDUSTRIA DE PROCESAMIENTO DE RADIACIÓN A ALTAS DOSIS 565

8 ÁREA DE CONOCIMIENTO: CARACTERIZACIÓN E INVESTIGACIÓN DE MATERIALES GEOLÓGICOS. (LABORATORIOS) 573

9 ÁREA DE CONOCIMIENTOFORTALECIMIENTO EN LA GESTIÓN INSTITUCIONAL PARA DAR CUMPLIMIENTO A LA MISIÓN Y POLÍTICAS DE LA ENTIDAD. (SECRETARIA GENERAL) 606

1 ÁREA DE CONOCIMIENTO: AMPLIACIÓN DEL CONOCIMIENTO GEOCIENTÍFICO BÁSICO E INTEGRAL DEL TERRITORIO NACIONAL. (GEOCIENCIAS BÁSICAS)

1.1. Introducción 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 decenal 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, mapa geológico, investigación y exploración de aguas subterráneas, investigaciones geotérmicas, geología de volcanes, estudios geológicos especiales, tectónica, estratigrafía, museo y patrimonio geológico paleontológico.

1.2 Objetivos y funciones del área de conocimiento

Objetivo General

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

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.

Funciones

- Proponer a la Dirección General, políticas, planes, programas y proyectos en materia de investigación geocientífica básica regional

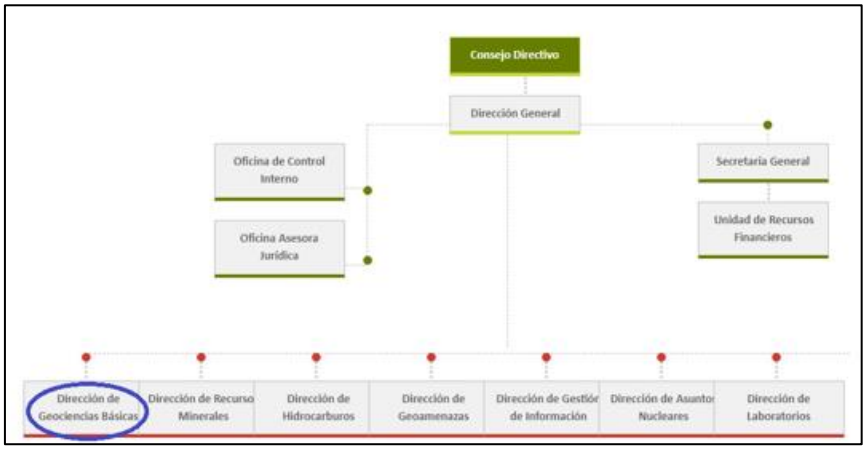
- Generar conocimiento y cartografía geológica, geofísica y geoquímica de Colombia en escala regional, incluyendo escalas (1:100.000 y 1:250.000) dependiendo de las condiciones geológicas y actualizar el Mapa Geológico de Colombia de acuerdo con el avance de la cartografía nacional.

- Dirigir y realizar las investigaciones para conocer y caracterizar la evolución, la composición y los procesos que determinan la actual morfología, estructura y dinámica del subsuelo colombiano.

- Dirigir, formular y realizar programas de exploración e investigación geológica, geomorfológica, geofísica, geoquímica a escala regional, geotérmica, vulcanológica, tectónica, estratigráfica, paleontológica e hidrogeológica del territorio, para generar coberturas de información relacionadas con las propiedades y modelos básicos del subsuelo.

- Generar y presentar la información geológica de acuerdo con las políticas y estándares del Servicio Geológico Colombiano (SGC).
    - Comunicar y socializar la información técnica generada por esta Dirección, bajo las directrices del Director General.

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



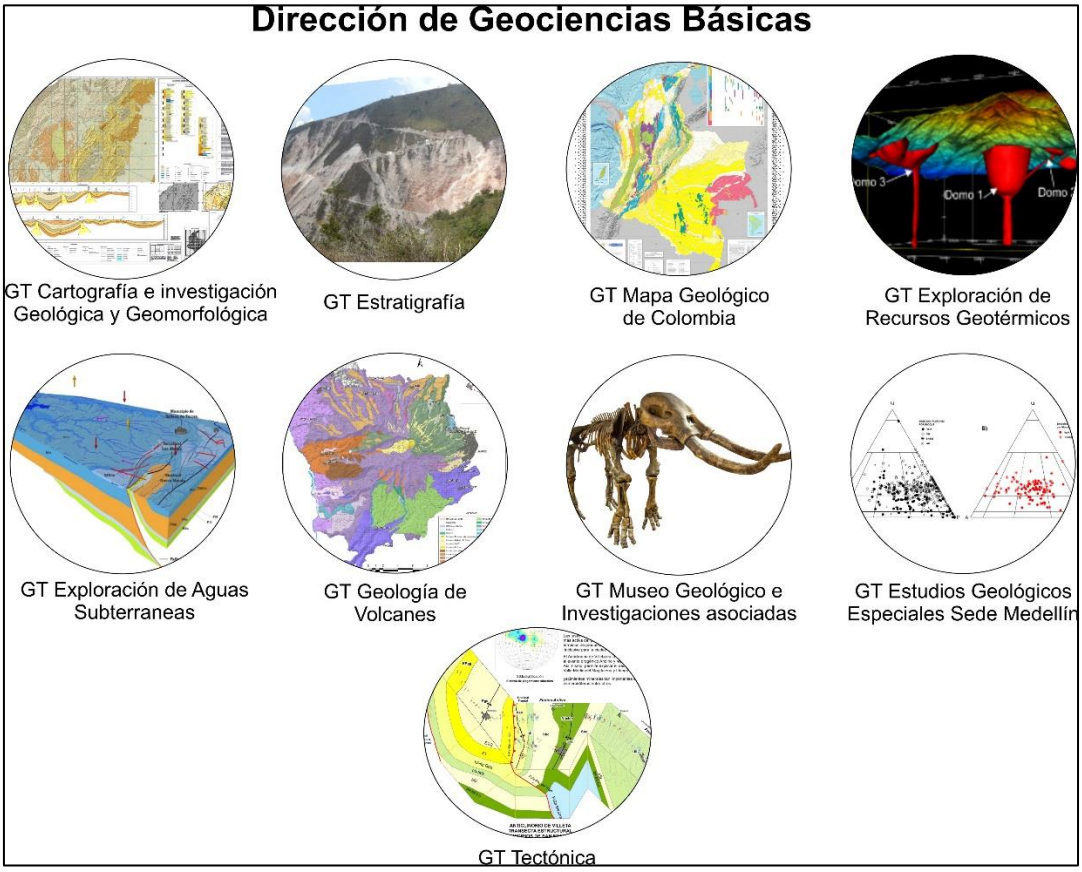


Figura 1. Estructura funcional de la Dirección de Geociencias Básicas y listado de Grupos de Trabajo.

- **Integrantes y tipo de vinculación**

A corte de diciembre de 2019 la Dirección de Geociencias Básicas cuenta con un equipo integrado por 170 profesionales, de los cuales 54 son funcionarios de planta en carrera administrativa y 116 son contratistas (**Ver Tabla**).

Tabla 1. Listado de integrantes de la Dirección de Geociencias Básicas.

Líneas de Investigación	Funcionarios	Contratistas
Despacho de la Dirección de Geociencias Básicas	4	7
1. Cartografía e Investigación Geológica y Geomorfológica	14	23
2. Estratigrafía	2	8
3. Mapa Geológico de Colombia	4	10
4. Modelo Tectónico de Colombia	2	13
5. Exploración de Aguas Subterráneas	8	12
6. Exploración de Recursos Geotérmicos	5	7
7. Geología de Volcanes	5	8
8. Estudios Geológicos Especiales	7	8
9. Museo Geológico e Investigaciones Asociadas	3	20
Total	**54**	**116**

1.4 Proyectos del área de conocimiento vs Presupuesto

La Dirección de Geociencias Básicas gestionó ante el Ministerio de Mines y Energía recursos para la puesta en marcha de 19 proyectos de gestión (Ver Tabla) enmarcados en los diez programas de investigación que adelanta. Para el desarrollo de estos, la cabeza de sector aprobó $30.150.000.000 para la bienalidad 2019 – 2020 que coincide con el horizonte de tiempo para cada uno de los proyectos. Sin embargo, es necesario precisar que la incorporación de los recursos se dio en el mes de mayo de la actual vigencia. No obstante, para dar cobertura a las diferentes actividades de investigación que realiza la dependencia, se contó con apropiación no ejecutada de la bienalidad 2017-

2018 por valor de $9.885.741.600 que permitió adelantar la contratación de personal técnico y de apoyo y a su vez desarrollar actividades de trabajo de campo.

Tabla 2. Proyectos de gestión bienalidad 2019 - 2020.

ÁREA DE CONOCIMIENTO	PROYECTO	PROGRAMA	ID	PROYECTOS DE GESTIÓN	ASIGNACIÓN PRESUPUESTAL
3. Ampliación del conocimiento geocientífico Básico e integral del territorio Nacional	3. Ampliación del conocimiento geocientífico básico del territorio Nacional.	3.1. Modelo tectónico de Colombia.	1001278	Modelo Tectónico de Colombia 2019-2022	$ 3.366.258.030
		3.2. Fortalecimiento de la investigación y exploración de los sistemas acuíferos estratégicos del país.	1001273	Exp. de aguas subterráneas acuíferos estratégicos	$ 4.421.808.287
		3.3. Investigación Geotérmica de Colombia	1001176	Investigación geotérmica de Colombia	$ 2.450.031.588
			1000716	Perforaciones de gradiente térmico en Paipa	$ 2.892.000.000
		3.4. Cartografía y estratigrafía volcánicas y de investigaciones vulcanológicas, así como la Investigación del Vulcanismo Monogenético en Colombia.	1000676	Mapa geológico del Complejo Volcánico Galeras	$ 1.309.851.199
			1000702	Modelamiento petrogenético volcán Doña Juana	$ 50.000.000
			1000754	Caracterización del vulcanismo del NE de Caldas	$ 350.238.726
			1001386	Investigación metodológica para la elaboración del estándar en cartografía geológica en ambientes volcánicos	$ 332.501.317
		3.5. Cartografía Geológica e Investigación geológica y geomorfológica en Colombia.	1001088	Investigación marítima, costera e insular	$ 5.285.680.422
			1000782	Granitoides Occidente Colombiano - Plutón_Mistrato	$700.000.000
			1000722	Cartografía Geológica Orinoquia y/o Amazonía.	$ 900.000.000
		3.6. Transectas geológicas del antearco al antepaís a través del orógeno acrecionario colombiano –MGC.	1000667	Evolución geológica de la cordillera Central	$ 950.596.123
		3.7. Consolidación y puesta en marcha del sistema de gestión integral del patrimonio geológico y paleontológico.	1001286	Estrategias de geoconservación en el territorio colombiano	$ 798.944.974
			1001307	Investigaciones geológicas y paleontológicas del territorio nacional.	$ 1.360.365.767
		3.8. Estudios geológicos especiales.	1001016	Cartografía borde W de la plancha 166 escala 1:50m	$ 572.035.501
			1001274	Ortoneises de la Cordillera Central	$ 645.061.309
		3.9. Estratigrafía del paleozoico, jura-triásico y cretácico de la cordillera oriental y macizos sedimentarios paleozoicos de la cordillera central.	1000578	Estratigrafía paleozoico,juratriasico,cretácico	$ 1.226.062.221
			1001277	Geología de rescate 2019-2020	$ 817.374.814
		3.10. Gestionar integralmente la Ampliación Del Conocimiento geocientífico Básico.	1001333	Investigaciones integrales del conocimiento geocientífico para la formulación de nuevos proyectos y apropiación social del conocimiento en geociencias básicas del territorio nacional.	$ 1.721.189.722
TOTAL PROYECTO					$ 30.150.000.000

A continuación se presenta la distribución de los recursos no ejecutados (**Ver Tabla**) en la bienalidad 2017 – 2018 que fueron asignados a la Dirección de Geociencias Básicas:

Tabla 3. Distribución de recursos no ejecutados bienalidad 2017 - 2018.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	ID PROYECTO	PROYECTO DE GESTIÓN	APROPIACIÓN INICIAL
Cartografía e Investigación Geológica y Geomorfológica	1000680	Cartografía Geológica Área Sinú-San Jacinto	130.898.587
	1000686	Cartografía Plancha 60 - Canalete	72.312.545
	1000777	Granitoides Occidente Colombiano - Batolito Buga	240.775.799
	1000782	Granitoides Occidente Colombiano - Plutón Mistrató	118.758.919
	1001088	Investigación marítima, costera e insular	899.640.578
Estratigrafía	1000578	Estratigrafía paleozoico, juratriásico, cretácico	541.190.399
	1001277	Geología de rescate 2019-2020	367.598.691
Estudios Geológicos Especiales Sede Medellín	1000767	Magmatismo Jurásico - Sierra Nevada de Santa Marta	32.853.843
	1000768	Cartografía borde occidental plancha 146 escala 1	28.900.102
	1001016	Cartografía borde W de la plancha 166 escala 1:50 m	482.209.457
	1001274	Ortoneises de la Cordillera Central	1.662.763
Exploración de Aguas Subterráneas	1001273	Exp. de aguas subterráneas acuíferos estratégicos	1.213.557.672
Exploración de Recursos Geotérmicos	1001176	Investigación geotérmica de Colombia	951.385.047
Geociencias Básicas	1001333	Investigaciones integrales conocimiento geocientífico	1.128.122.200
Geología de Volcanes	1000676	Mapa geológico del Complejo Volcánico Galeras	498.886.391
	1000702	Modelamiento petrogenético volcán Doña Juana	47.500.000
	1000754	Caracterización del vulcanismo del NE de Caldas	184.991.362
Mapa Geológico de Colombia	1000667	Evolución geológica de la cordillera Central	176.384.033
	1000928	Libro de Geología	699.397.113
Museo Geológico e Investigaciones Asociadas	1001286	Estrategias geoconservación en el territorio Colom	350.134.815
	1001307	Investigaciones geológicas y paleontológicas TN	478.670.934
Tectónica	1001278	Modelo Tectónico de Colombia 2019-2022	1.239.910.350
		Total	**9.885.741.600**

Fuente: SIAPPI - SGC

Por otro lado, el marco del proyecto de inversión Ampliación del conocimiento geocientífico básico del territorio Nacional se apropiaron $3.400.000.000, de los cuales se ha aprobado la ejecución de $1.400.000.000, los cuales conforme a la formulación del proyecto para la presente vigencia, se destinaron a la contratación de perforaciones exploratorias para la validación de modelos hidrogeológicos en el departamento del Casanare (Ver Tabla). Estos recursos a diferencia de SGR, tienen un periodo de ejecución de un año.

Tabla 4. . Apropiación de recursos PGN 2019 para perforaciones exploratorias.

PROYECTO DE INVERSIÓN	ASIGNACIÓN	DESTINACIÓN
AMPLIACIÓN DEL CONOCIMIENTO GEOCIENTÍFICO BÁSICO DEL TERRITORIO NACIONAL	$ 1.400.000.000	PERFORACIONES EXPLORATORIAS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEPTO DEL CASANARE

1.4.1 Modelo Tectónico de Colombia

Proyecto de Gestión 1001278 Modelo Tectónico de Colombia 2019-2022

Gerente del Proyecto: Mario Andrés Cuellar y Oscar Freddy Muñoz

Descripción del Proyecto

Este proyecto busca que a través de la generación de metodologías y protocolos de investigación las actividades se encuentren encaminadas a la generación de un modelo evolutivo regional, que involucre de manera coherente las diferentes evidencias geológicas presentes en el territorio colombiano definiendo su relación o independencia con cada uno de los eventos regionales y mundiales, para tal fin se trabaja en los diferentes frentes de trabajo descritos a continuación, los cuales a su vez generan los diferentes insumos para la generación de una base de datos especializada.

Objetivo del proyecto

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. Realizar el Modelo Geodinámico del territorio colombiano. Proporcionar la evolución tectónica de Colombia. 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. Definir estilos estructurales y su jerarquización en el territorio nacional.

Mapa de cinturones magmáticos v. 2019

- Se generó la cobertura con la distribución de los cinturones magmáticos en el territorio nacional por periodo geológico, incluyendo las unidades plutónicas (ver Figura), hipoabisales y volcánicas (Ver Figura) de edades Paleozoico (Ordovícico-Silúrico y Pérmico), Mesozoico (Triásico-Jurásico, Cretácico), y Cenozoico (Eoceno-Mioceno y Plio-Pleistoceno).

- Se redactó el texto explicativo del mapa de cinturones magmáticos como insumo para el informe de evolución tectónica de Colombia, Ciclo pre-Andino.
- Se actualizó la base de datos de geocronología de rocas ígneas como insumo para el informe de evolución tectónica del Ciclo pre-Andino.
- Se actualizó la base de datos de geoquímica de rocas ígneas como insumo para el informe de evolución tectónica del Ciclo pre-Andino.
- Se generó la cobertura con la distribución de las edades U-Pb, Ar-Ar, K-Ar, y Rb-Sr de los cinturones magmáticos en el territorio nacional (Ver Figura), incluyendo las unidades plutónicas, hipoabisales y volcánicas.
- Se generó el mapa de cinturones magmáticos con tipología (Ver Figura) como complemento para el informe de evolución tectónica de Colombia, Ciclo pre-Andino.
- Se generó la carta litoestratigráfica de eventos de origen ígneo para el análisis temporal de magmatismo (Ver Figura).
- Se actualizó la base de datos de geocronología de rocas sedimentarias como insumo para el análisis de proveniencia y su relación con los 'flare ups' (explosiones magmáticas) como apoyo para el informe de evolución tectónica de Colombia, Ciclo pre-Andino (Ver Figura).
- Se realizó un avance en la generación de gráficas (Ver Figura) para la interpretación litogeoquímica de las unidades que conforman los Cinturones Magmáticos como aporte a la elaboración del Modelo Tectónico de Colombia.
- Se avanzó en la metodología de trabajo en rocas plutónicas e hipoabisales.

Mapa de cinturones metamórficos v. 2019

- Se generó la cobertura con la distribución de los cinturones metamórficos en el territorio nacional por periodo geológico, incluyendo las unidades metamórficas (Ver Figura), de edades Proterozoico (Meso y Neoproterozoico), Paleozoico, y Mesozoico (Cretácico).
- Se actualizó la base de datos de geocronología de rocas metamórficas como insumo para el informe de evolución tectónica del Ciclo pre-Andino.
- Se actualizó la base de datos de geoquímica de rocas metamórficas como insumo para el informe de evolución tectónica del Ciclo pre-Andino.
- Se redactó el texto explicativo del mapa de cinturones metamórficos como insumo para el informe de evolución tectónica de Colombia, Ciclo pre-Andino.
- Se generó la cobertura con la distribución de las edades U-Pb, Ar-Ar, K-Ar, Rb-Sr y Sm-Nd distribuidas en los diferentes cinturones metamórficos (Ver Figura) por periodo geológico.
- Se generó el mapa de cinturones metamórficos por grado de metamorfismo (Ver Figura) como complemento para el informe de evolución tectónica de Colombia, Ciclo pre-Andino.

- Adicionalmente, se realizó la revisión de los picos de metamorfismo reportado para las unidades metamórficas de Colombia, dando lugar a la diferenciación de los cinturones por tipo de litología y grado de metamorfismo.
- Se generó la carta litoestratigráfica de eventos de origen metamórfico para el análisis temporal de metamorfismo (Ver Figura).
- Por otro lado, se han compilado y revisado las edades U-Pb reportadas en el registro sedimentario dentro de los análisis de proveniencia, con el fin de tener una idea de la edad de las unidades que servían como fuente de los sedimentos en el momento del llenado de las cuencas sedimentarias (Ver Figura).

Mapa de estructuras previas v. 2019

- Se redactó el texto explicativo del mapa de estructuras previas (suturas) como insumo para el informe de evolución tectónica de Colombia, Ciclo pre-Andino.
- Se generó el mapa de estructuras previas (suturas) (Ver Figura) como complemento para el informe de evolución tectónica de Colombia, Ciclo pre-Andino.

Caracterización de orógenos Ciclo pre-Andino

- Se realizó el plan de trabajo de campo para el entendimiento del orógeno. En éste se seleccionaron segmentos dentro de un transecto.
- Se realizó la compilación de la información existente y se visualizó en un mapa (estaciones de muestreo para petrografía, geoquímica, y geocronología).
- Se seleccionó el segmento Dabeiba–Santa Fé de Antioquia para inicio de labores de campo (Ver Figura).
- Se realizó la socialización de las metodologías de trabajo en rocas de falla, historia termal de rocas plutónicas y trabajo en rocas plutónicas e hipoabisales.
- Se realizó la primera comisión de trabajo de campo para el entendimiento del orógeno entre el 7 y el 18 de octubre de 2019. Se inició por el transecto Dabeiba – Santa Fé de Antioquia, cubriendo un total de 80 Km (en línea recta) hasta las proximidades de Buriticá (Ver Figura). Se describieron a lo largo del transecto las unidades aflorantes, las estructuras (fallas, estratificación, contactos, foliación), y se determinó el estilo estructural de la Formación Penderisco. Los beneficios del trabajo de campo incluyeron la unificación de los conceptos para el trabajo de campo enfocado al análisis de fases deformativas, el perfeccionamiento en muestreo, caracterización y clasificación de rocas de falla, la caracterización de contactos plutónicos, la identificación de estructuras y diferenciación de fases deformativas en el terreno. El trabajo de campo a lo largo del transecto será complementado a lo largo del trayecto Buriticá – Santa Fé de Antioquia.
- Se realizó la segunda comisión de trabajo de campo para el entendimiento del orógeno entre el 18 y el 29 de noviembre de 2019. Se complementó a lo largo del

trayecto Buriticá – Santa Fé de Antioquia, cubriendo un total de 15 Km (en línea recta) hasta las proximidades de Santa Fé de Antioquia (Ver Figura). Se describieron a lo largo del transecto las unidades aflorantes, las estructuras (fallas, estratificación, contactos, foliación), y se determinó el estilo estructural de la Formación Barroso, de la Tonalita de Santa Fé y de la Granulita de Pantanillo. Los beneficios del trabajo de campo incluyeron la unificación de los conceptos para el trabajo de campo enfocado al análisis de fases deformativas en rocas metamórficas de alto grado, cubriendo los regímenes estructurales de deformación desde el frágil, frágil-dúctil y dúctil, el perfeccionamiento en muestreo, caracterización y clasificación de rocas de falla, la caracterización de contactos plutónicos y metamórficos, la identificación de estructuras, y la diferenciación de fases deformativas en el terreno. El trabajo de campo a lo largo del transecto será complementado a lo largo del trayecto Santa Fé de Antioquia – Liborina.

- Se tomaron muestras para geocronología y termocronología con el apoyo del Grupo de Investigaciones y Aplicaciones Nucleares y Geocronológicas de la Dirección de Asuntos Nucleares.
- Se avanzó en la preparación de muestras en el laboratorio del Grupo de Trabajo Regional Medellín del Servicio Geológico Colombiano ubicado en Medellín (Antioquia).
- Se prepararon los mapas de campo incluyendo la información existente para el transecto (estaciones de muestreo para petrografía, geoquímica, y geocronología) en las planchas 114 y 130.
- Se realizó la implementación de las metodologías de trabajo en rocas de falla, historia termal de rocas plutónicas y trabajo en rocas plutónicas e hipoabisales.
- Se preparó y actualizó el libro índice con los datos de localización, descripción general, y muestras, además de los datos estructurales tomados en los diferentes afloramientos.
- Se realizaron secciones geológicas generalizadas esquemáticas por segmento levantado (Ver Figura).
- Se presentaron resultados parciales del levantamiento realizado.

Metodologías para la caracterización del orógeno – Mapas

- Se avanzó en la escritura de la metodología de trabajo en rocas plutónicas e hipoabisales.
- Se avanzó en la escritura de la metodología de trabajo en rocas metamórficas.

Actividad "**Informe de compilación de la Evolución Tectónica de Colombia**"

- Se redactó Informe de evolución tectónica de Colombia, Ciclo pre-Andino, como aporte al Modelo Evolutivo Tectónico de Colombia.

- Se ajustó y editó del capítulo de compilación del Ciclo pre-Andino.
- Se preparó y revisó el informe de compilación de la Evolución Tectónica de Colombia, Ciclos pre-Andino, Andino y Actual.
- Se entregó el informe de compilación de la Evolución Tectónica de Colombia, Ciclos pre-Andino, Andino y Actual para su lectura y aprobación.

Actividad **"Informe técnico de revisión y discusión de la clasificación tectónica de rocas ígneas y metamórficas para Colombia"**

- Se inicia con la revisión de la conceptualización (teórica) de la clasificación tectónica de rocas ígneas y metamórficas.

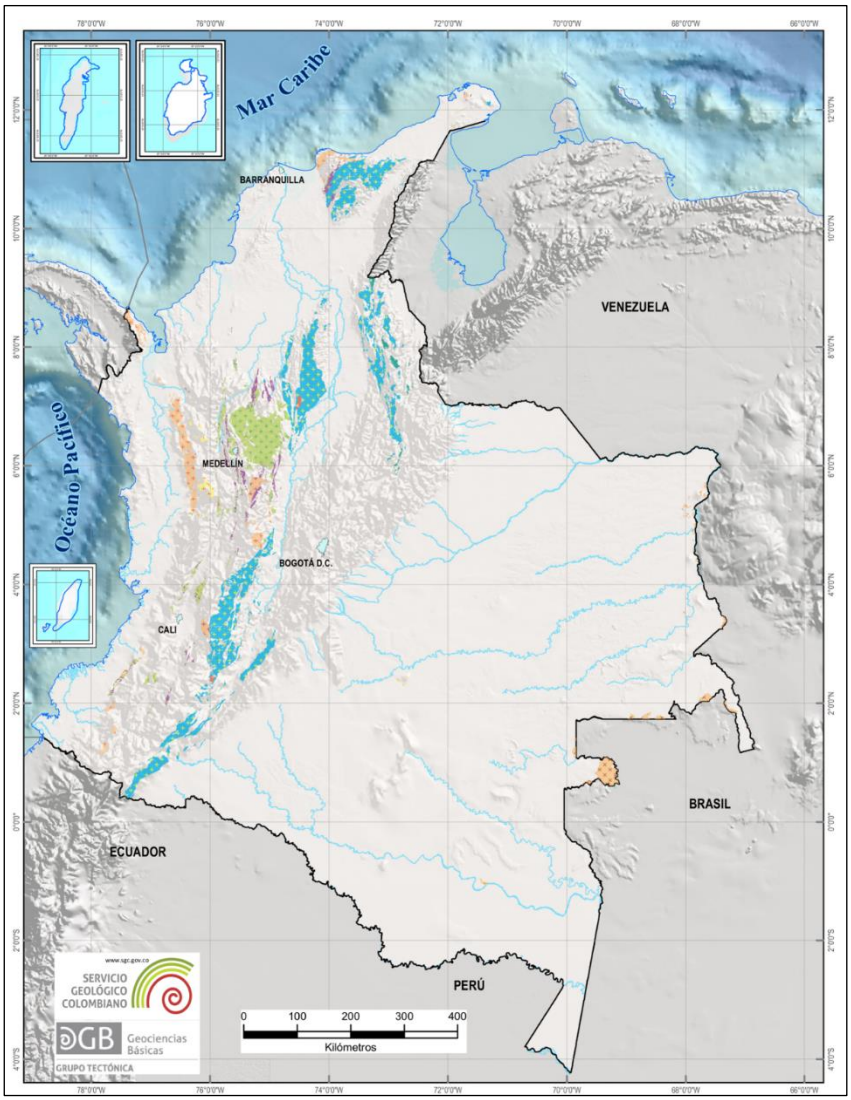


Figura 2. Mapa con la distribución de unidades plutónicas para Colombia.

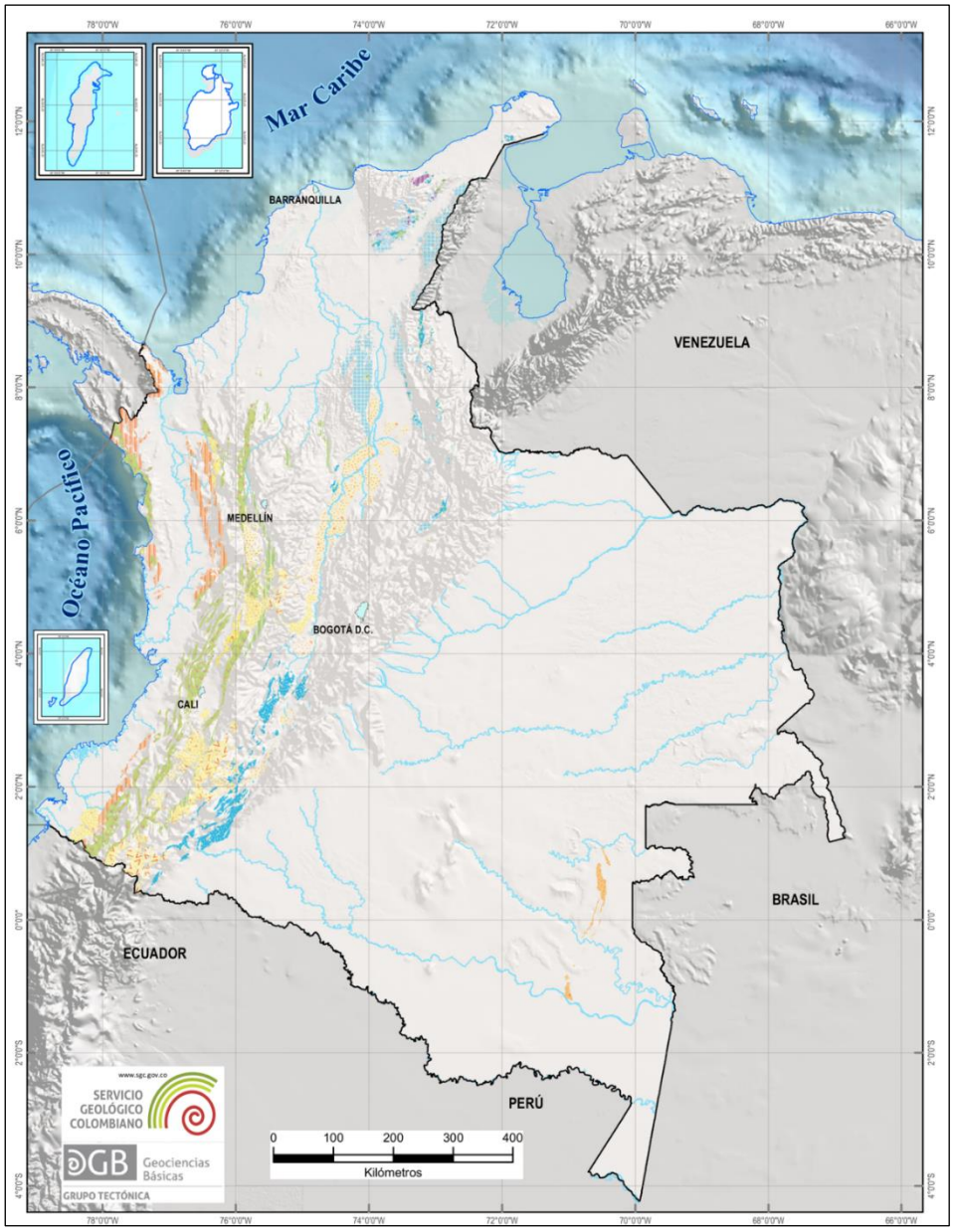


Figura 3. Mapa con la distribución de unidades volcánicas para Colombia.



Figura 4. Mapa con la distribución de edades U-Pb de unidades plutónicas para Colombia.

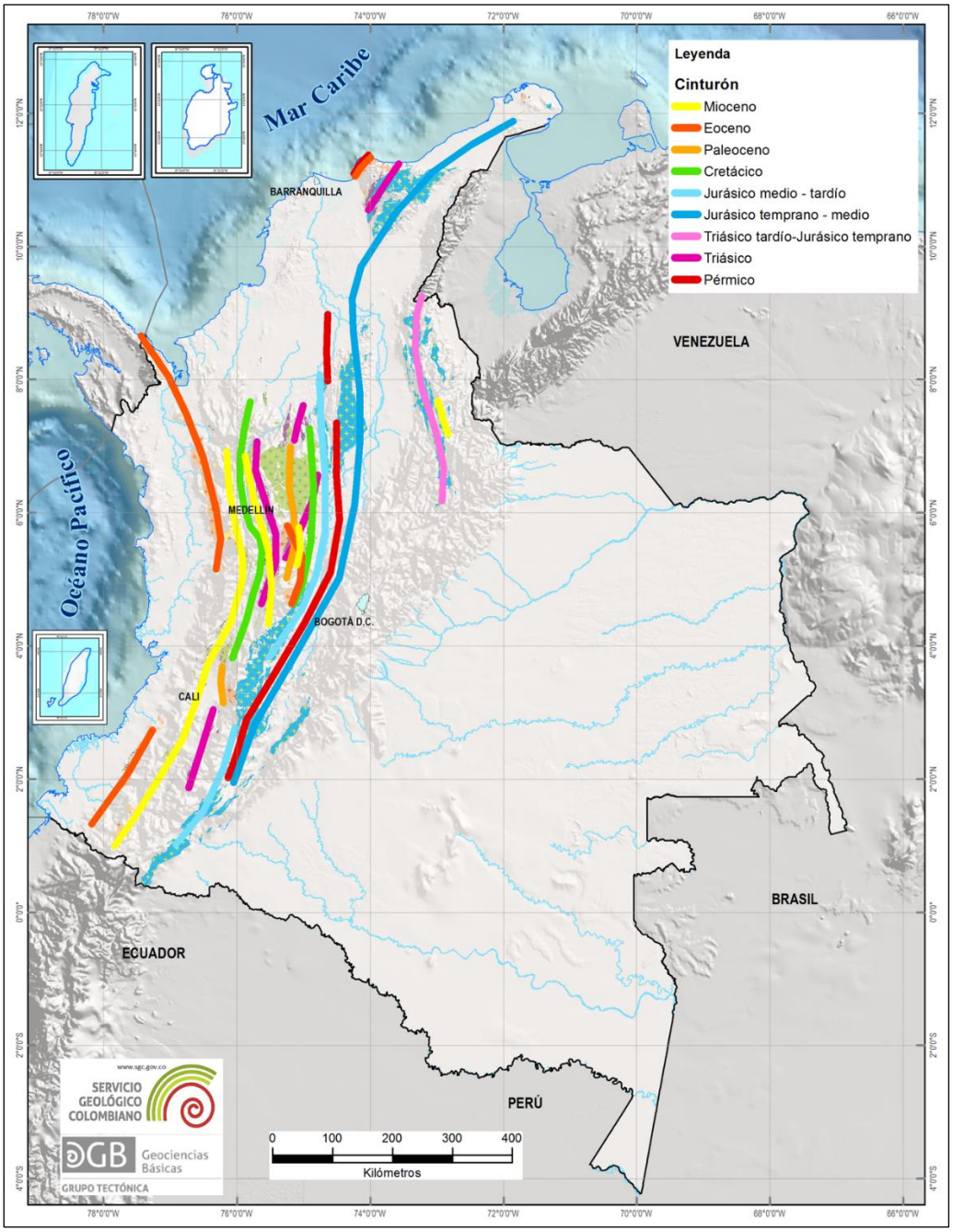


Figura 5. Mapa con la distribución de cinturones magmáticos para Colombia.

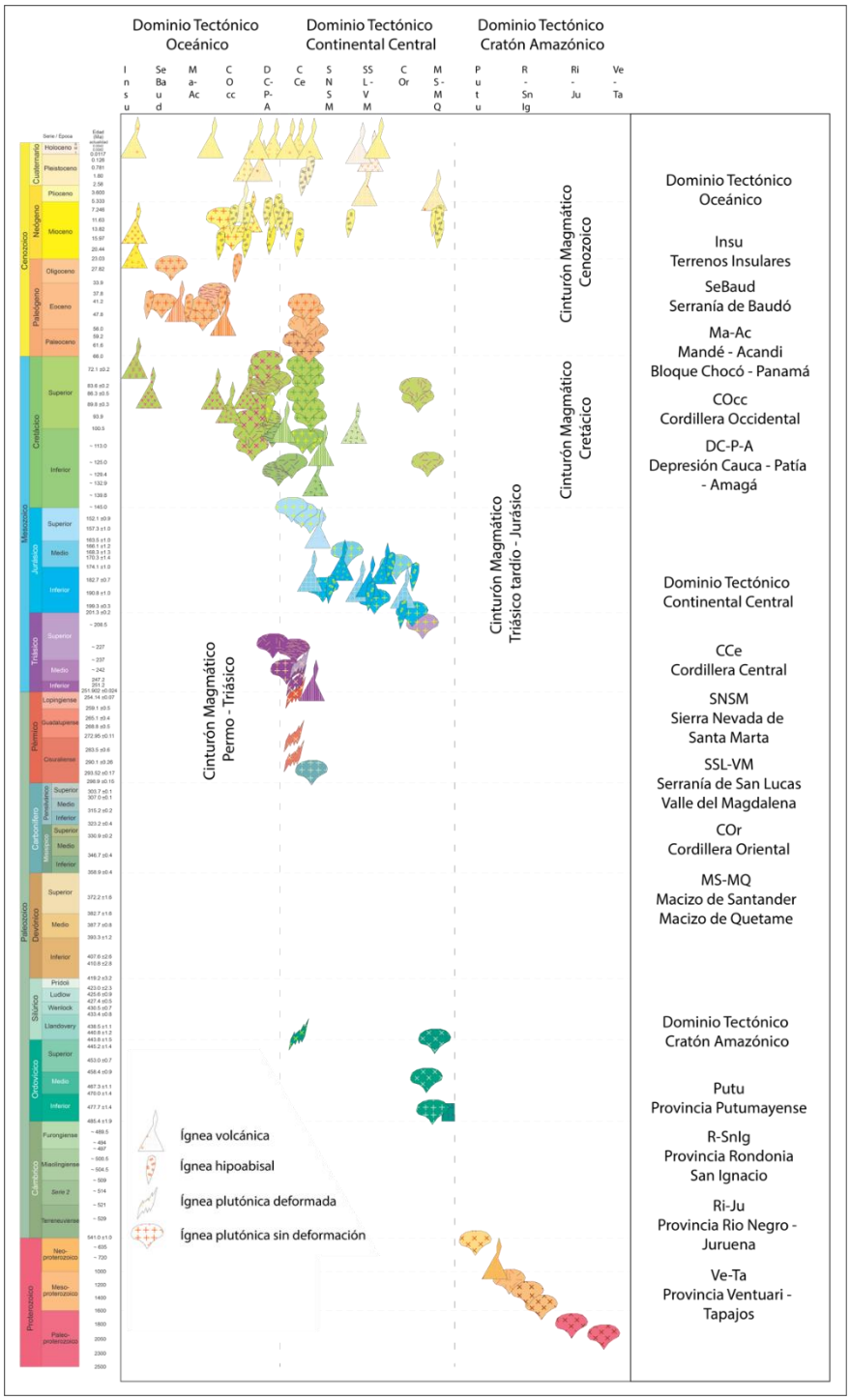


Figura 6. Carta litoestratigráfica de eventos de origen ígneo para el análisis temporal de magmatismo.

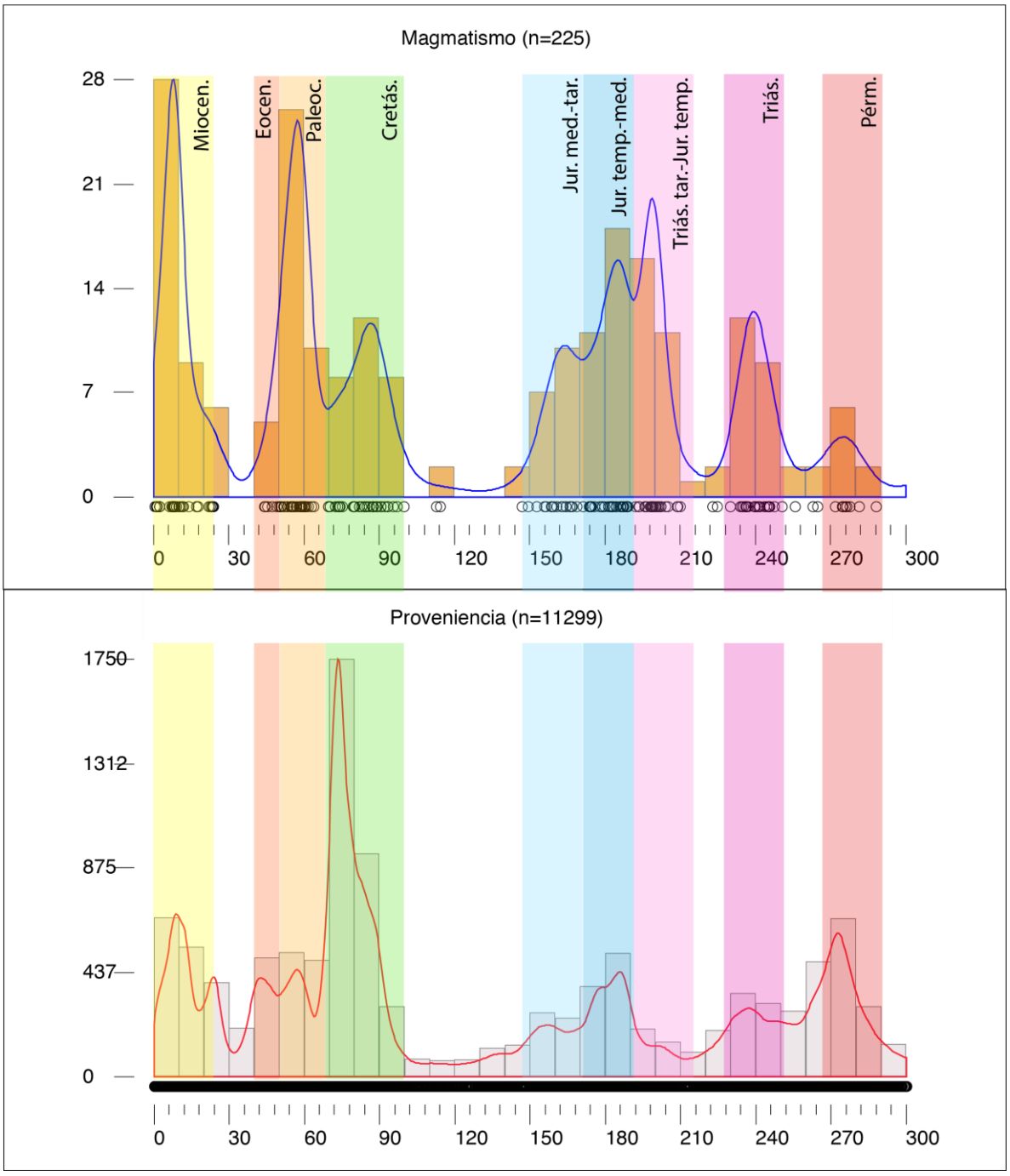


Figura 7. Análisis de proveniencia y su relación con los 'flare ups' (explosiones magmáticas).

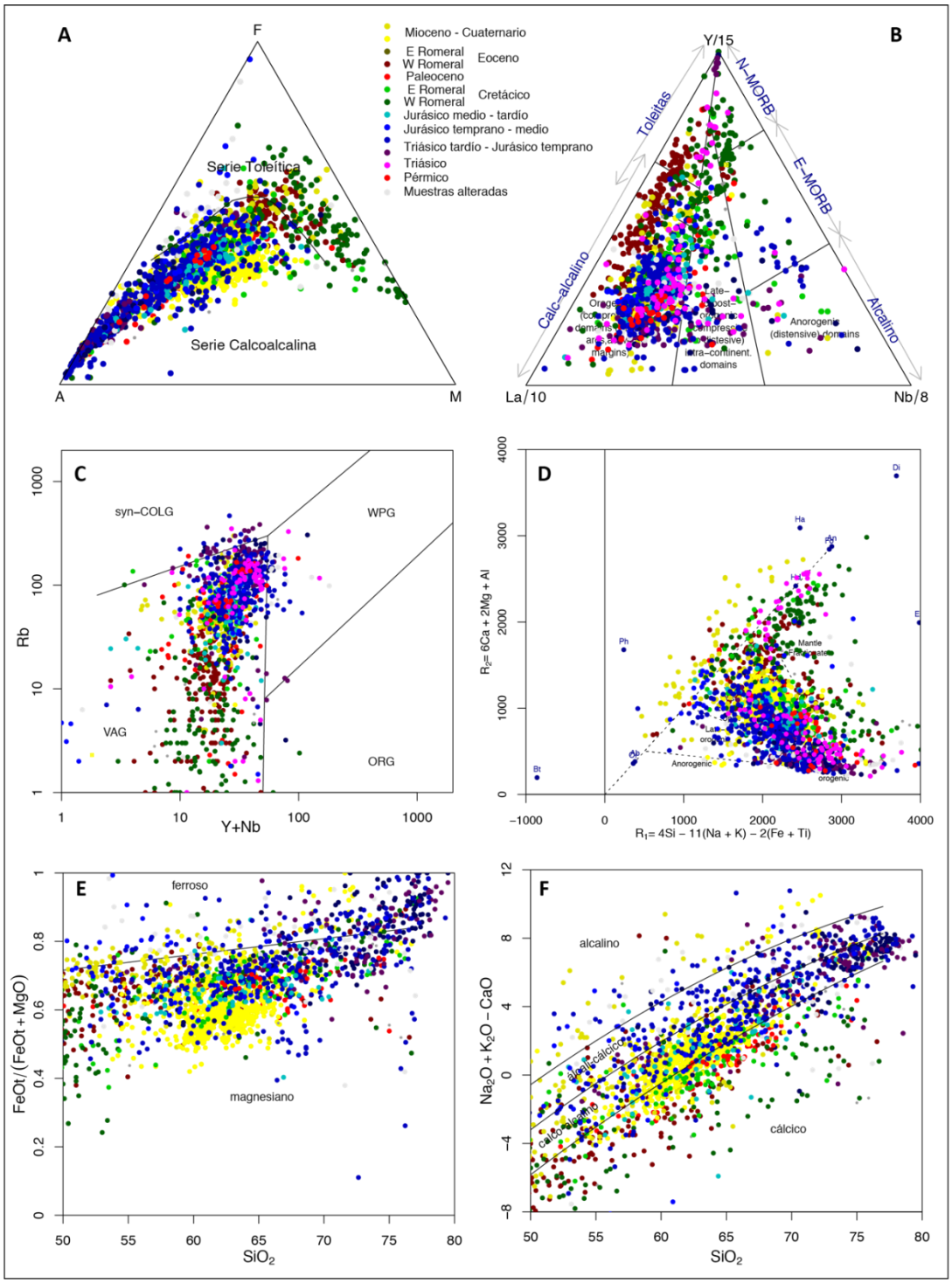


Figura 8. Interpretación litogeoquímica de las unidades que conforman los Cinturones Magmáticos.

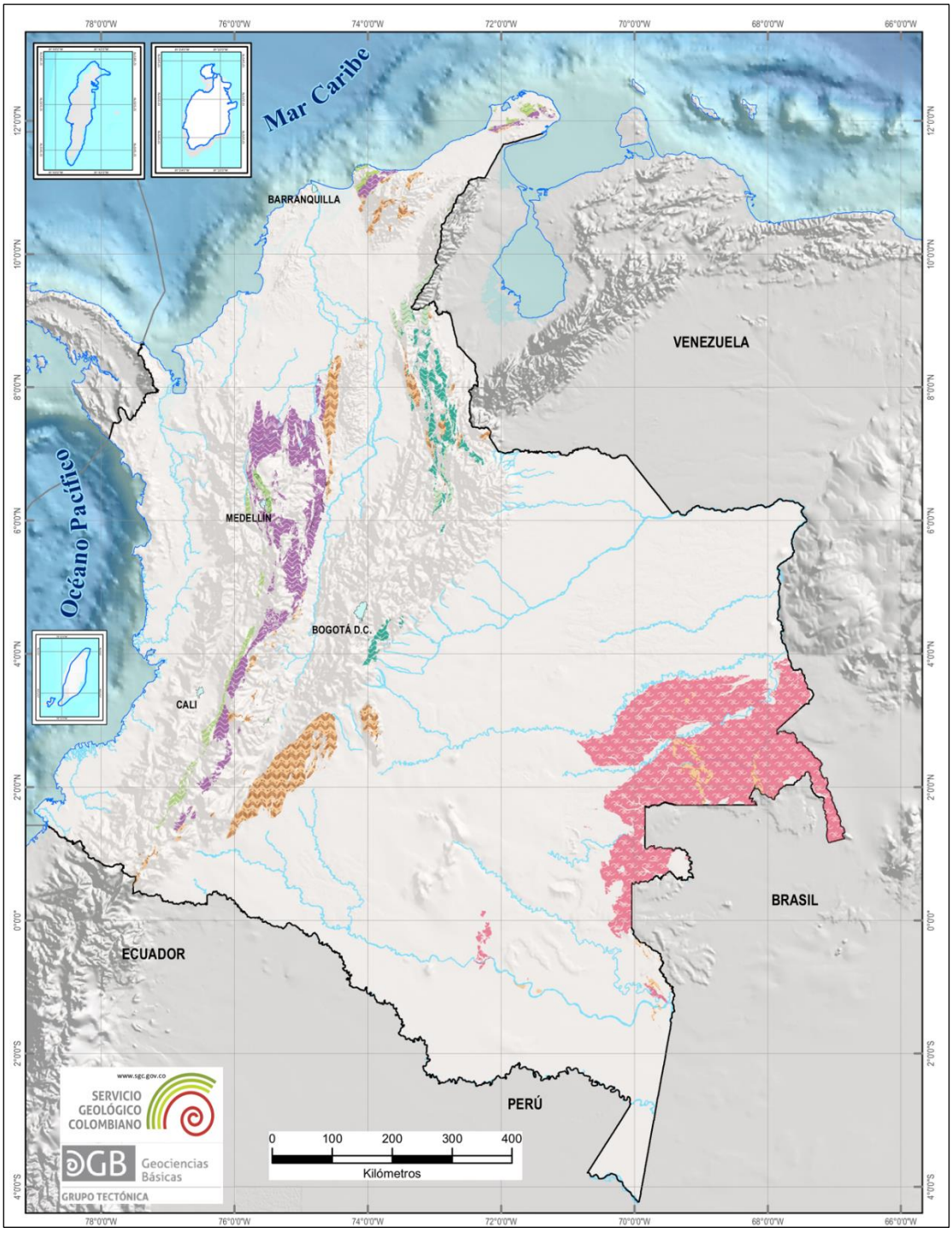


Figura 9. Mapa con la distribución de unidades metamórficas para Colombia.

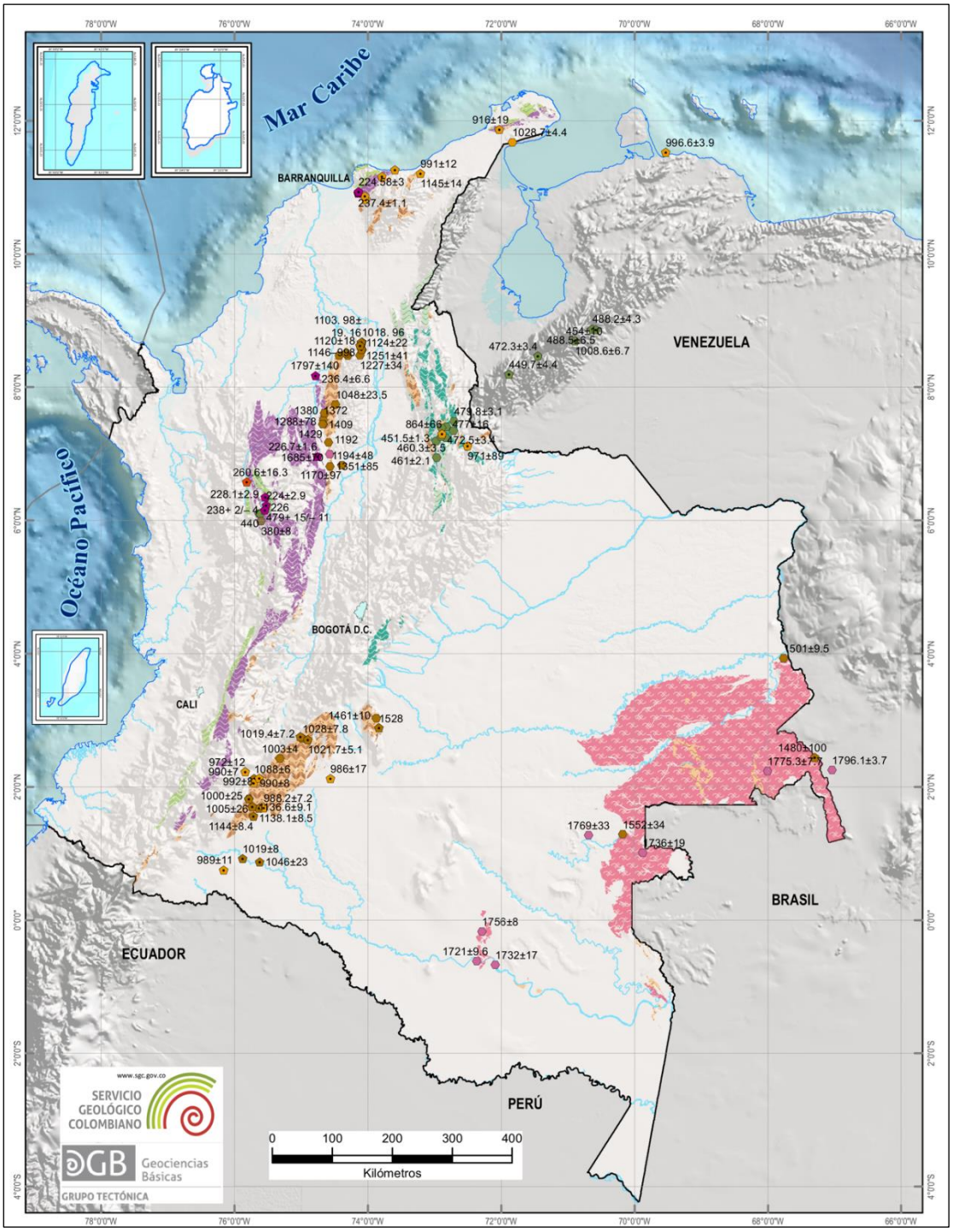


Figura 10. Mapa con la distribución de edades U-Pb de unidades metamórficas para Colombia.

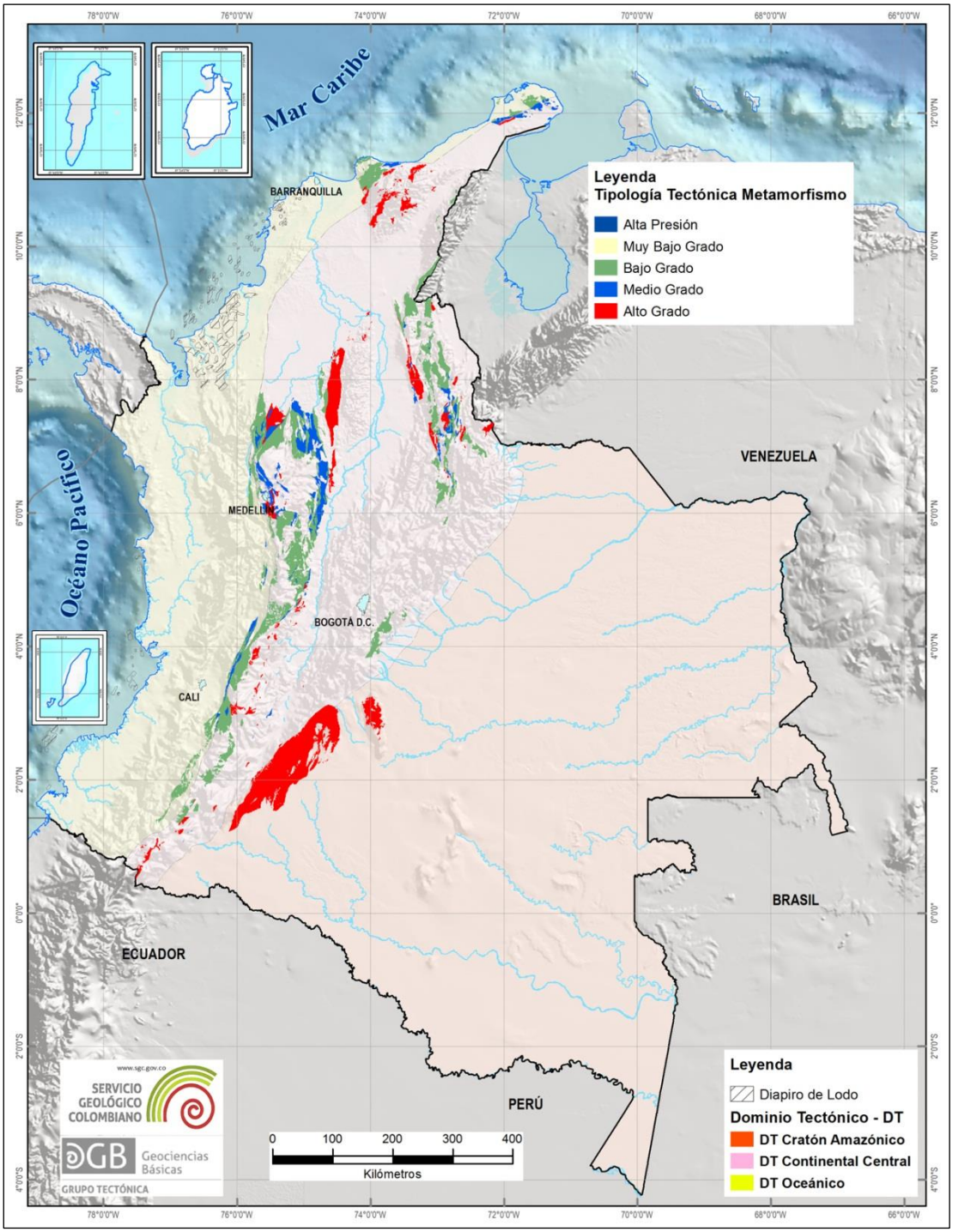


Figura 11. Mapa con la distribución de unidades metamórficas con su grado de metamorfismo para Colombia.

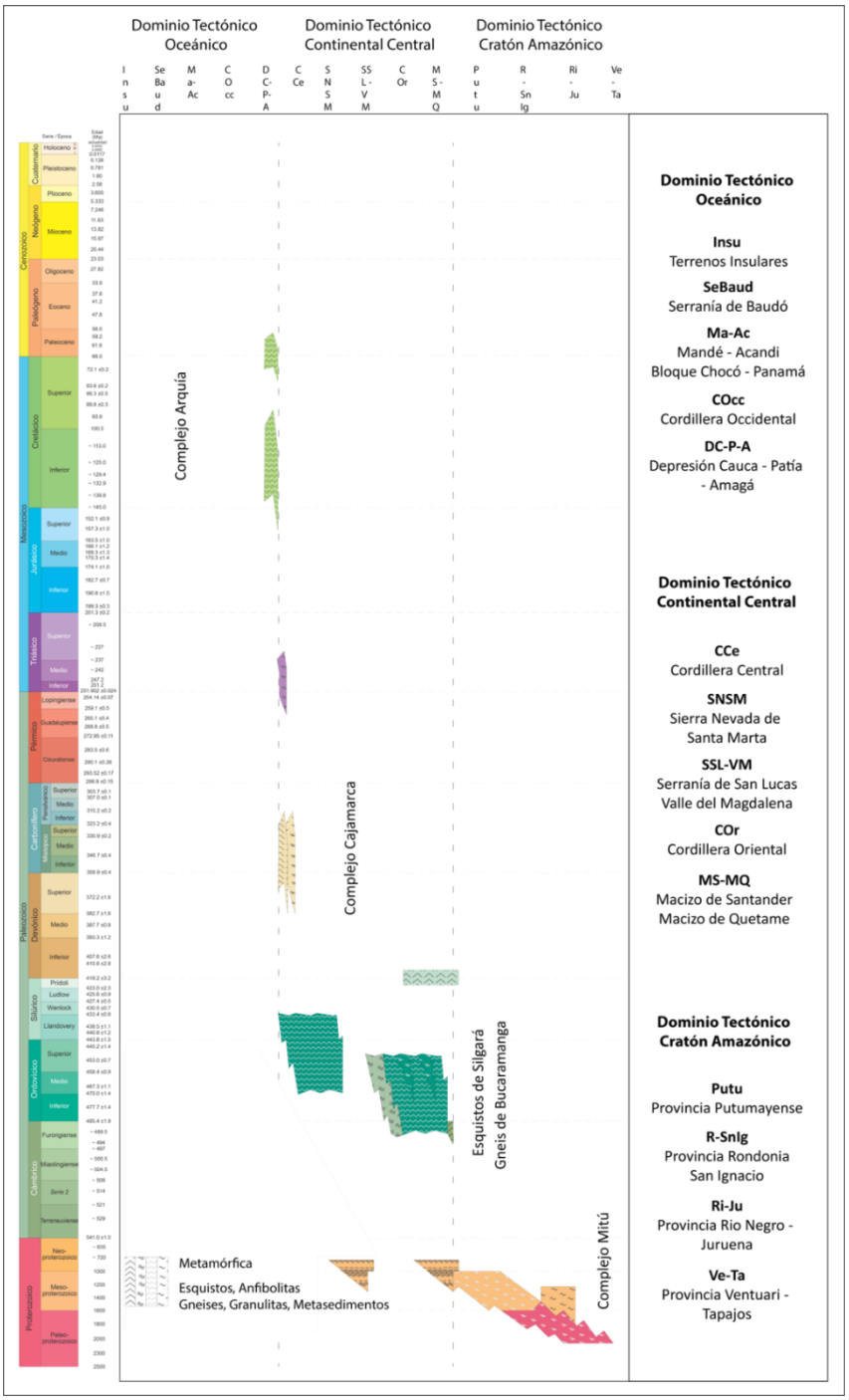


Figura 12. Carta litoestratigráfica de eventos de origen metamórfico para el análisis temporal de metamorfismo

.

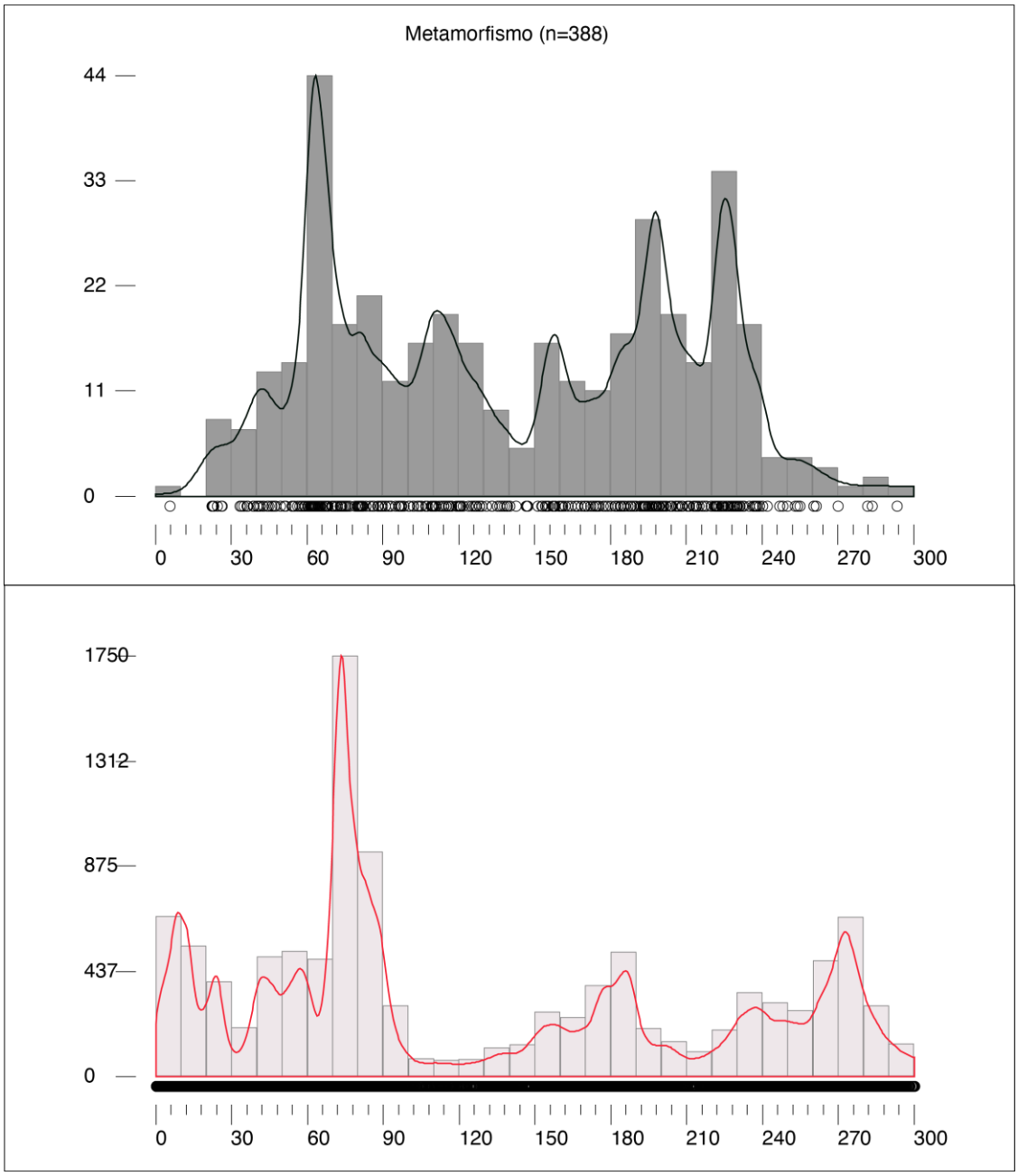


Figura 13. Análisis de proveniencia y su relación con los eventos metamórficos.

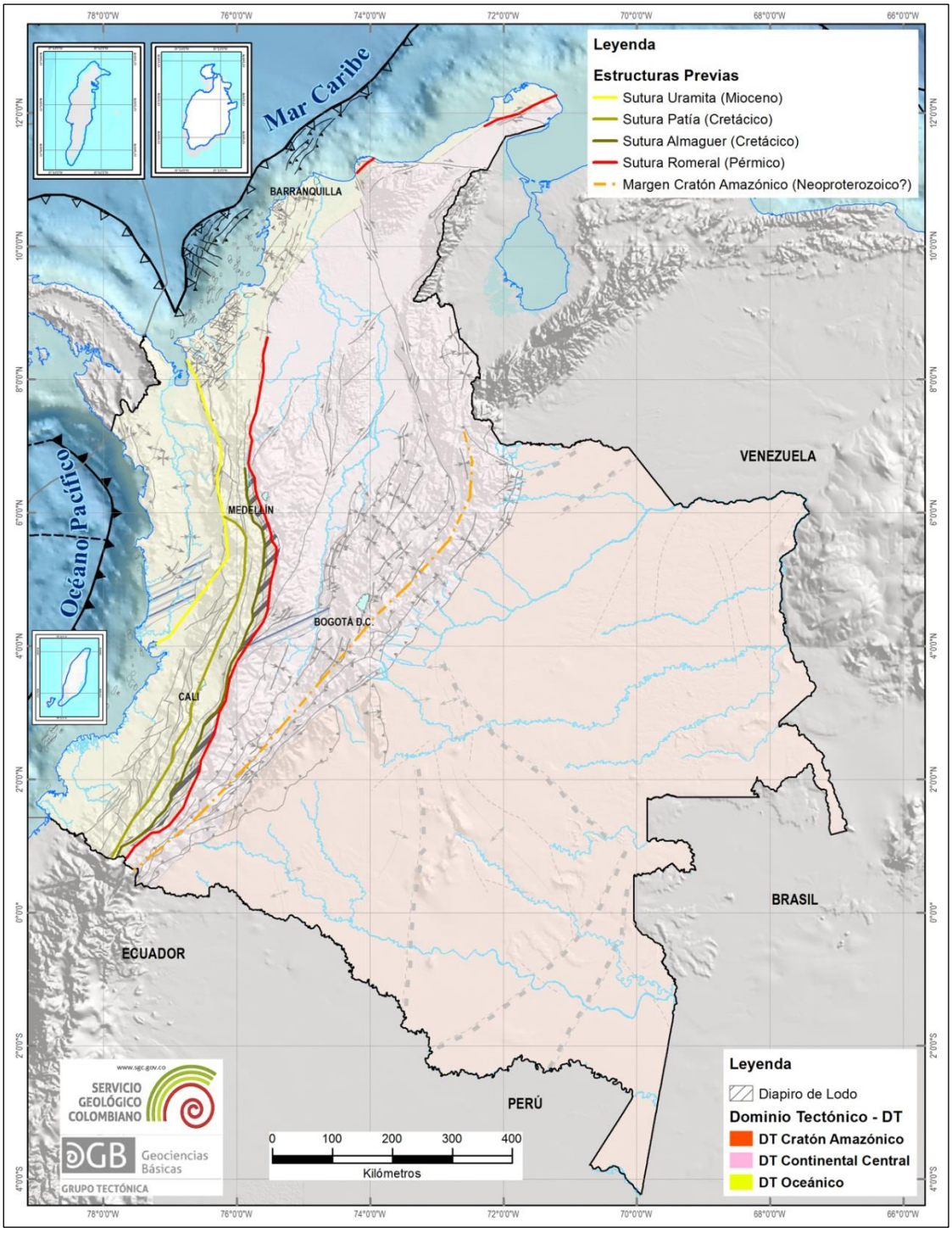


Figura 14. Mapa con la distribución de estructuras previas para Colombia.

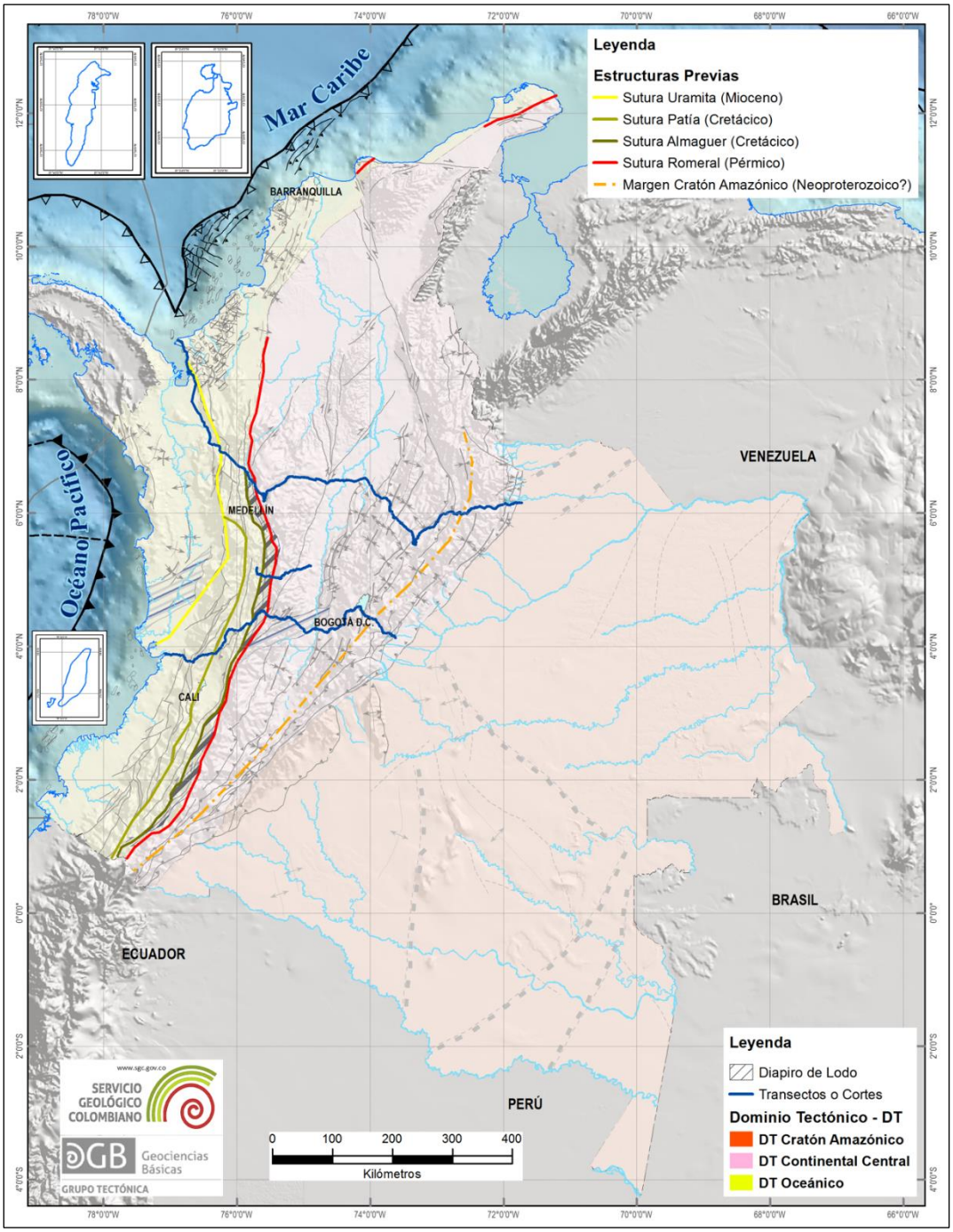


Figura 15. Mapa de localización de los transectos para caracterización del orógeno. Superior, Transecto Dabeiba – Puerto Berrío.

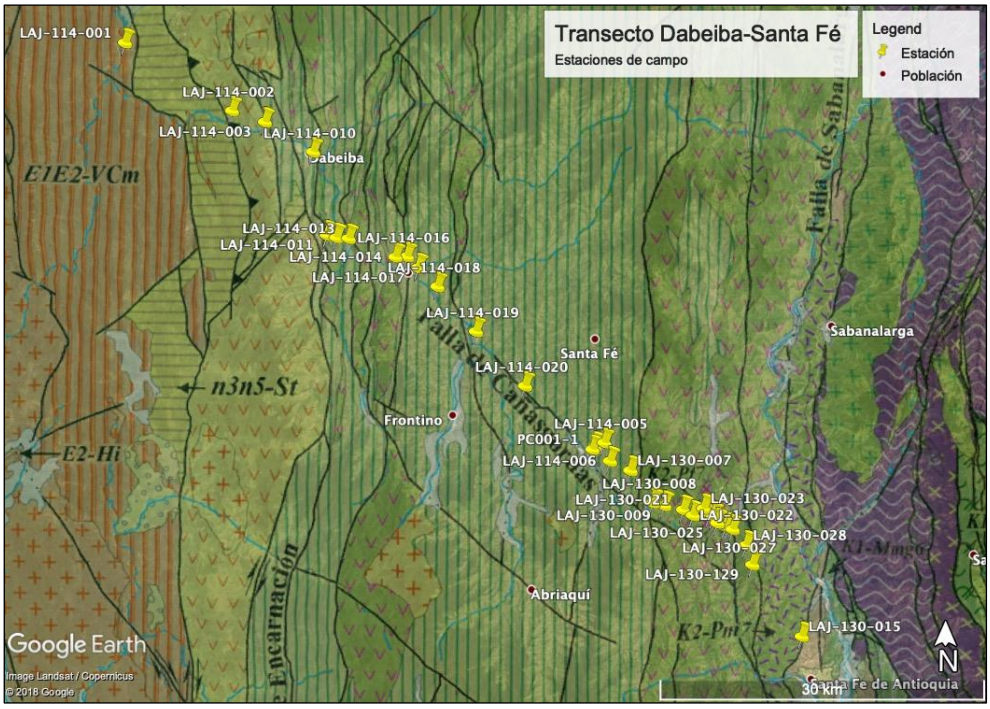


Figura 16. Mapa de localización de las estaciones de campo de la primera comisión realizada a lo largo del transecto Dabeiba – Santa Fé de Antioquia.

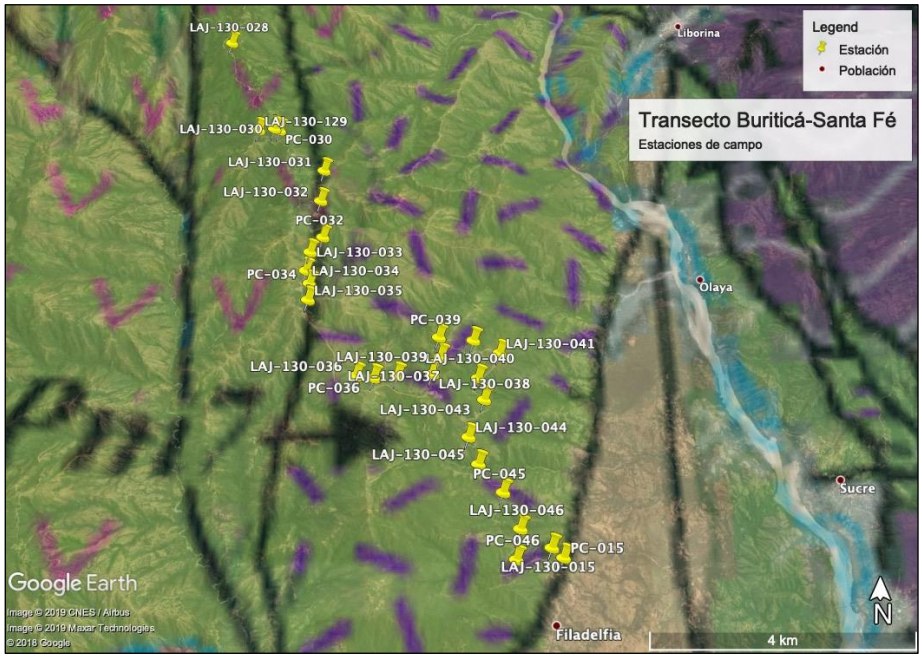


Figura 17. Mapa de localización de las estaciones de campo de la segunda comisión realizada a lo largo del transecto Dabeiba – Santa Fé de Antioquia.

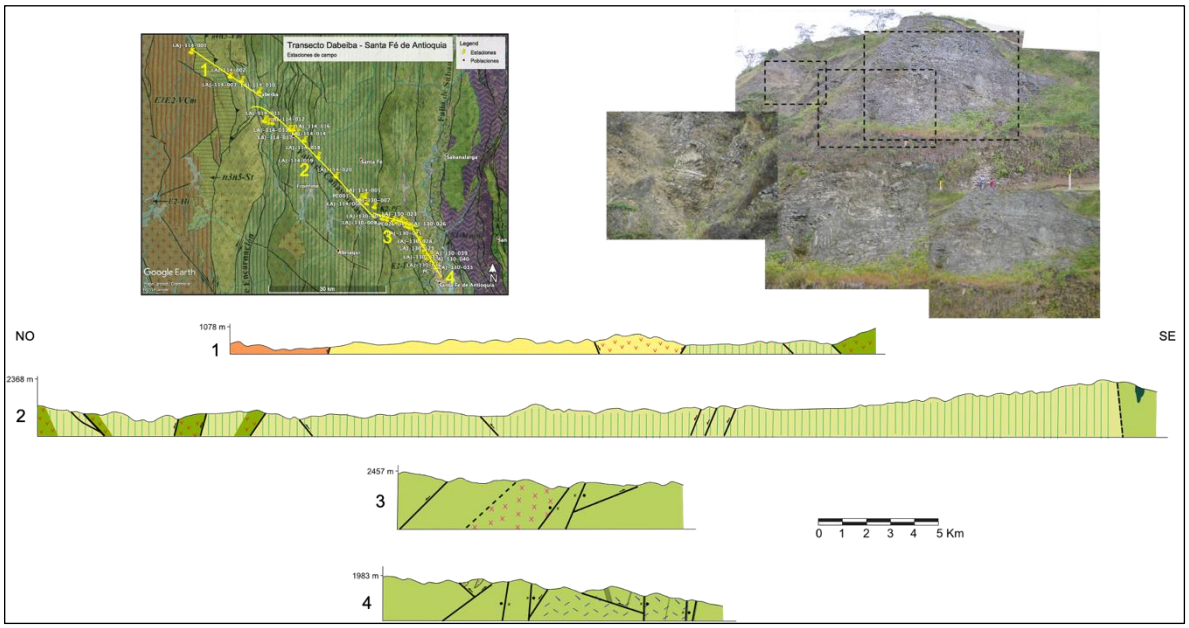


Figura 18. Secciones geológicas generalizadas realizadas a lo largo del transecto Dabeiba – Santa Fé de Antioquia.

Caracterización de estilos estructurales dominantes durante los procesos del ciclo tectónico andino

- Se realizó la consulta bibliográfica del conocimiento geocientífico sobre la orogenia andina para el territorio colombiano con el cual se generó el informe: Caracterización de estilos estructurales dominantes durante los procesos del ciclo tectónico andino. Dicho trabajo sirvió para generar una línea base para el planteamiento conceptual de la caracterización de un estilo estructural desde su jerarquía, progresión y distribución, así mismo, para generar parte de la metodología a seguir en las investigaciones en neotectónica que adelanta el grupo.

Determinación de ciclos de relleno para la cuenca del Valle Medio del Magdalena y compilación de columnas estratigráficas de las cuencas colombianas

- Se generó un informe, el cual compila columnas y correlaciones estratigráficas e información de pozos (publicada y disponible) más representativas de la cuenca del Valle Inferior, Valle Medio del Magdalena, Valle Superior de Magdalena, Llanos, Putumayo, Cesar-Ranchería, Cauca-Patía, Sinú-San Jacinto, Atrato-San Juan, Catatumbo, Urabá, con la finalidad de identificar los ciclos regionales de relleno y su historia evolutiva desde el Mesozoico hasta el presente. Se tomó como referencia los volúmenes de geología del petróleo de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) y el Atlas sísmico de Colombia (Cediel *et al*., 1998).

Apoyo técnico en la mesa de trabajo de sismicidad para las pruebas piloto de exploración de yacimientos no convencionales

- Se dio apoyo técnico con respecto a la propuesta de "semáforo de sismicidad aplicable al protocolo alerta temprana para el intercambio de la información ante un evento sísmico en las actividades de estimulación hidráulica e inyección vinculadas a la exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos de roca generadora" presentado por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) con la finalidad de complementar dicha propuesta.

Carta de correlación tectonoestatigráfica para las cuencas Caguán-Putumayo, Valle Superior, Medio e Inferior del Magdalena, Cesar-Ranchería y Maracaibo.

- Se elaboró una carta de correlación tectonoestratigráfica con su respectivo informe, de las cuencas Caguán-Putumayo, Valle Superior, Medio e Inferior del Magdalena, Cesar-Ranchería y Maracaibo (Ver Figura), a partir de las cuales se identificaron los ciclos regionales de relleno.

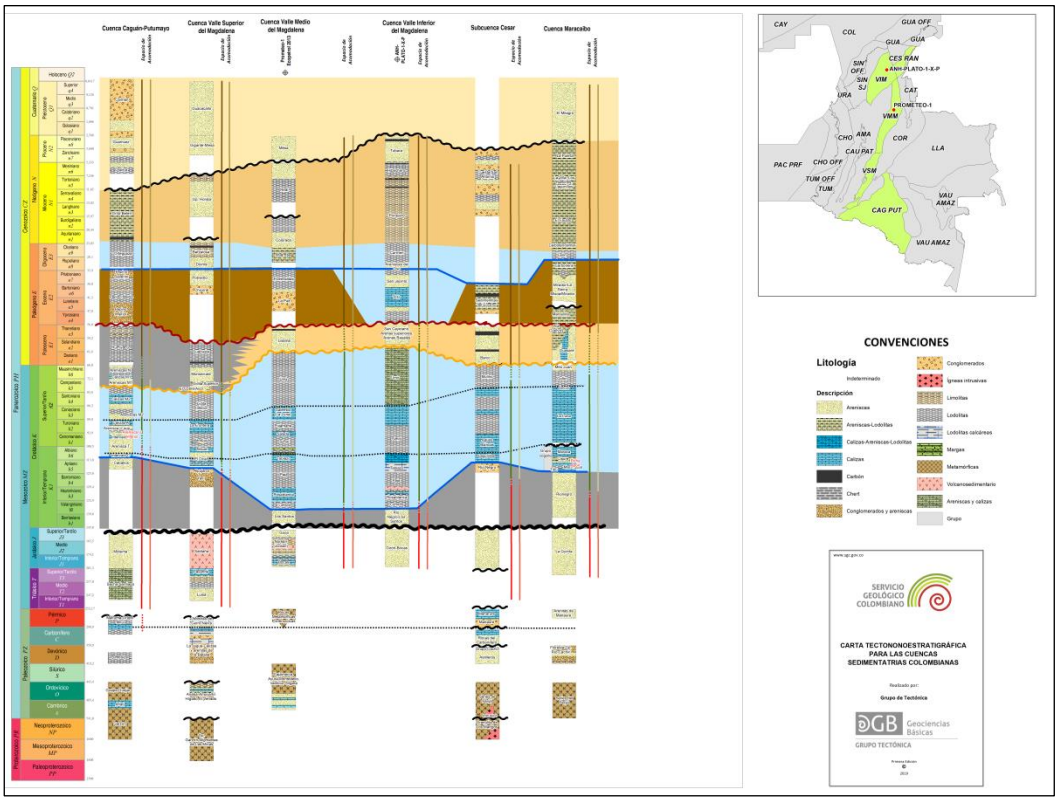


Figura 19. igura . Carta de correlación tectonoestatigráfica para las cuencas Caguan-Putumayo, Valle Superior, Medio e Inferior del Magdalena, Cesar-Ranchería y Maracaibo

Caracterización morfoestructural del frente de deformación de la cordillera oriental en su porción centro-occidental (Anticlinorio de Villeta) entre los municipios de la San Francisco y Honda

- Se desarrolló una propuesta metodológica de morfometría de relieve para hallar la paleoenvolvente del anticlinorio de Villeta, así como las máximas alturas estructurales en el momento de mayor eficiencia del sistema.

- Así mismo, se realizó una sección estructural entre los Municipios de San Francisco y Honda, la cual se representó en proyección cúbica y permite observar el volumen deformado, la zona de daño y la jerarquización de las estructuras.

- El proceso de generación del Anticlinorio de Villeta, está relacionado con la propagación de la falla de inversión de Bituima como mecanismo de deformación de primer orden, el anticlinal de inversión de segundo orden por propagación elástica y como respuesta de tercer orden el acortamiento del flanco dorsal y bucleo de las unidades plásticas. Hacen parte también del proceso de inversión, el desarrollo del sinclinal frontal (sinclinal de Guaduas) y el sobre cabalgamiento del sinclinal frontal (sinclinal del Alto del Trigo).

Tabla 5. Distribución de los factores medidos durante el balanceo de forma del Anticlinorio de Villeta

Perfil	altura máxima (m)	Acortamiento (m)	% erosionado	% transformación	Área erosionada (m^2)	Área total bajo la curva (m^2)
4	3302	9526	32	34,66	19084633,248244	60209313,11421
5	6647	14346	15	46,33	65550699,882781	437732027,47875
6	8540	14197	23	60,15	105009770,70635	456871355,42248
7	5205	22633	15	23,00	58060769,262618	412894646,6751
8	3790	8884	20	42,66	48120781,591441	239592028,96691
9	3200	10775	21	29,70	55801097,266903	263742488,34336
10	3150	9767	11	32,25	13940837,355082	121643466,29541
promedio	4833	12875	20	38		

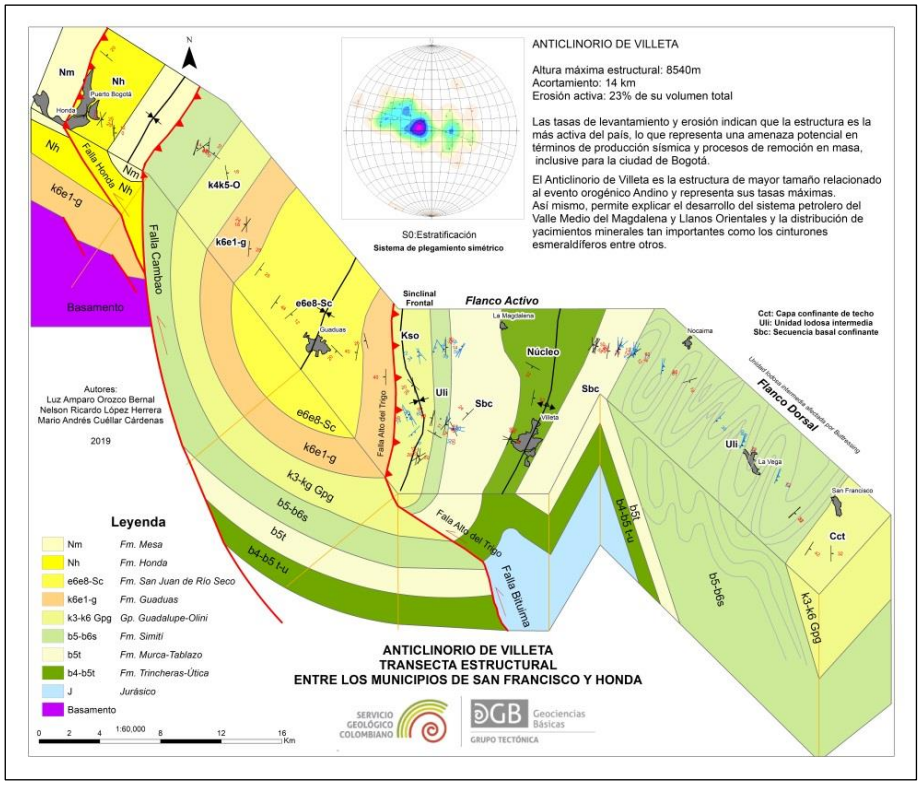


Figura 20. Sección estructural entre los municipio de San Francisco y Honda

Análisis morfo-estructural regional del sistema de fallas de Algeciras entre Pitalito (Huila) y Cubarral (Meta)

- Se presentó el análisis preliminar de los rasgos morfo-estructurales del Sistema de fallas de Algeciras (SFA), en la zona comprendida entre Pitalito (Huila) y Cubarral (Meta), con la finalidad de determinar el estilo estructural del SFA e identificar sectores del sistema de fallas para llevar a cabo estudios detallados de neotectónica y paleosismología. Este estudio se hizo a partir del análisis de un modelo digital de elevación ALOS PALSAR de 12,5 m de resolución, y con la ayuda del modelo de sombras respectivo, se identificaron las principales estructuras relacionadas al SFA. Se hizo énfasis en tres sectores del SFA, los cuales son de interés prioritario para el Servicio Geológico Colombiano (SGC), estos son de norte a sur: Algeciras-Balsillas, Gigante-Altamira, y Guadalupe-San Agustín.

- La cartografía morfo-estructural regional del SFA permitió reconocer un arreglo de estructuras entrecruzadas y anastomosadas, donde se definió la traza de la falla principal y se denominó como Falla de Algeciras (FA). Estructuras secundarias como pliegues y cabalgamientos oblicuos, fallas tipo Riedel sintéticas y antitéticas, cuencas de tracción, y lomos de falla y/o bloques extruidos (tipo pop-up) se presentan asociadas a la falla principal. Esto permitió corroborar que el SFA es un sistema

transcurrente con una componente de rumbo dextral. Las cuencas de tracción (Algeciras, El Paraíso, Balsillas, y San Juan de Villalobos) exhiben geometrías y tamaños diferentes, y se generan en curvas distensivas de la FA. Es necesario emprender estudios detallados de estas cuencas para determinar su evolución y actividad tectónica reciente. El sector sur de la zona de estudio, entre Guadalupe y San Agustín, es donde el SFA presenta su configuración más compleja, debido a que la deformación se distribuye en múltiples trazas de falla, tales como las falla de Algeciras, Pitalito, Francisco-Yunguillo, Suaza, entre otras. De hecho, se propone que la cuenca de Pitalito está compuesta de al menos tres sub-cuencas de tracción, cuya génesis está asociada a algunas de las fallas mencionadas anteriormente.

- A lo largo de la zona analizada, el SFA exhibe múltiples indicios y evidencias de actividad neotectónica (escarpes y contra-escarpes en depósitos cuaternarios, drenajes desplazados y deflectados, cauces bloqueados, lomos de obturación, lomos de falla, etc.), lo cual se convierte en una oportunidad para adelantar y desarrollar una línea de investigación en neotectónica en el SGC, y de proveer con la información básica para nutrir los modelos geodinámicos y la estimación de la amenaza sísmica en Colombia.

Planteamiento del plan de trabajo para elaborar cartas de correlación tectonoestratigráficas (cuenca piloto del Valle Medio del Magdalena) como insumo para el Atlas tectonoestratigráfico de las cuencas colombianas

Tabla 6. Plan de trabajo para la elaboración de cartas tectonoestratigráficas

PLAN DE TRABAJO CARTAS DE EVENTOS TECTONO-ESTRATIGRÁFICOS

PRODUCTOS	Responsables	Actividades	01-sep	02-oct	03-nov	04-dic	05-ene	06-feb	07-mar	08-abr	09-may	10-jun	11-jul	12-ago	13-sep	14-oct	15-nov	16-dic
			%															
Cartas de correlación litofacial	LA	Generación de la plantilla de digitalización escalada	100															
	LA-MQ-NL	Digitalización del registro litológico	5															
	LA-MQ-NL	Armar la columas a escala de registro litológico y Gamma Ray																
	LA-MQ	Montaje de plantilla de correlación																
Mapas Paleogeográficos	LA-MQ-YR	Adapatación de los mapas de superficies definidos por los inter.																
	LA-MQ-YR	Obtener secciones aplanadas al tiempo del mapa																
	LA-MQ-YR	hacer diagramas de ambiente de depósito y control estructural																
Curvas de subsidencia	LA-MQ-YR	Calcular las curvas de subsidecnia para cada ciclo de relleno																
Carta de eventos tectono-estratigráficos	LA-MQ-YR	Montaje de información en la platilla de la carta																
	LA-MQ-YR	Definición de ciclos de primer y segundo orden																
	LA-MQ-YR	Interpreatción de eventos tetcono-estratigráficos																
Total de pozos 37																		

Selección y digitalización de los pozos según criterios geológicos

- Se escogieron los pozos en la dirección de las secciones sísmicas relevantes para las cuencas de Valle Medio del Magdalena y Llanos, los cuales se digitalizaron y se representaron en posición geográfica y estructural. Al digitalizar los registros granulométricos de los pozos, se pueden vectorizar y escalar para ser usados en

diferentes procesos de interpretación sísmica y de pozos. Dichos registros estaban sólo en formato análogo

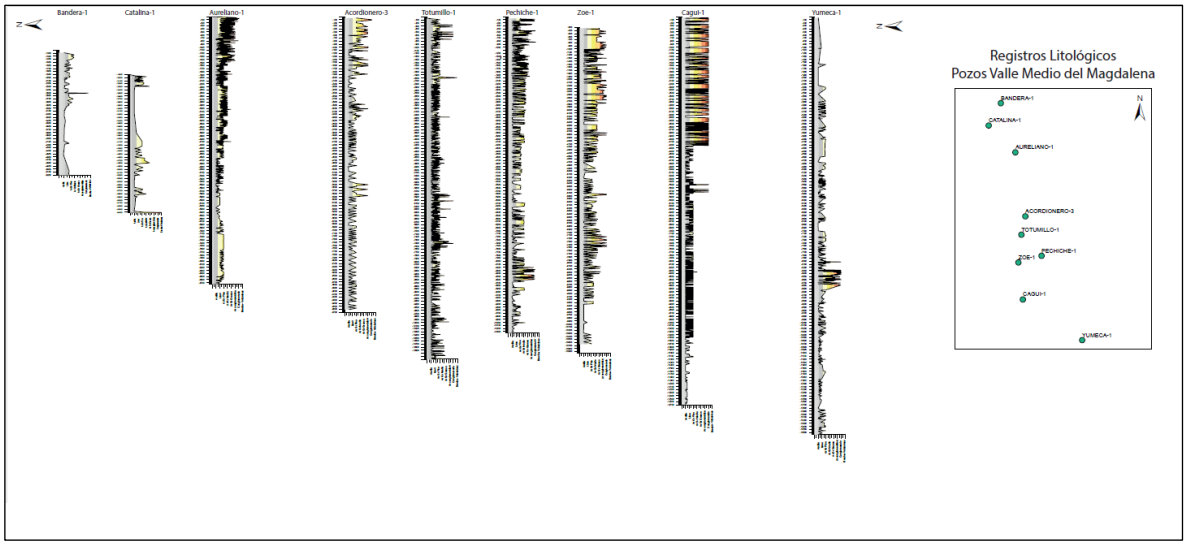


Figura 21. Pozos digitalizados de la sección 1 de la cuenca del Valle Medio del Magdalena

Elaboración de Cartas de correlación tectonoestratigráfica e informe que servirán como un insumo para la elaboración del Atlas tectonoestratigráfico de las cuencas sedimentarias de Colombia

- Se realizó la identificación de ciclos granulométricos asociados al gradiente gravitacional de la subsidencia. En este sentido, se generaron 4 cartas de correlación tectonoestratigráfica en dos secciones en sentido norte-sur para el norte de la cuenca del Valle Medio del Magdalena. Así mismo se realizó una carta para el área de Meta en la cuenca de Llanos

Evolución Tectónica de Colombia, ciclos pre-andino, andino y actual

- Elaboración del capítulo de ciclo actual para el informe de Evolución Tectónica de Colombia, ciclos pre-andino, andino y actual. Se evaluaron numerosos modelos geodinámicos actuales para la esquina noroccidental de Suramérica haciendo énfasis en la cinemática de la subducción (ver tabla) lo que permite tener un panorama del estado del conocimiento y direccionar futuros estudios para ahondar en la comprensión del escenario geodinámico del territorio colombiano.

Tabla 7. Parámetros básicos de la cinemática de la subducción contemplados en los modelos para la relación de las placas Nazca y Caribe con respecto a la Placa Suramericana estable

Placa	Velocidad placa continental Vop	Velocidad Placa oceánica (Vsp)	Velocidad de migración de la fosa (VT)	Velocidad de convergencia Vc	Velocidad de subducción Vs	Ángulo del *slab* de subducción	Autor
Caribe	No	No	No	No	No	Si	Pennington (1981)
Nazca	No	No	No	No	No	Si	
Caribe	No	No	No	No	No	No	Van der Hilst y Mann (1994
Nazca	No	No	No	Si	No	Si	Monsalve y Mora (2005)
Nazca	No	No	No	No	No	Si	Pedraza et al. (2007)
Caribe	No	No	No	Si	No	No	Colmenares y Zoback (2003)
Nazca	No	No	No	Si	No	No	
Caribe	No	No	No	No	No	Si	Wagner *et al.* (2017)
Nazca	No	No	No	No	No	Si	
Caribe	No	No	No	Si	No	No	Taboada et al. (1998)
Nazca	No	No	No	Si	No	No	Trenkamp (2002)
Caribe	No	No	No	Si	No	No	
Nazca	No	No	No	Si	No	No	Mora et al. (2019)
Caribe	No	No	No	Si	No	No	
Caribe	No	No	No	No	No	No	Mantilla (2007)
Caribe	No	No	No	No	No	Si	Taboada et al. (2000)
Nazca	No	No	No	No	No	Si	
Caribe	No	No	No	No	No	Si	Vargas y Mann (2013)
Nazca	No	No	No	No	No	Si	

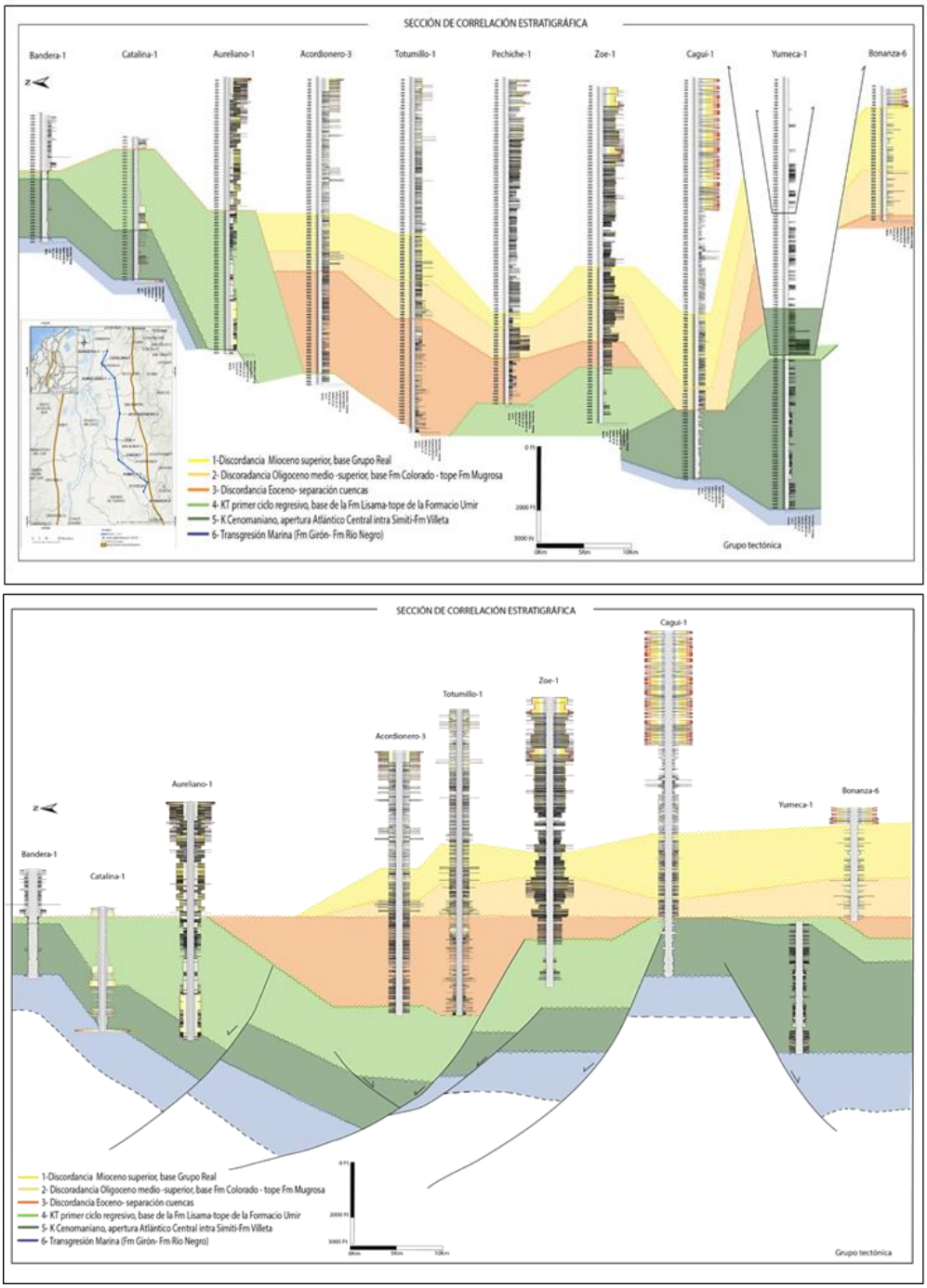


Figura 22. Carta de correlación tectonoestratigráfica de la sección 1 cuenca Valle Medio del Magdalena. Arriba geometría actual. Abajo: aplanamiento a la discordancia que separa la cuenca marina de la fase intramontana

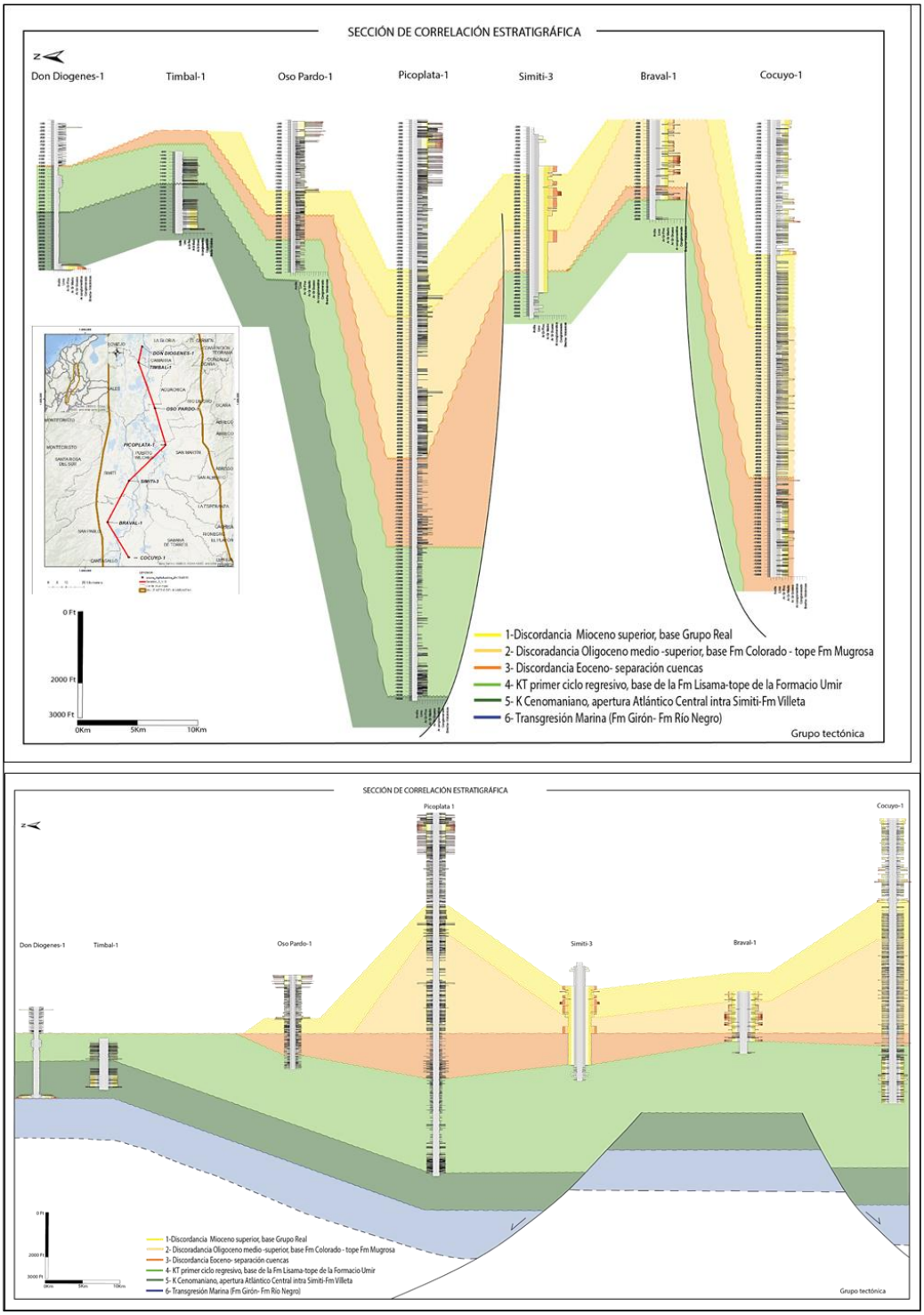


Figura 23. Carta de correlación tectonoestratigráfica de la sección 1 cuenca Valle Medio del Magdalena. Arriba geometría actual. Abajo: aplanamiento a la discordancia que separa la cuenca marina de la fase intramontana

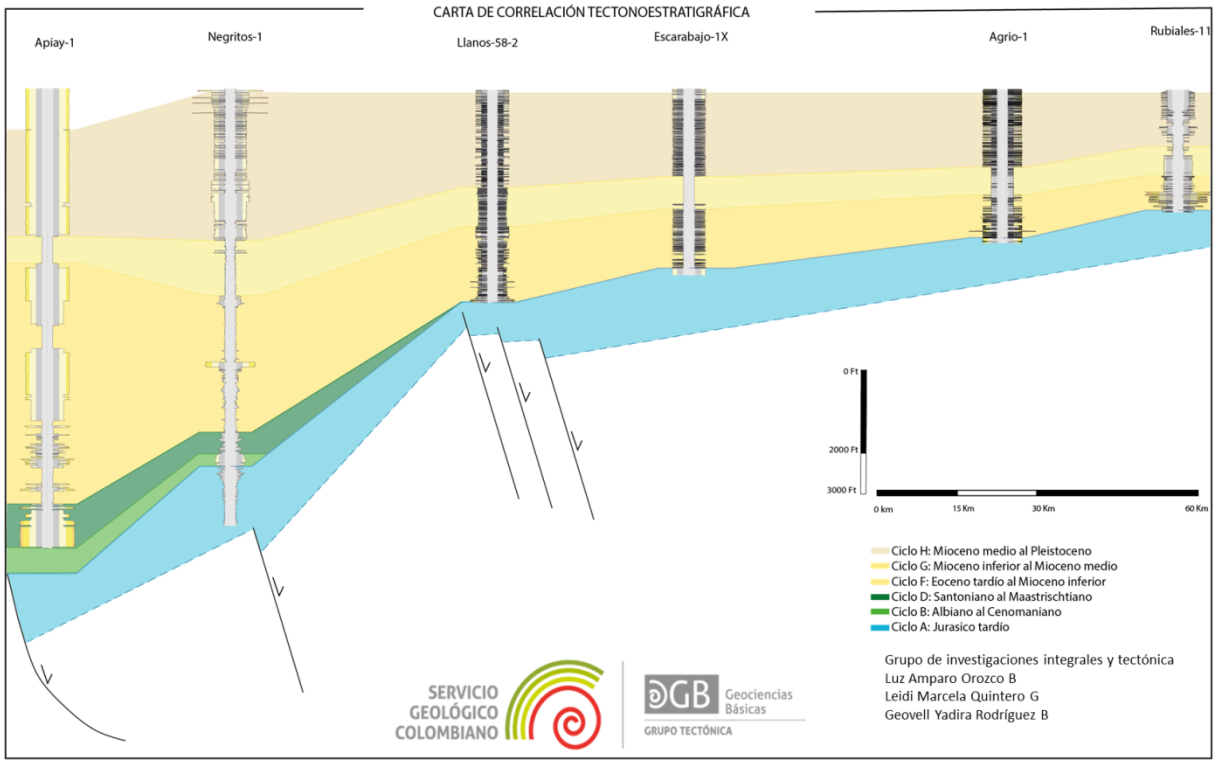


Figura 24. Carta de correlación tectonoestratigráfica de la sección 1 cuenca de Llanos

Tectónica activa

- Compilación de información secundaria sobre sistemas turbidíticos antiguos en Colombia.
- Diagnóstico sobre el estado del arte de la tectónica activa de fallas y pliegues en Colombia.
- Propuesta metodológica para estudios de neotectónica en Colombia.
- Informe sobre la evolución tectónica de Colombia: ciclos pre-andino, andino y actual.
- Análisis morfo-estructural del Sistema de Fallas de Algeciras (SFA) entre Pitalito (Huila) y Cubarral (Meta).
- Reconocimiento morfotectónico preliminar del Sistema de Fallas de Algeciras (SFA) en los sectores de Balsillas, Garzón, Timaná y Pitalito.
- Plan de trabajo 2019-2020 del componente de neotectónica.

A continuación se presenta una breve descripción de cada una de estas actividades.

Compilación de información secundaria sobre sistemas turbidíticos antiguos en Colombia.

- Se hizo la búsqueda, compilación y análisis de la información bibliográfica sobre procesos de sedimentación asociados a sistemas turbidíticos (o abanicos submarinos) en el registro geológico en Colombia. Los resultados están consignados en el informe "Sistemas turbidíticos en el intervalo Triásico Inferior-Paleoceno en Colombia: Implicaciones tectónicas y paleogeográficas", el cual se encuentra en la ruta Z:\INFORMACION DE REFERENCIA\Soporte Actividades\Javier Idarraga Garcia\ABANICOS_SUBMARINOS\INFORME. Está conformado por el capítulo 1, incluye las generalidades sobre los sistemas turbidíticos o abanicos submarinos, específicamente en temas como elementos arquitecturales, procesos sedimentarios, factores de control, y modelos de desarrollo; y el capítulo 2, incluye las evidencias estratigráficas de antiguos sistemas turbidíticos o abanicos submarinos en Colombia.

Diagnóstico sobre el estado del arte de la tectónica activa de fallas y pliegues en Colombia.

- En el segundo semestre de 2019 se finalizó el informe de avance sobre el diagnóstico del conocimiento sobre la tectónica activa de fallas y pliegues en Colombia, el cual incluye cuatro capítulos, así: introducción; definición de conceptos básicos; estado del arte del conocimiento de la tectónica activa de fallas y pliegues en Colombia; y propuesta general de una metodología para la investigación en neotectónica en Colombia.

- En este informe se presenta el avance del diagnóstico del conocimiento sobre la tectónica activa en Colombia, con el fin de detectar los vacíos, necesidad y prioridades en este campo del conocimiento, y proponer los primeros lineamientos para una metodología general de investigación en neotectónica que conlleve al establecimiento de un programa sistemático liderado por el Servicio Geológico Colombiano. Con base en varias compilaciones realizadas con anterioridad se concluye que el conocimiento de la neotectónica en Colombia tiene grandes vacíos y que los avances han sido la consecuencia de circunstancias pasajeras y no a una línea de investigación consolidada y con objetivos claros. En consecuencia, se plantea un primer esbozo de metodología que busca, en primera instancia, estudiar los patrones estructurales, jerarquización de elementos y dominios estructurales de los sistemas de fallas. Posterior a esto, se entra a un análisis local donde se debe establecer los rasgos morfotectónicos indicativos de actividad reciente, cartografiar las zonas de deformación (zona de daño de falla), y evaluar el potencial sismogénico de estructuras particulares por medio de técnicas paleosismológicas. También se plantea que el enfoque de la neotectónica debe ser el de generar, por un lado, el conocimiento

básico para nutrir los modelos tectónicos y contribuir a la exploración de minerales, aguas subterráneas e hidrocarburos. Por otro lado, la neotectónica provee información clave del potencial sismogénico de las fallas que debe ser incluida en los modelos de amenaza sísmica.

- El Documento del informe final del diagnóstico de fallas y pliegues activos en Colombia llamado "*NEOTECTONICA_COLOMBIA_Nov2019*" se encuentra en la ruta Z:\INFORMACION DE REFERENCIA\Soporte Actividades\Javier Idarraga Garcia\CONTRATO_933-2019\ACTIVIDADES_MENSUALES\4-DICIEMBRE_2019\DIAGNOSTICO_NEOTECTONICA\Documentos.

Propuesta metodológica para estudios de neotectónica en Colombia.

- Con base en el diagnóstico del conocimiento de la neotectónica en Colombia, se procedió a proponer una metodología general para la investigación en este campo de la tectónica en Colombia. En el documento se define, en primera instancia, que el período neotectónico para Colombia es el intervalo Neógeno-Cuaternario. Adicionalmente, se plantea que el enfoque de la neotectónica debe ser el de generar, por un lado, el conocimiento básico de la tectónica neógena-cuaternaria para alimentar los modelos geodinámicos de Colombia. Por otro lado, el segundo enfoque es de conocimiento aplicado, principalmente en lo concerniente a la evaluación del potencial sismogénico de estructuras particulares para contribuir a los modelos de amenaza sísmica, y apoyar las actividades de prospección de recursos naturales y la planeación de infraestructura de desarrollo del País.

- En general, la metodología que se propone debe partir desde el análisis regional de las estructuras, con el fin de entender sus patrones geométricos, estilos de deformación, jerarquización de elementos, y dominios morfo-estructurales. Una vez se tenga claro el significado regional de las estructuras, se pasa a un análisis a escala local en sitios de interés, donde el objetivo es identificar rasgos morfológicos indicativos de actividad tectónica reciente (morfotectónica), separar y describir las zonas de deformación (zona de daño de falla), y llevar a cabo exploraciones paleosismológicas en secciones o segmentos de falla específicos (Ver Figura).

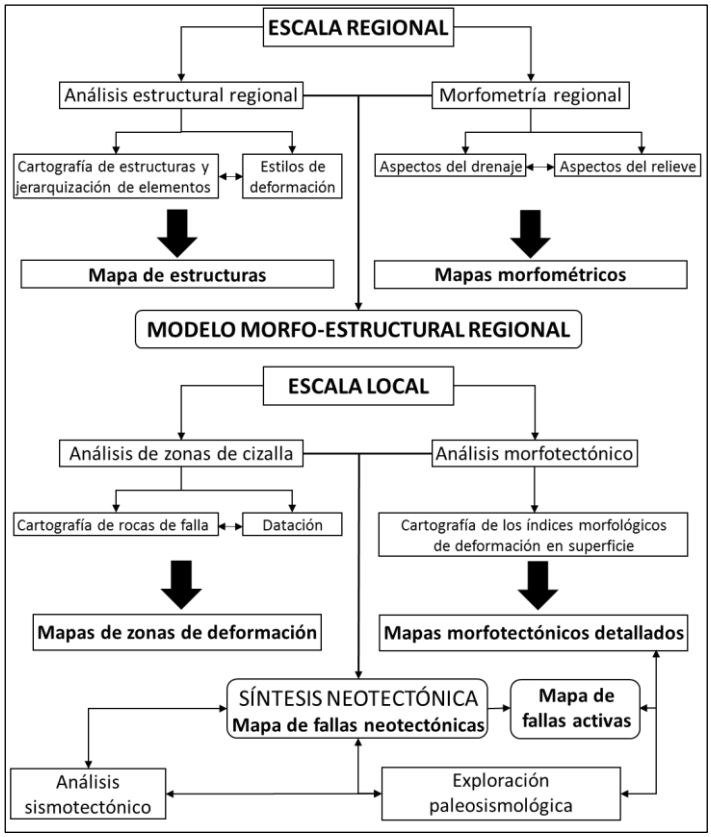


Figura 25. Diagrama de flujo de la metodología general para estudios de neotectónica en Colombia

El Documento de la metodología llamado "*METODOLOGÍA GENERAL PARA LA INVESTIGACIÓN EN NEOTECTÓNICA EN COLOMBIA*" se encuentra en la ruta Z:\INFORMACION DE REFERENCIA\Soporte Actividades\Javier Idarraga Garcia\CONTRATO_933-2019\ACTIVIDADES_MENSUALES\1-SEPTIEMBRE_2019\METODOLOGIA_NEOTECTONICA\Documentos.

Informe sobre la evolución tectónica de Colombia: ciclos pre-andino, andino y actual.

- Después de tener finalizado el capítulo del diagnóstico de fallas y pliegues activos en Colombia, se procedió a hacer la integración de este capítulo con los capítulos del ciclo pre-andino y ciclo andino. El documento final con la integración de los tres capítulos (archivo llamado "Consolidado_Evolucion_Tectonica_Vf") se encuentra en la ruta Z:\INFORMACION DE REFERENCIA\Soporte Actividades\Javier Idarraga Garcia\CONTRATO_9332019\ACTIVIDADES_MENSUALES\4DICIEMBRE_2019\DIAGNOSTICO_NEOTECTONICA\Documentos.

Análisis morfo-estructural del Sistema de Fallas de Algeciras (SFA) entre Pitalito (Huila) y Cubarral (Meta).

- Se llevó a cabo el análisis preliminar de los rasgos morfo-estructurales del Sistema de Fallas de Algeciras (SFA) en la zona comprendida entre Pitalito (Huila) y Cubarral (Meta), con la finalidad de determinar el estilo estructural del SFA e identificar sectores del sistema de fallas para llevar a cabo estudios detallados de neotectónica y paleosismología. Se hizo énfasis en tres sectores del SFA, los cuales son de norte a sur: Algeciras-Balsillas, Garzón-Timaná, y Pitalito (Ver Figura).

- La cartografía morfo-estructural regional del SFA permitió reconocer un arreglo de estructuras entrecruzadas y anastomosadas, donde se definió la traza de la falla principal y se denominó como Falla de Algeciras (FA). Estructuras secundarias como pliegues y cabalgamientos oblicuos, fallas tipo Riedel sintéticas y antitéticas, cuencas de tracción, y lomos de falla y/o bloques extruidos (tipo pop-up) se presentan asociadas a la falla principal. Esto permitió corroborar que el SFA es un sistema transcurrente con una componente de rumbo dextral. Las cuencas de tracción (Algeciras, El Paraíso, Balsillas, y San Juan de Villalobos) exhiben geometrías y tamaños diferentes, y se generan en curvas distensivas de la FA. El sector sur de la zona de estudio, entre Guadalupe y San Agustín, es donde el SFA presenta su configuración más compleja, debido a que la deformación se distribuye en múltiples trazas de falla, tales como las falla de Algeciras, Pitalito, Francisco-Yunguillo, Suaza, entre otras.

- A lo largo de la zona analizada, el SFA exhibe múltiples indicios y evidencias de actividad neotectónica (escarpes y contra-escarpes en depósitos cuaternarios, drenajes desplazados y deflectados, cauces bloqueados, lomos de obturación, lomos de falla, etc.), lo cual se convierte en una oportunidad para adelantar y desarrollar una línea de investigación en neotectónica en el SGC, y de proveer con la información básica para nutrir los modelos geodinámicos y la estimación de la amenaza sísmica en Colombia.
- El informe llamado “ANÁLISIS MORFO-ESTRUCTURAL REGIONAL DEL SISTEMA DE FALLAS DE ALGECIRAS ENTRE PITALITO (HUILA) Y CUBARRAL (META)” se encuentra en la ruta Z:\INFORMACION DE REFERENCIA\Soporte Actividades\Javier Idarraga Garcia\FALLA_ALGECIRAS\INFORME\Documento.

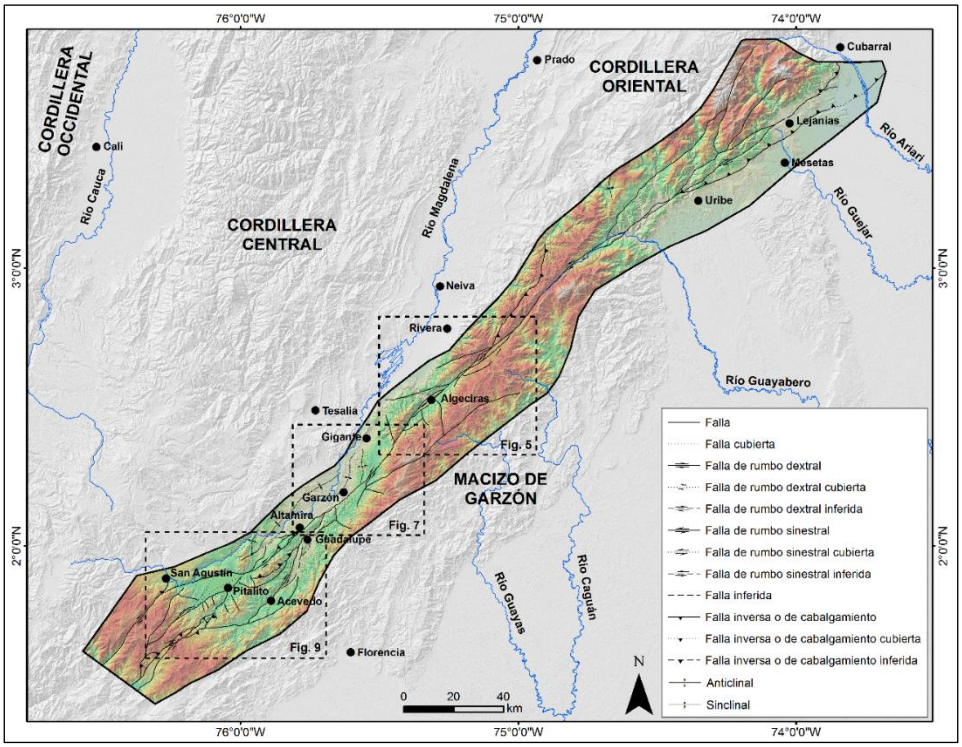


Figura 26. Mapa de las trazas de falla que constituyen el Sistema de Fallas de Algeciras (SFA), el cual corresponde a un sistema transcurrente compuesto por estructuras interconectadas y anastomosadas con tendencia general SW-NE. Se indica la localización de los tres sectores analizados en este estudio

Reconocimiento morfotectónico preliminar del Sistema de Fallas de Algeciras (SFA) en los sectores de Balsillas, Garzón, Timaná y Pitalito.

- La cartografía morfo-estructural regional del SFA permitió reconocer un arreglo de estructuras entrecruzadas y anastomosadas, donde se definió la traza de la falla principal y se denominó como Falla de Algeciras (FA). Estructuras secundarias como pliegues y cabalgamientos oblicuos, fallas tipo Riedel sintéticas y antitéticas, cuencas de tracción, y lomos de falla y/o bloques extruidos (tipo *pop-up*) se presentan asociadas a la falla principal (Ver Figura). Esto permitió corroborar que el SFA es un sistema transcurrente con una componente de rumbo dextral. Con base en lo anterior se hizo un reconocimiento morfotectónico preliminar del SFA en los sectores de Balsillas, Garzón, Timaná y Pitalito, el cual tuvo como objetivo comprobar, identificar y describir los rasgos morfológicos indicativos de actividad neotectónica del sistema y, con base en estos, seleccionar sitios potenciales para prospección geofísica y exploración paleosismológica. Este reconocimiento se hizo a través de una comisión de campo entre el 15 y el 29 de noviembre de 2019.

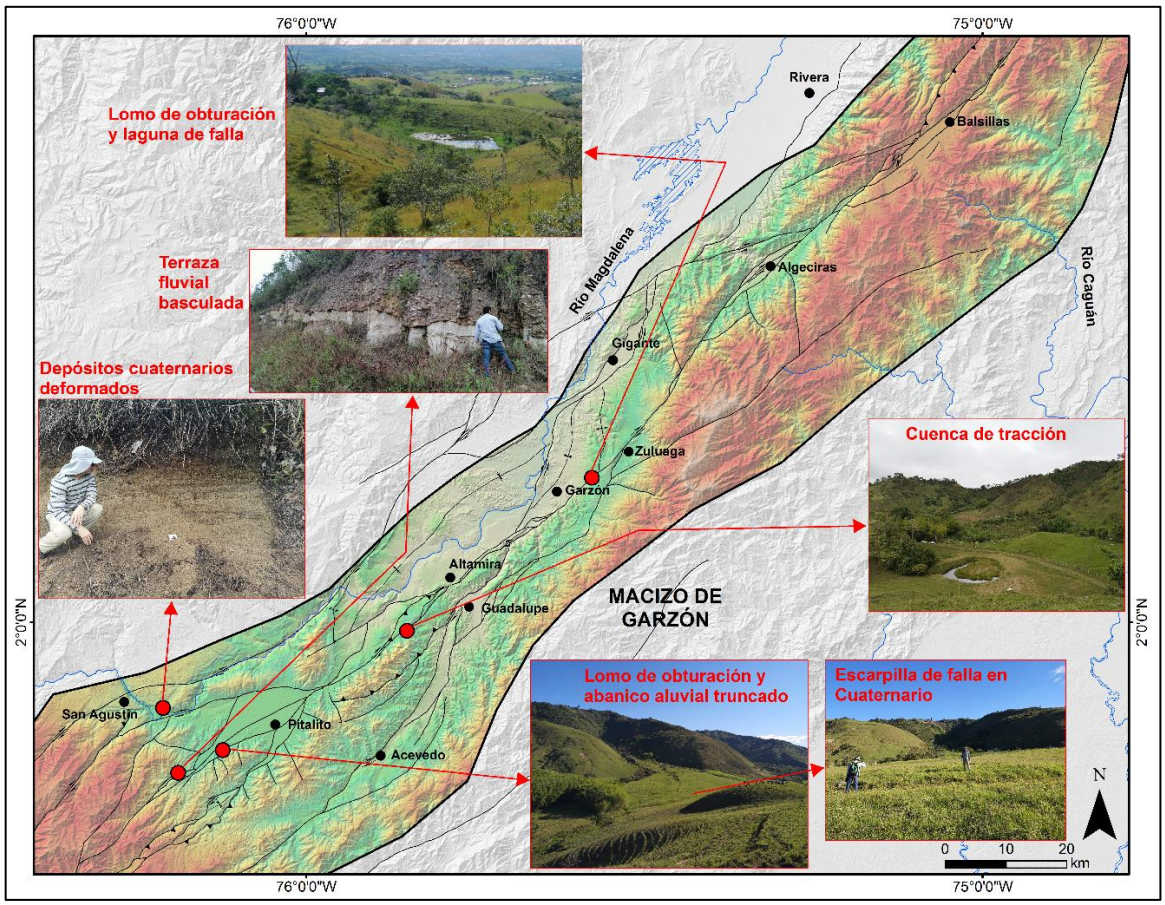


Figura 27. Principales resultados del reconocimiento morfotectónico preliminar del Sistema de Fallas de Algeciras (SFA) entre Pitalito (Huila) y Balsillas (Caquetá).

A partir de la cartografía regional de las estructuras que componen el SFA se hizo la comprobación en campo de los rasgos morfológicos indicativos de actividad neotectónica. Se resaltan rasgos como cuencas de tracción, lagunas de falla, lomos de obturación, abanicos aluviales truncados, escarpillas de falla, terrazas fluviales basculadas, drenajes desplazados en sentido dextral, y depósitos volcánicos (cuaternarios?) fallados y fracturados

- El valle del río Balsillas corresponde a una cuenca de tracción alargada en sentido NE-SW, formada en una curva distensiva de la Falla de Algeciras, la cual se extiende a lo largo del borde norte de la depresión. A lo largo de su traza, la falla se asocia con rasgos morfotectónicos tales como lomos de presión y obturación; drenajes desplazados en sentido dextral, desviados, descabezados, derrotados y en rastrillo; depósitos recientes (cuaternarios?) confinados; y probables evidencias de rupturas en superficie. En el sector de Garzón, la Falla de Algeciras marca el límite entre el Macizo de Garzón y el Valle Superior del Magdalena, a través de un frente montañoso bien desarrollado. En la vereda El Mirador, se identificaron rasgos que evidencian

actividad tectónica reciente en una falla secundaria sintética del sistema, los cuales incluyen un lomo de obturación en material probablemente cuaternario, una laguna de falla y un drenaje bloqueado y desplazado dextralmente (Ver Figura).

En la vereda El Espino se cartografiaron rasgos tales como lomos de obturación, contra-escarpes, drenajes desviados y desplazados, abanicos aluviales truncados, entre otros (Ver Figura).

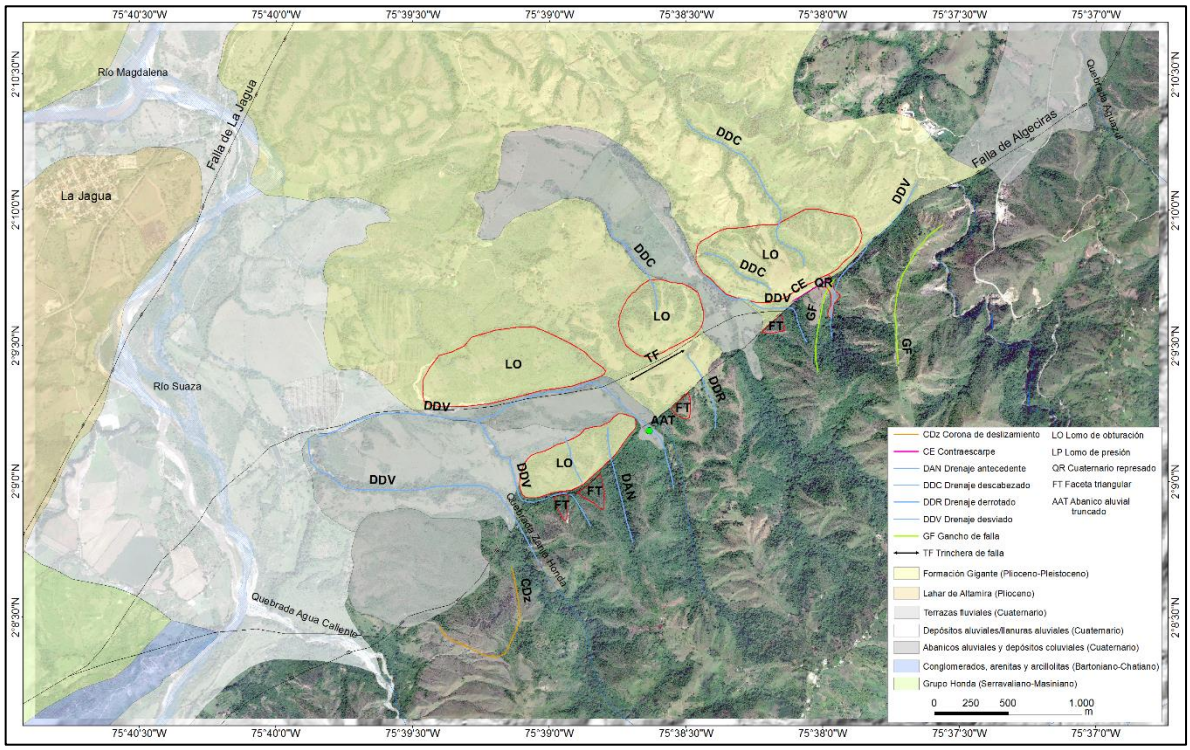


Figura 28. Ejemplo de la cartografía morfotectónica preliminar, en este caso, para el sector de El Espino (Garzón, Huila).

Por medio del análisis de fotografías aéreas, imágenes de satélite y modelos digitales del terreno, y su posterior comprobación en el terreno, se identificaron y describieron los rasgos morfológicos indicativos de actividad neotectónica del SFA

- En el sector de Timaná se identificó una pequeña cuenca de tracción en la vereda El Naranjal, asociada con la traza principal del SFA (Falla de Algeciras), donde en el borde oriental se identifican varios drenajes e interfluvios desplazados en sentido dextral (Ver Figura). En el sector de Pitalito se presentan depósitos volcánicos (cuaternarios?) deformados tectónicamente por la Falla de Algeciras, así como terrazas fluviales del río Guachicos basculadas en dirección contraria a la original de la depositación. Al nororiente de Bruselas, varios lomos de obturación están bloqueando parcial o totalmente abanicos aluviales probablemente cuaternarios. En uno de estos abanicos

se identificó una escarpilla de falla de aproximadamente 0,5 m de altura (Ver Figura). Con base en estas observaciones se seleccionaron los sitios de El Naranjal y El Mirador para llevar a cabo prospección geofísica detallada con fines de una potencial exploración paleosismológica.

- El informe llamado "*RECONOCIMIENTO MORFOTECTÓNICO PRELIMINAR DEL SISTEMA DE FALLAS DE ALGECIRAS EN LOS SECTORES DE BALSILLAS, GARZÓN, TIMANÁ Y PITALITO*" se encuentra en la ruta Z:\INFORMACION DE REFERENCIA\Soporte Actividades\Javier Idarraga Garcia\CONTRATO_933-2019\ACTIVIDADES_MENSUALES\4DICIEMBRE_2019\FALLA_ALGECIRAS\INFORMES\ Documento.

- Los cuatro anexos que corresponden a los mapas morfotectónicos preliminares de los sectores de Balsillas Sur, Balsillas Centro, Balsillas Norte y El Espino se encuentran en la ruta Z:\INFORMACION DE REFERENCIA\Soporte Actividades\Javier Idarraga Garcia\CONTRATO_933-2019\ACTIVIDADES_MENSUALES\4-DICIEMBRE_2019\FALLA_ALGECIRAS\INFORMES\Anexos.

Plan de trabajo 2019-2020 del componente de neotectónica.

Se presentó el plan de trabajo general para el componente de neotectónica para el periodo 2019-2020, con énfasis en tres actividades:

- Estudio piloto del Sistema de Fallas de Algeciras.
- Mapa de fallas neotectónicas y activas de Colombia.
- Análisis de la partición de la Placa Farallón.

Este plan de trabajo se encuentra en la ruta Z:\INFORMACION DE REFERENCIA\Soporte Actividades\Javier Idarraga Garcia\CONTRATO_933-2019\PLAN_DE_TRABAJO.

Proyectos Regionales Base de Sísmica y Pozos cuencas: Llanos y Caguán-Putumayo

- A finales de 2018, se logró adquirir e instalar 4 licencias de Geophysics Core, 2 licencias de Geosicience Core de petrel y 1 licencia de Studio (Base de datos), en la infraestructura del Servicio Geológico Colombiano. Una vez obtenidas, se comenzó con la creación de los proyectos Regionales Base de sísmica y pozos (PRBSP) para las cuencas sedimentarias Llanos y Caguán-Putumayo, ya que estas cuencas son las más extensas y cubren la parte oriental del país. El desarrollo de estos proyectos se ha planteado a través de las siguientes 4 etapas:

- **Etapa I -** Diagnóstico e inventario de la información disponible de las cuencas sedimentarias seleccionadas, así como la información complementaria y el estado de la misma.
- **Etapa II** – Selección sistemática condicionada, representativa a nivel regional, de la información sísmica 2D y pozos, equivalentes aproximadamente al 25% de toda la información existente en las cuencas sedimentarias definidas.
- **Etapa III** – Generación y carga de la información sísmica y de pozos para las cuencas sedimentarias seleccionadas, en la plataforma petrel. Asegurando las óptimas condiciones técnicas y de calidad para su disponibilidad en la fase subsiguiente de interpretación.
- **Etapa IV** – La tercera dimensión del Mapa Tectónico de Colombia se incorporará progresivamente a través de la interpretación de la información del subsuelo (Sísmica 2D y pozos) mediante la elaboración de mapas estructurales e isopacos de las interfaces de interés como Basamento-Paleozoico, Paleozoico Cretácico, Cretácico-Terciario de las diferentes cuencas sedimentarias.

- Se ha adelantado las fases 1, 2 y 3 como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, debido a que la información del subsuelo (sísmica y de pozos) con calidad, requiere compilar, validar, estandarizar, cargar y visualizar la información geocientífica estructurada y no estructurada disponible antes de avanzar en la fase de interpretación e incorporación en el análisis tridimensional y en el estudio de la estructura profunda de la corteza terrestre.

Tabla 8. Avance de las actividades realizadas dentro de los Proyectos Regionales Base de Sísmica y de Pozos – PRBSP.

Actividades	% Avance	Ubicación de productos archivos
Selección sistemática condicionada, representativa a nivel regional, de la información sísmica 2D y pozos equivalentes aproximadamente al 25% de la de la información existente en las dos cuencas sedimentarias definidas.	100%	Los archivos con las solicitudes realizadas al BIP, así como los formatos diligenciados para el trámite de las mismas se encuentran disponibles en las rutas: \\srv-ar1\img-tec\TECTONICA\MTC_BID-SGC2018\Proyectos_Regionales_Base\Solicitudes_BIP
Generación y carga del 25% de la información sísmica para la cuenca Llanos, en Petrel, asegurando las óptimas condiciones técnicas y de calidad para su disponibilidad en la fase subsiguiente de interpretación.	100%	Se creó el proyecto Referencia para incorporar la información sísmica 2D, a la cuenca Llanos. Se encuentra disponible en la ruta: \\isismb\PETREL1\USER_PROJECTS\REFERENCE_PROJECT\LLANOS

Actividades	% Avance	Ubicación de productos archivos
Generación y carga del 25% de la información de pozos para la cuenca sedimentaria Llanos, en Petrel, asegurando las óptimas condiciones técnicas y de calidad para su disponibilidad en la fase subsiguiente de interpretación.	100%	Se creó el proyecto Referencia para incorporar la información de pozos, a la cuenca Llanos. Se encuentra disponible en la ruta: \\isismb\PETREL1\USER_PROJECTS\REFERENCE_PROJECT\LLANOS
Generación y carga del 25% de la información sísmica para la cuenca Caguán-Putumayo, en Petrel, asegurando las óptimas condiciones técnicas y de calidad para su disponibilidad en la fase subsiguiente de interpretación.	100%	\\isismb\PETREL1\USER_PROJECTS\REFERENCE_PROJECT\CAGUAN_PUTUMAYO
Generación y carga del 25% de la información de pozos para la cuenca Caguán-Putumayo, en Petrel, asegurando las óptimas condiciones técnicas y de calidad para su disponibilidad en la fase subsiguiente de interpretación.	100%	\\isismb\PETREL1\USER_PROJECTS\REFERENCE_PROJECT\CAGUAN_PUTUMAYO
Creación de repositorios en Studio como base de datos de la información cargadas. Se creó el proyecto los Repositorios Llanos y Caguán Putumayo en Studio, así como los Data environment, index y managed project asociados.	100%	Se encuentran disponibles en las siguientes rutas: \\isismb\PETREL1\DATA_ENVIRONMENT \\isismb\PETREL1\INDEX \\isismb\PETREL1\MANAGED_PROJECTS\LLANOS \\isismb\PETREL1\MANAGED_PROJECTS\CAGUAN_PUTUMAYO \\isismb\PETREL1\USER_PROJECTS\REFERENCE_PROJECT\LLANOS \\isismb\PETREL1\USER_PROJECTS\REFERENCE_PROJECT\CAGUAN_PUTUMAYO
Diagnóstico e inventario de la información disponible para la cuenca Llanos, así como la información complementaria y el estado de la misma.	100%	\\srv-ar1\img-tec\TECTONICA\MTC_BID-SGC2018\Productos_PRBSP\Diagnostico_Inventario\LLANOS

Proyectos Regionales Base de Sísmica y Pozos

Datos Sísmicos de Reflexión

- Las actividades de incorporación de la información sísmica 2D/3D se ha realizado, siguiendo los estándares establecidos por el grupo de trabajo de tectónica de la dirección de Geociencias Básicas del Servicio Geológico Colombiano, de acuerdo a los estándares de la industria para su correcta carga en los interactivos PETREL/STUDIO, en especial con la definición de la nomenclatura.

- La nomenclatura para los programas sísmicos 3D y líneas 2D, corresponde a la estandarizada en el Shape del Banco de Información Petrolera (BIP). Para nombrar los programas sísmicos, se utilizó el formato: NOMBRE DEL PROGRAMA 3D más el AÑO DE ADQUISICIÓN (Ver Tabla) y para nombrar las líneas sísmicas 2D el formato: NOMBRE DE LA LÍNEA-AÑO DE ADQUISICIÓN-NÚMERO DE LÍNEA (Ver Tabla).

Tabla 9. Ejemplos de nomenclatura para información sísmica 3D

PROGRAMA 3D
CRISTALINA 3D-2010

Tabla 10. Ejemplos de nomenclatura para información sísmica 2D

PROGRAMA 2D	**LÍNEA 2D**
ACORDEON 2D-2000	AC-2000-1100

- La nomenclatura utilizada para los reprocesos sísmicos 2D y 3D es la reglamentada en el BIP, de acuerdo con el proyecto de calidad del dato elaborado en los proyectos UIS e IKM-INFORPETROL para el Servicio Geológico Colombiano. A continuación, se presenta la tabla que resume la estandarización de los diferentes reprocesos de la información sísmica (Ver Tabla).

Tabla 11. Nomenclatura usada para los reprocesos de la información sísmica

TIPO DE REPROCESO	**ESTÁNDAR**
Migración pre-apilado en tiempo con filtros y con ganancia	**PSTM_I-I**
Migración pre-apilado en tiempo sin filtros y sin ganancia	**PSTM_O-O**
Migración post-apilado en tiempo con filtros y con ganancia	**MIG_I-I**
Migración post apilado en tiempo sin filtros y sin ganancia	**MIG_O-O**
Migración pre apilado en profundidad con filtros y con ganancia	**PSDM_I-I**
Migración pre apilado en profundidad sin filtros y sin ganancia	**PSDM_O-O**
Apilado en tiempo con filtros y ganancia	**STACK_I-I**
Apilado en tiempo sin filtros y sin ganancia	**STACK_O-O**

- El formato propuesto para nombrar las interpretaciones son las siglas del nombre del intérprete, seguido del nombre del horizonte o falla, seguido de la palabra FINAL, separados por guiones, sin utilizar tildes ni caracteres especiales.
  Ejemplos:

ACP-Tope-Oligoceno-FINAL
JAM-Discordancia-Mioceno-tardío-FINAL
LNV-Plioceno-temprano-FINAL
MAC-Falla-Regional-3-FINAL
GYR-Tope-La-Luna-FINAL

- Para el avance de carga de la información sísmica 2D, suministrada por el Banco de Información Petrolera (BIP), se inició con la carga de los reprocesos PSTM-I-I y MIG-I-I más recientes, sin embargo, en los casos en los que no se encuentran disponibles, se han cargado las versiones migradas sin filtros y ganancia y los reprocesos estacados en general, con el propósito de dar cubrimiento sísmico para la fase de interpretación

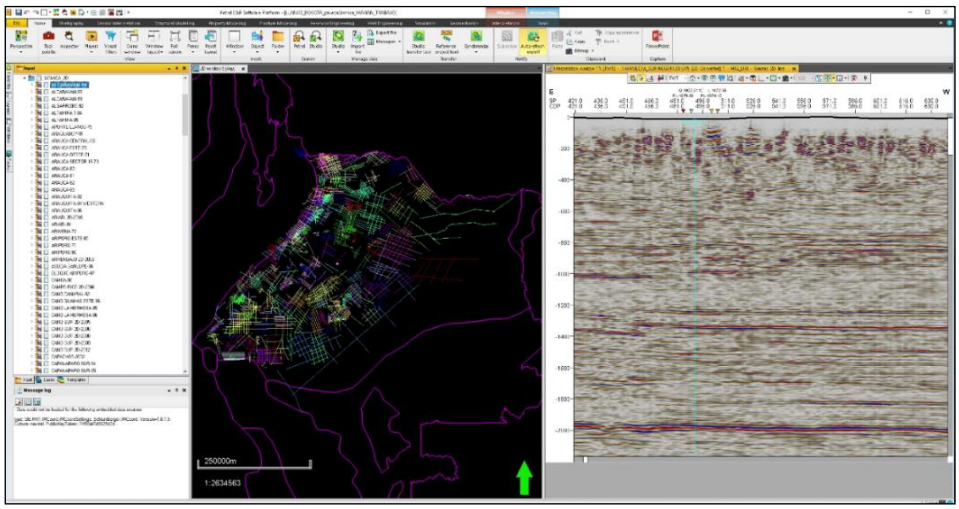


Figura 29. Avance de carga sísmica 2D cuenca Llanos

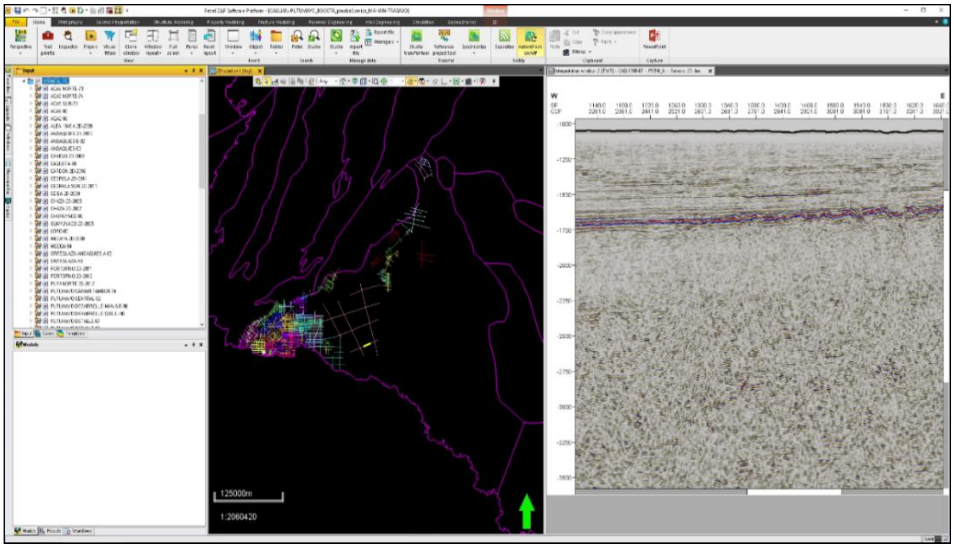


Figura 30. Avance de carga sísmica 2D cuenca Caguán-Putumayo

Dificultades

- Ha sido necesario realizar ediciones sobre los archivos SEGY-SGY, en cuanto a corrección en la numeración de SP (Shot Point), corrección de numeración CDP (Common Depth Point), corrección de trazas duplicadas, corrección de valores en 0 y algunos problemas con las coordenadas, entre otros. Lo anterior apoyándose en la imagen existente de la sección sísmica, de manera que se tenga la correcta relación CDP/SP. La edición de los archivos SEGY se ha efectuado en el software SeiSee y la edición de navegaciones o Ukooas en Excel y TextPad.

- Un porcentaje de líneas sísmicas no cuentan con archivo de imagen para realizar el respectivo control de calidad. Estos archivos son necesarios para verificar la dirección de navegación de la sísmica, tiempo de registro, relación CDP/SP, Datum, posición de los reflectores, etc.

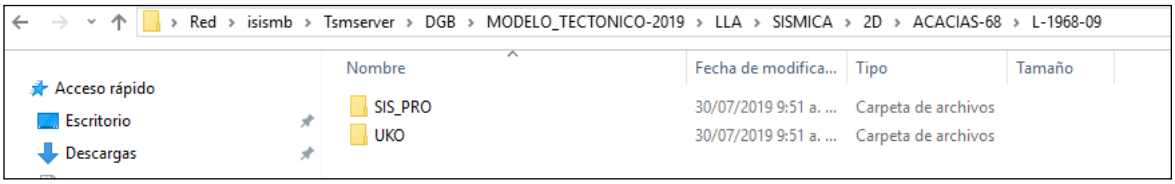


Figura 31. Líneas sin archivos de imagen para realizar el respectivo control de calidad (QC)

- En algunos casos se han detectado carpetas sin información básica de carga, conteniendo únicamente Imágenes y navegaciones, únicamente el Segy sin más datos para control de calidad y en algunos casos solamente archivos de imagen sin procesos Segy.

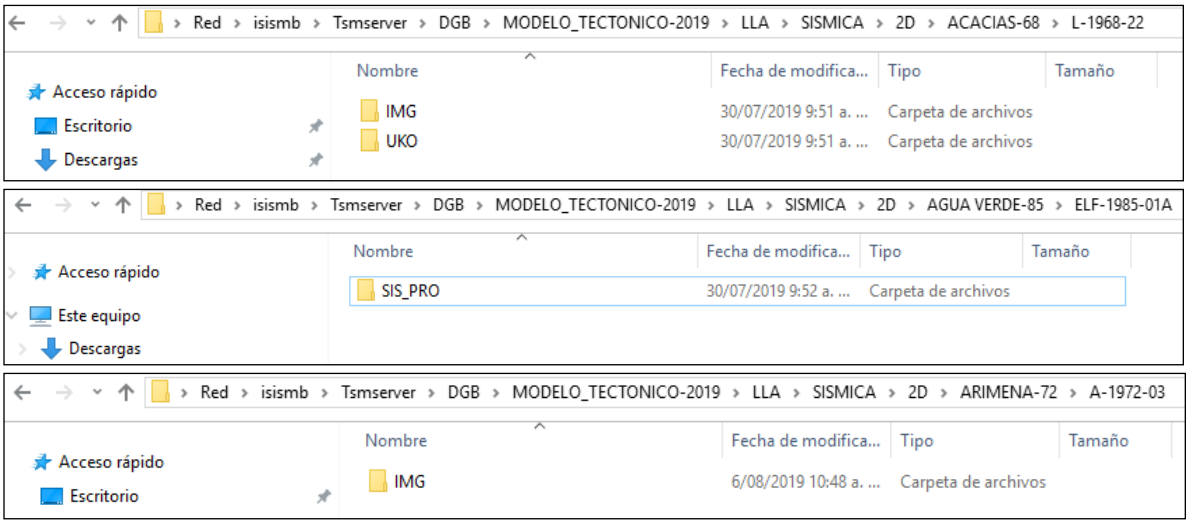
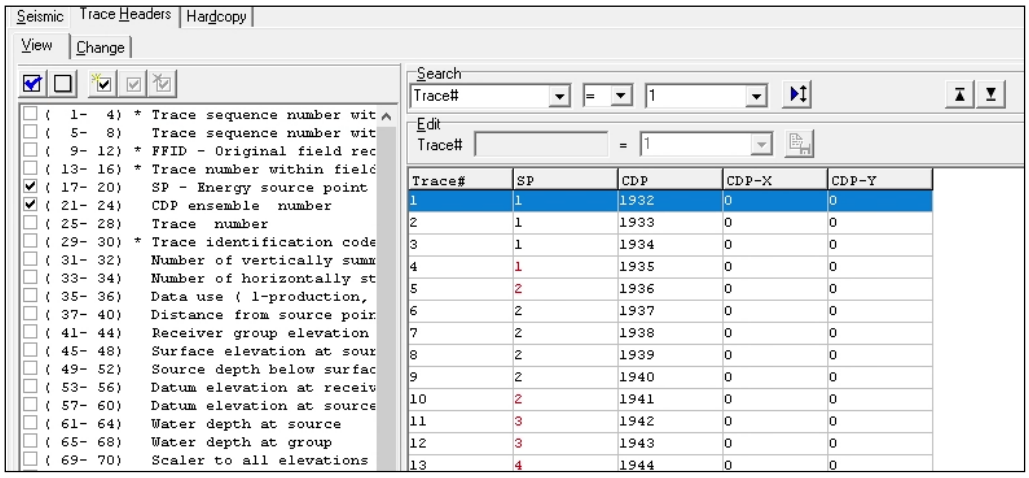


Figura 32. Líneas sin archivos necesarios para la correcta carga en Petrel

- Se han hallado datos SEGY con problemas de coordenadas y navegaciones (SP/CDP), que hacen necesario contar con el archivo Ukooa y la imagen para la correcta carga, pero al no contar con esta información, no podrán ser incorporados al proyecto y será necesario buscar nuevas versiones. O el archivo de navegación correspondiente.



Trace#	SP	CDP	CDP-X	CDP-Y
1	1	1932	0	0
2	1	1933	0	0
3	1	1934	0	0
4	1	1935	0	0
5	2	1936	0	0
6	2	1937	0	0
7	2	1938	0	0
8	2	1939	0	0
9	2	1940	0	0
10	2	1941	0	0
11	3	1942	0	0
12	3	1943	0	0
13	4	1944	0	0

Figura 33. Archivo Segy con problemas de coordenadas y relación SP/CDP

- La entrega masiva del reproceso ANH-2014 realizado por el BIP (SOL-1202), mezcló en un solo directorio todos los programas sísmicos para todas las cuencas, haciendo dispendioso el proceso de revisión y carga a los respectivos proyectos Petrel.

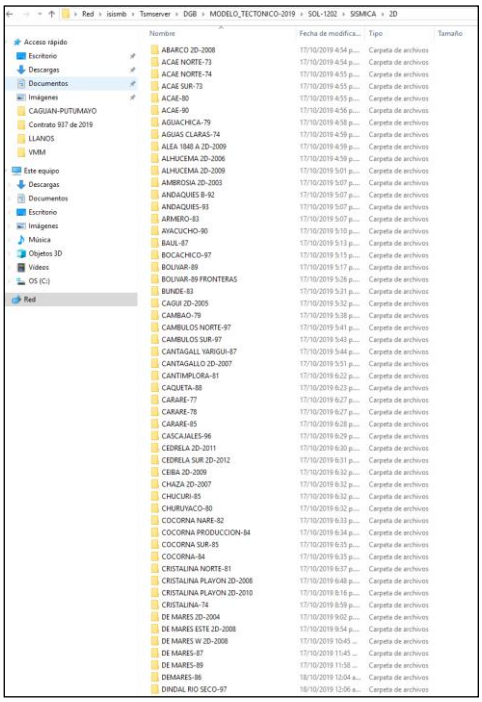


Figura 34. Entrega EPIS SOL-1202 con información de cuencas mezcladas

- Adicionalmente, se han hallado datos SEGY dañados o corruptos, los cuales no podrán ser cargados en los interactivos del SGC

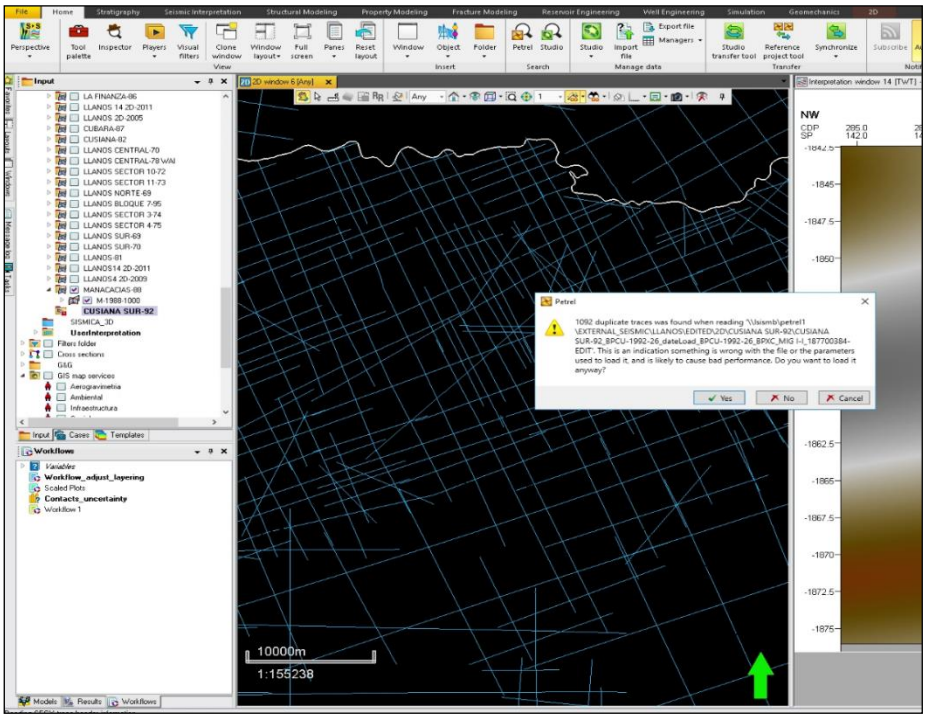


Figura 35. SGY con problemas de trazas

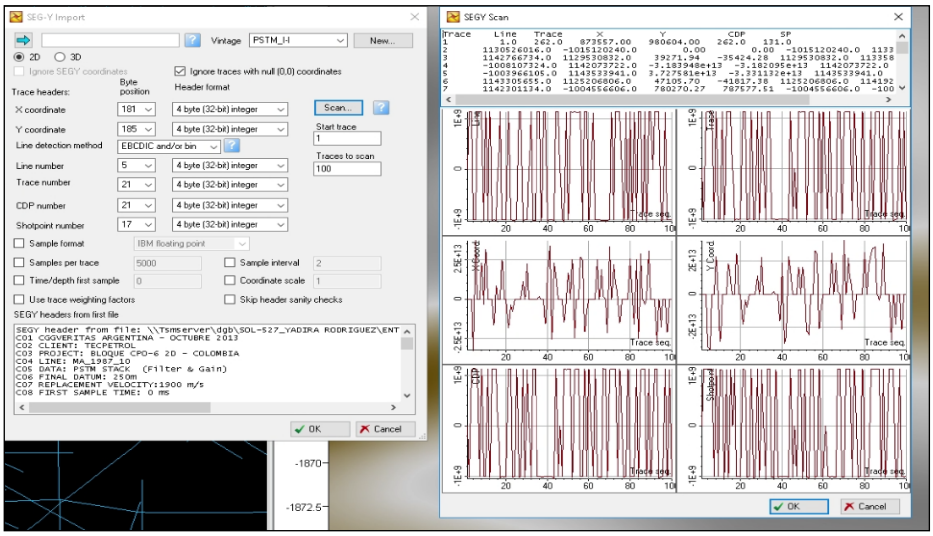


Figura 36. SGY Corrupto

Mejoras

- En un gran porcentaje, la información entregada por el BIP, ha mejorado mucho en completitud de los datos básicos de carga (Segy, Imagen y Ukooa). Adicionalmente el reproceso ANH-2014 por su calidad, ha permitido realizar avances significativos en los procesos de carga.

Actividades y estados actuales de las cuencas Llanos y Caguán-Putumayo

- Actualmente la carga de líneas sísmicas 2D sobre las cuencas Llanos y Caguán-Putumayo ya completó el 25% de compromiso contractual y en el momento se viene trabajando sobre nuevas cargas y en la actualización de algunas líneas con mejores reprocesos sísmicos (ANH-2014), para facilitar la interpretación de las secciones



Figura 37. Estado actual de la sísmica en la Cuenca Llanos



Figura 38. Estado actual de la sísmica en la Cuenca Caguán-Putumayo

Registros de Pozos

- En el desarrollo de la carga de pozos en los proyectos regionales se estableció una metodología para el diagnóstico y análisis de la información recibida por el Banco de Información Petrolera (BIP), con el objetivo principal de asegurar la calidad de los datos empleados en el desarrollo del proyecto. Para esto se llevó a cabo un procedimiento de análisis en el que se seleccionó la información básica de localización, clasificación del tipo de registros que contienen el set básico para la carga, topes disponibles e información de sísmica de pozo (VSP o CKSH). La información cargada es empleada para la posterior interpretación y correlación de pozos en los proyectos regionales.
- Durante el segundo semestre de 2019 se continuó con el inventario y carga de la información de pozos para las cuencas de Llanos y Caguán-Putumayo en la plataforma petrotécnica Petrel.
- Inicialmente se realizó un modelo de inventario con el objetivo de realizar el control de calidad de la información entregada por el BIP. El inventario contiene el listado de pozos que se han revisado los cuales fueron clasificados como potencialmente cargables, pozos para complementar información y pozos que no tienen información. También contiene los datos de localización y un reporte de la disponibilidad de la información básica para la carga tales como informes finales, registros gráficos compuestos, disponibilidad de registros, checkshots y VSP. A la fecha se ha hecho la revisión de la información contenida en la carpeta \\Isismb\Tsmserver\DGB\SOL-479_YADIRA RODRIGUEZ\ENTREGA 1\POZ\ENTREGA y actualmente se trabaja con la información dispuesta en la ruta \\Isismb\Tsmserver\DGB\MODELO_TECTONICO-2019.
- Posterior a la etapa de diagnóstico se escogieron aquellos pozos que finalmente fueron clasificados como potencialmente cargables, cumpliendo con los requisitos de contener la información útil para la carga y la fase posterior de interpretación tales como: forma 6CR, forma 10ACR, registro gráfico compuesto, informes finales (útiles para localización), registros eléctricos (útiles en la interpretación) y la trayectoria en caso de los pozos desviados (carga e interpretación).
- Durante la revisión, se estableció que para la mayoría de los pozos entregados por el BIP se debía realizar la corrección de los datos básicos, debido a que éstos fueron tomados de fuentes preliminares y no de información final, por lo tanto, se tuvo que verificar y actualizar con los informes disponibles. Los datos revisados fueron: datum (KB, GL y RT), profundidad total, tipo de pozo, fecha de inicio, entre otros; lo que involucró tiempo adicional para poder llevar a cabo la carga.
- En el desarrollo de la carga de pozos, se definió una metodología cuyo objetivo consistió en la organización y estandarización de los procesos asociados a la carga de información general de cada pozo, trayectoria, registros básicos, topes y tablas

tiempo-profundidad. Lo anterior ha permitido una mejor visualización y uso de la información de los proyectos regionales de las cuencas seleccionadas.

- La información de las trayectorias, registros de pozo, topes y tablas tiempo-profundidad, disponibles en las fuentes de información, no contaba con el estándar necesario y fue fundamental la elaboración de los archivos con las características adecuadas para la carga eficiente en Petrel. En general los archivos que se han editado son los registros de desviaciones, tablas tiempo-profundidad, topes reportados y algunos registros.
- En los proyectos regionales creados en Petrel se puede visualizar la ubicación de cada uno de los pozos cargados, su trayectoria, el set de registros cargados, los topes reportados por las operadoras en sus informes oficiales y las tablas tiempo-profundidad.
- Adicionalmente, como parte de las actividades que han realizado para el desarrollo del proyecto, se creó una plantilla cuyo objetivo consistió en permitir la visualización de las curvas. La necesidad de la plantilla de visualización en la plataforma Petrel, surge ante la ausencia en dicha plataforma de un template que permitiera desplegar las curvas cargadas de manera clara y organizada, con colores, escala y unidades adecuadas y acordes a los proyectos trabajados. Este template ha servido en el análisis de los pozos en conjunto y será útil en las correlaciones que se harán posteriormente y se ha modificado de acuerdo con la información que se ha integrado a los proyectos.
- De manera simultánea con la carga, fueron realizadas varias solicitudes adicionales de información de pozos al BIP, tanto para la cuenca Llanos como para Caguán-Putumayo, debido a que muchos de los pozos entregados en las primeras solicitudes fueron clasificados como pozos con falta de información necesaria para la carga. Estas últimas entregas por parte del banco, dan como resultado una buena cantidad de pozos clasificados como potencialmente cargables y que además coinciden con información de suma importancia para la fase de interpretación que está en su etapa inicial. Por tal motivo a la fecha, se tiene que para ambas cuencas la cantidad de pozos cargados supera la cantidad inicial programada, definida como el 25% de la información total de pozos, lo que lo convierte en un valor agregado.
- En la Figuras siguientes se muestra la distribución espacial, trayectoria de los pozos cargados este semestre de 2019 y la visualización del set básico de registros de uno de los pozos cargados en el proyecto regional de Caguán-Putumayo.



Figura 39. Distribución espacial de los pozos cargados en el proyecto regional Caguán-Putumayo. Visualización en ventana 2D

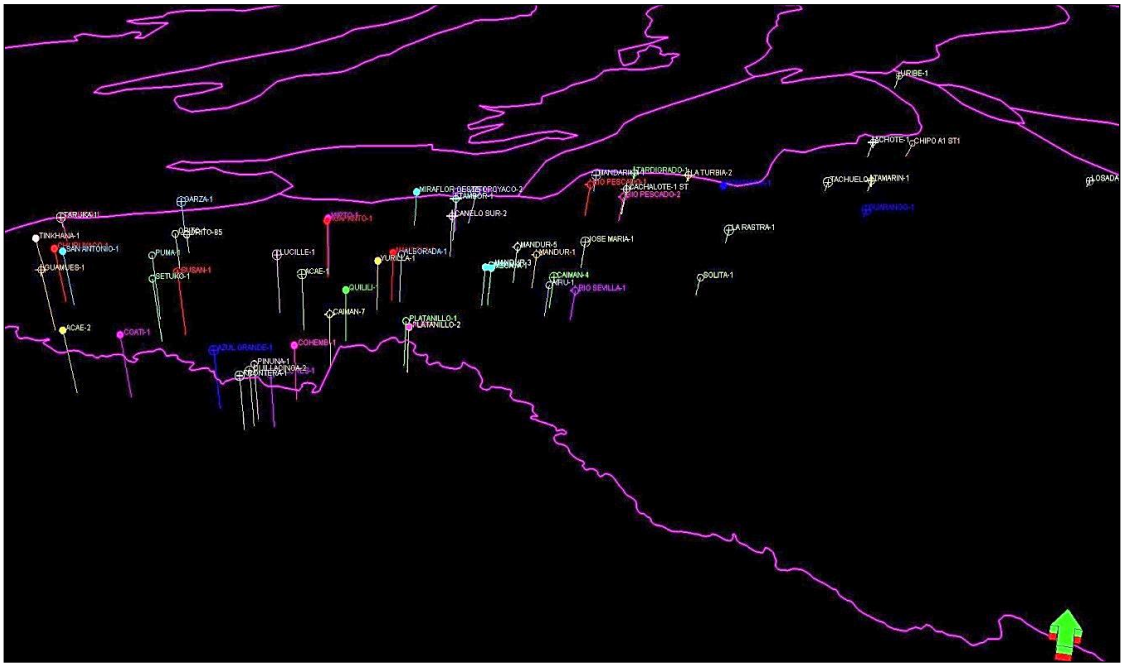


Figura 40. Trayectoria de los pozos cargados en el proyecto regional Caguán-Putumayo. Visualización en ventana 3D

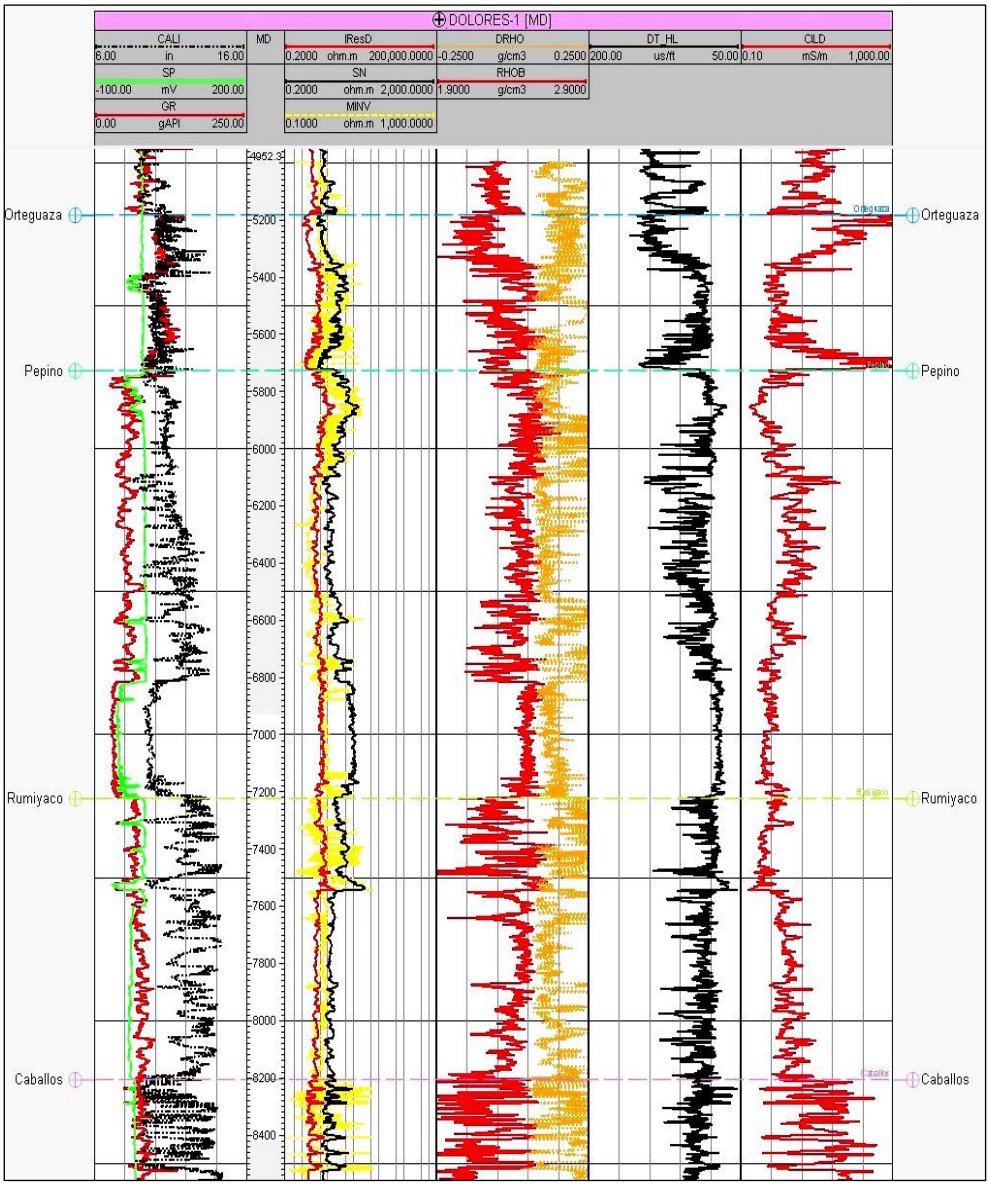


Figura 41. Visualización de los registros básicos y topes del pozo Dolores-1 en una well section window de la plataforma Petrel

- En la Figuras siguientes se muestra la distribución espacial, trayectoria de los pozos cargados este primer semestre de 2019 y la visualización del set básico de registros de uno de los pozos cargados en el proyecto regional de Llanos.

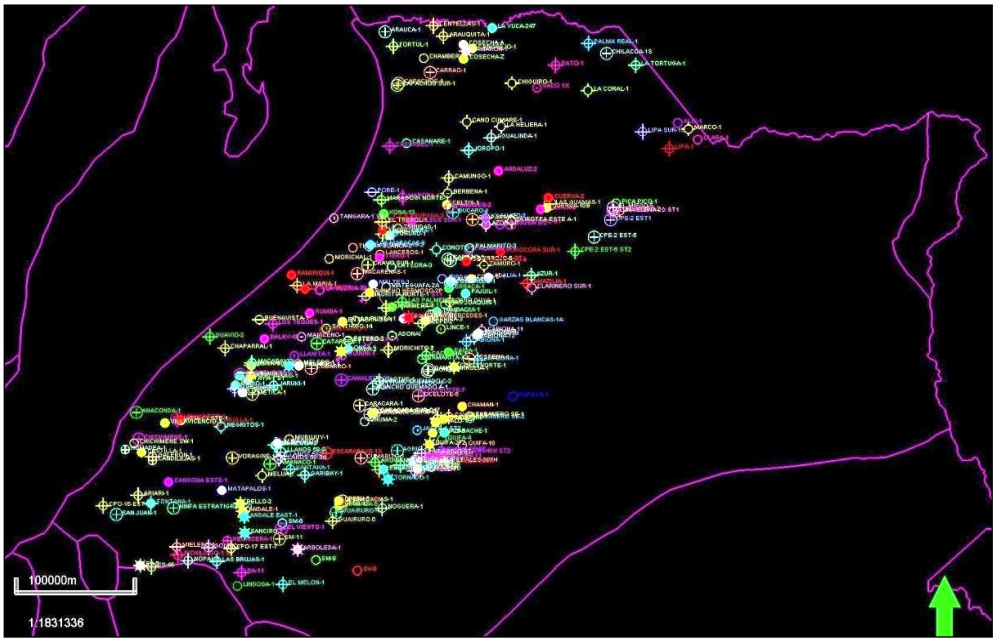


Figura 42. Distribución espacial de los pozos cargados en el proyecto regional Llanos. Visualización en ventana 2D

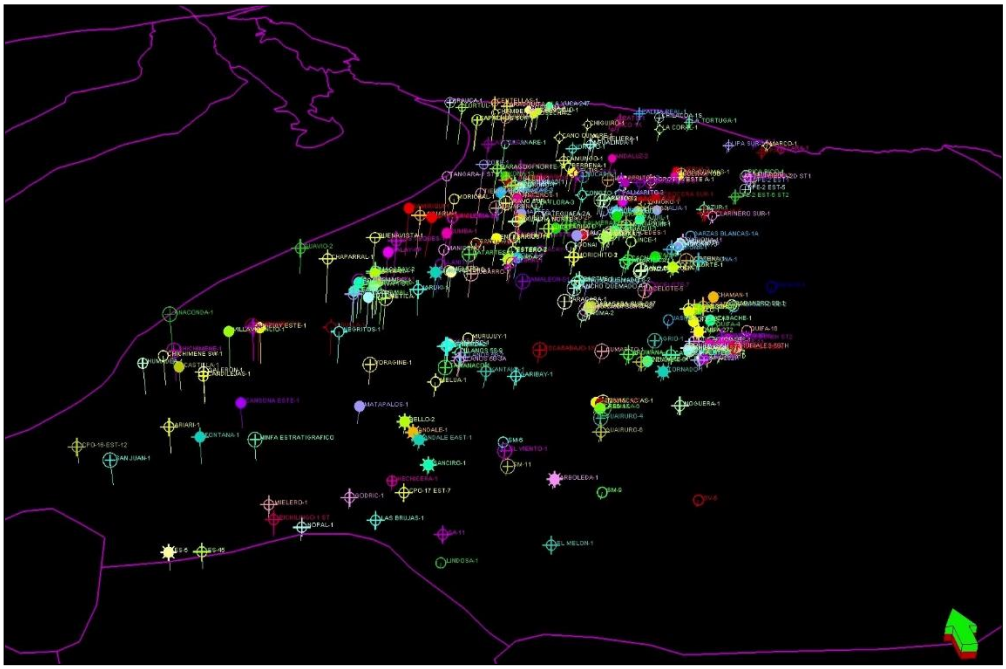


Figura 43. Trayectoria de los pozos cargados en el proyecto regional Llanos. Visualización en ventana 3D

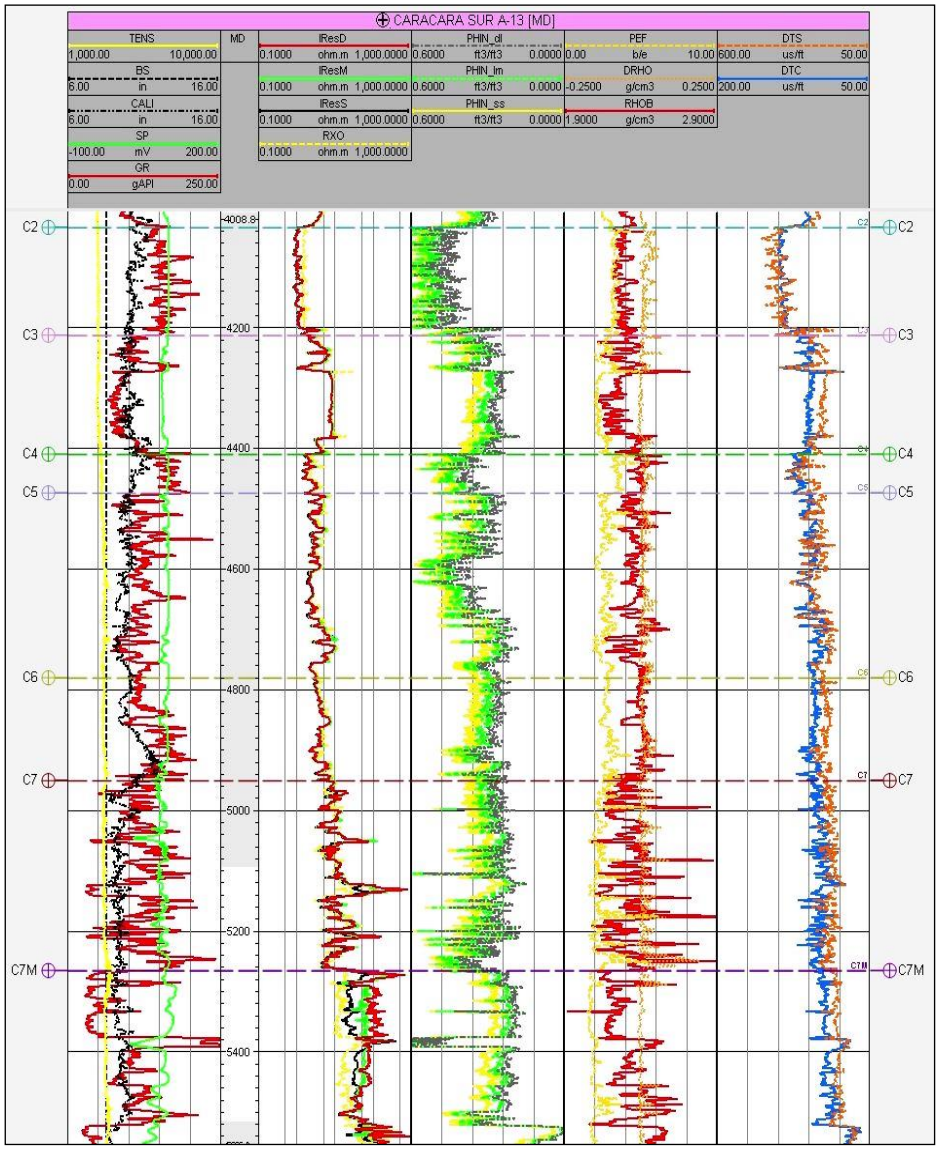


Figura 44. Visualización de los registros básicos del pozo Caracara Sur A-13 en una well section window de la plataforma Petrel

Base de Datos Studio

Studio Database permite la visualización, notificación y sincronización de datos. El sistema de sincronización y el mecanismo de bloqueo, detecta conflictos de cambios entre usuarios y evitan que los datos se sobrescriban accidentalmente. Consolida proyectos sísmicos y de pozo de la interfaz de Petrel, vinculándolos con repositorios que facilitan su disponibilidad para el desarrollo de los diferentes proyectos. Por lo anterior, durante el 2019 se continuó actualizando la estructura creada previamente (Petrel1) y la base de datos en Studio, así:

- Actualización tanto en el espacio de trabajo asignado en red (petrel1), especialmente de las carpetas de External Seismic, DM_Projects y User Projects), como de los repositorios creados para las cuencas Llanos y Caguán-Putumayo de la información sísmica solicitada, de acuerdo al cumplimiento de los criterios de extensión y completitud.



Figura 45. Estructura creada para Studio en el espacio asignado PETREL1

- La actualización en los repositorios para cada una de las cuencas, se realizó de acuerdo a los avances en la carga de la información, de acuerdo a los requerimientos del grupo de integración (especialmente líneas sísmicas 2D involucradas en los contratos de reprocesamiento), de acuerdo a la disponibilidad de tablas tiempo vs profundidad para los pozos previamente incorporados. Adicionalmente hubo un importante avance en la carga y reajuste de los topes entregados por las operadoras en informes pdf.

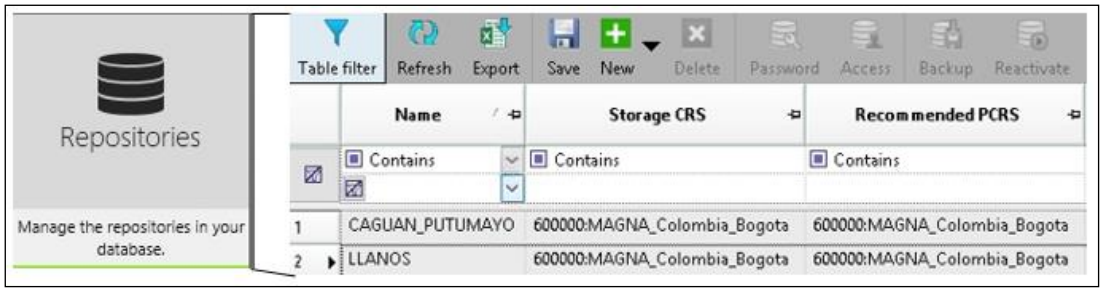


Figura 46. Repositorios creados para las cuencas Llanos y Caguán Putumayo

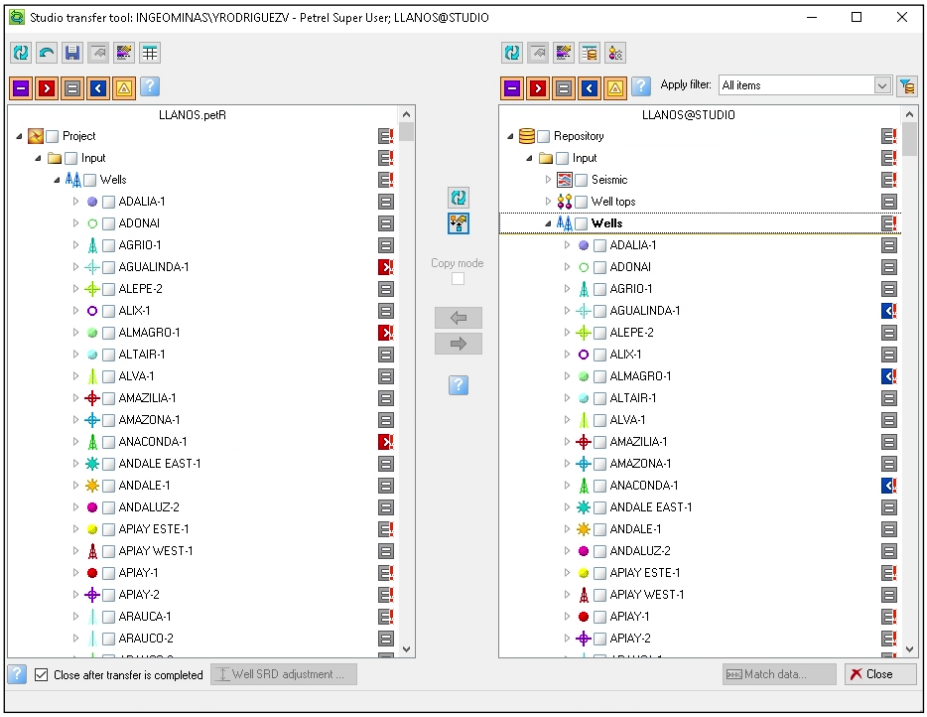
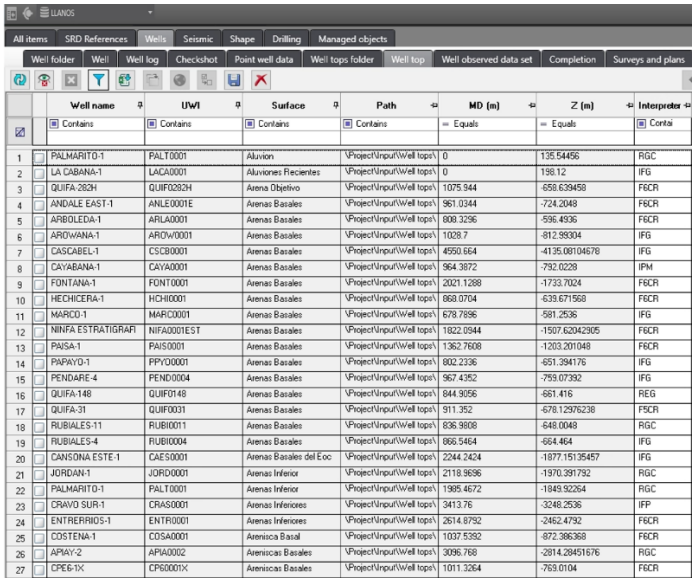
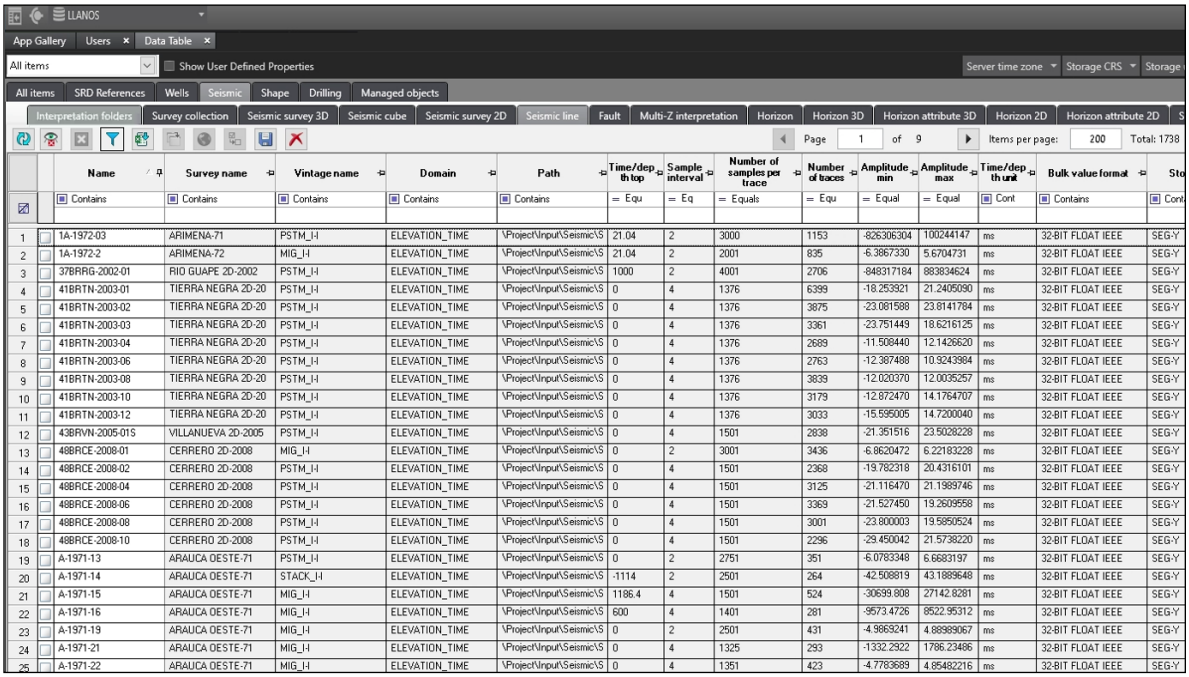


Figura 46. Actualización desde el proyecto de referencia hacia el repositorio



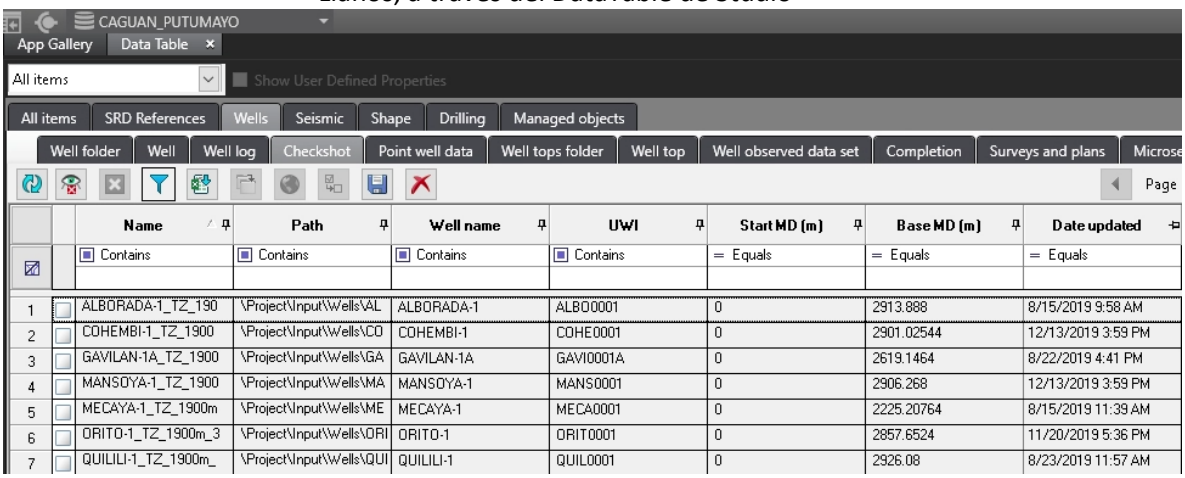
	Well name	UWI	Surface	Path	MD (m)	Z (m)	Interpreter
	Contains	Contains	Contains	Contains	= Equals	= Equals	Contai
1	PALMARITO-1	PALT0001	Aluvion	\Project\Input\Well tops\	0	135.54456	RGC
2	LA CABANA-1	LACA0001	Aluviones Recientes	\Project\Input\Well tops\	0	198.12	IFG
3	QUIFA-282H	QUIF0282H	Arena Objetivo	\Project\Input\Well tops\	1075.944	-658.639458	F6CR
4	ANDALE EAST-1	ANLE0001E	Arenas Basales	\Project\Input\Well tops\	961.0344	-724.2048	F6CR
5	ARBOLEDA-1	ARLA0001	Arenas Basales	\Project\Input\Well tops\	808.3296	-596.4936	F6CR
6	AROWANA-1	AROW0001	Arenas Basales	\Project\Input\Well tops\	1028.7	-812.99304	IFG
7	CASCABEL-1	CSCB0001	Arenas Basales	\Project\Input\Well tops\	4550.664	-4135.08104676	IFG
8	CAYABANA-1	CAYA0001	Arenas Basales	\Project\Input\Well tops\	964.3872	-792.0228	IPM
9	FONTANA-1	FONT0001	Arenas Basales	\Project\Input\Well tops\	2021.1288	-1733.7024	F6CR
10	HECHICERA-1	HCHI0001	Arenas Basales	\Project\Input\Well tops\	868.0704	-639.671568	F6CR
11	MARCO-1	MARC0001	Arenas Basales	\Project\Input\Well tops\	678.7896	-581.2536	IFG
12	NINFA ESTRATIGRAFI	NIFA0001EST	Arenas Basales	\Project\Input\Well tops\	1822.0944	-1507.62042905	F6CR
13	PAISA-1	PAIS0001	Arenas Basales	\Project\Input\Well tops\	1362.7608	-1203.201048	F6CR
14	PAPAYO-1	PPYO0001	Arenas Basales	\Project\Input\Well tops\	802.2336	-651.394176	IFG
15	PENDARE-4	PEND0004	Arenas Basales	\Project\Input\Well tops\	967.4352	-759.07392	IFG
16	QUIFA-148	QUIF0148	Arenas Basales	\Project\Input\Well tops\	844.9056	-661.416	REG
17	QUIFA-31	QUIF0031	Arenas Basales	\Project\Input\Well tops\	911.352	-678.12976238	F5CR
18	RIUBIALES-11	RIUBI0011	Arenas Basales	\Project\Input\Well tops\	836.9808	-648.0048	RGC
19	RIUBIALES-4	RIUBI0004	Arenas Basales	\Project\Input\Well tops\	866.5464	-664.464	IFG
20	CANSONA ESTE-1	CAES0001	Arenas Basales del Eoc	\Project\Input\Well tops\	2244.2424	-1877.15135457	IFG
21	JORDAN-1	JORD0001	Arenas Inferior	\Project\Input\Well tops\	2118.9696	-1970.391792	RGC
22	PALMARITO-1	PALT0001	Arenas Inferior	\Project\Input\Well tops\	1995.4672	-1849.92264	RGC
23	CRAVO SUR-1	CRAS0001	Arenas Inferiores	\Project\Input\Well tops\	3413.76	-3248.2536	IFP
24	ENTRERRIOS-1	ENTR0001	Arenas Inferiores	\Project\Input\Well tops\	2614.8792	-2462.4792	F6CR
25	COSTENA-1	COSA0001	Arenisca Basal	\Project\Input\Well tops\	1037.5392	-872.386368	F6CR
26	APIAY-2	APIA0002	Areniscas Basales	\Project\Input\Well tops\	3096.768	-2814.28451676	RGC
27	CPE6-1X	CPE60001X	Areniscas Basales	\Project\Input\Well tops\	1011.3264	-769.0104	F6CR

Figura 47. Visualización de la información de topes para pozos previamente incorporados, actualizados en el repositorio Llanos, a través del DataTable de Studio



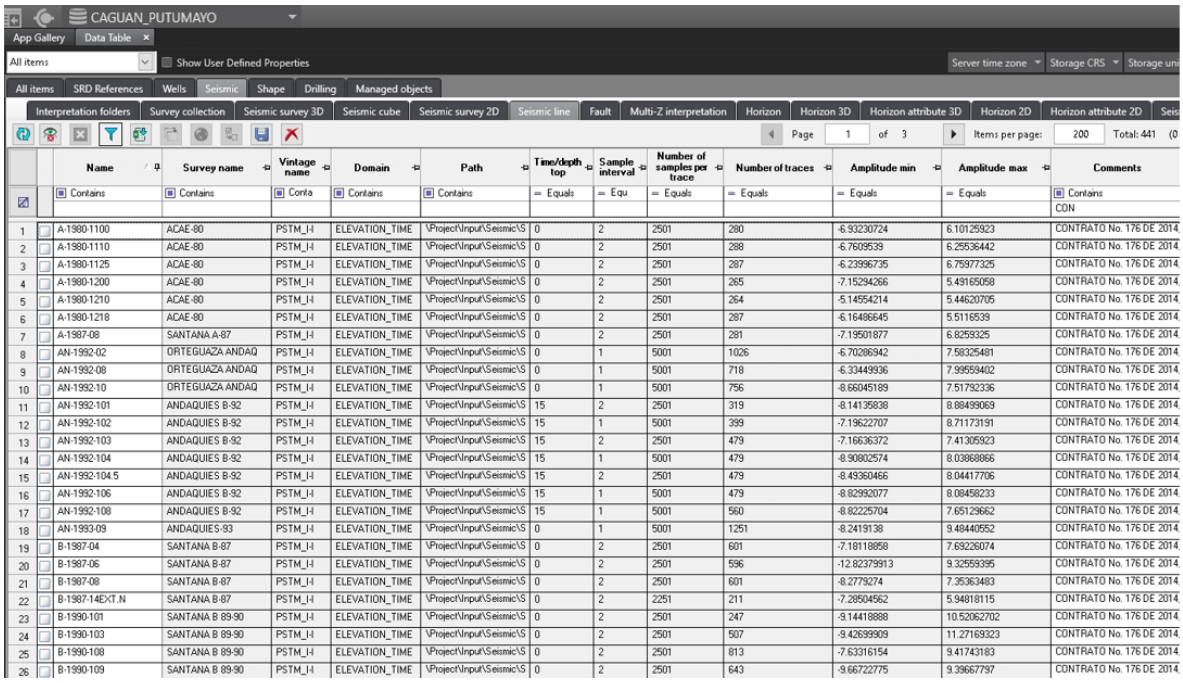
	Name	Survey name	Vintage name	Domain	Path	Time/depth top	Sample interval	Number of samples per trace	Number of traces	Amplitude min	Amplitude max	Time/depth unit	Bulk value format	Sto
	Contains	Contains	Contains	Contains	Contains	= Equ	= Eq	= Equals	= Equ	= Equal	= Equal	Cont	Contains	Cont
1	1A-1972-03	ARIMENA-71	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	21.04	2	3000	1153	-826306304	100244147	ms	32-BIT FLOAT IEEE	SEG-Y
2	1A-1972-2	ARIMENA-72	MIG_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	21.04	2	2001	835	-6.3867330	5.6704731	ms	32-BIT FLOAT IEEE	SEG-Y
3	37BRRG-2002-01	RIO GUAPE 2D-2002	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	1000	2	4001	2706	-848317184	883834624	ms	32-BIT FLOAT IEEE	SEG-Y
4	41BRTN-2003-01	TIERRA NEGRA 2D-20	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	4	1376	6399	-18.253921	21.2405090	ms	32-BIT FLOAT IEEE	SEG-Y
5	41BRTN-2003-02	TIERRA NEGRA 2D-20	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	4	1376	3875	-23.081588	23.8141784	ms	32-BIT FLOAT IEEE	SEG-Y
6	41BRTN-2003-03	TIERRA NEGRA 2D-20	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	4	1376	3361	-23.751449	18.6216125	ms	32-BIT FLOAT IEEE	SEG-Y
7	41BRTN-2003-04	TIERRA NEGRA 2D-20	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	4	1376	2689	-11.508440	12.1426620	ms	32-BIT FLOAT IEEE	SEG-Y
8	41BRTN-2003-06	TIERRA NEGRA 2D-20	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	4	1376	2763	-12.387488	10.9243984	ms	32-BIT FLOAT IEEE	SEG-Y
9	41BRTN-2003-08	TIERRA NEGRA 2D-20	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	4	1376	3839	-12.020370	12.0035257	ms	32-BIT FLOAT IEEE	SEG-Y
10	41BRTN-2003-10	TIERRA NEGRA 2D-20	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	4	1376	3179	-12.872470	14.1764707	ms	32-BIT FLOAT IEEE	SEG-Y
11	41BRTN-2003-12	TIERRA NEGRA 2D-20	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	4	1376	3033	-15.595005	14.7200040	ms	32-BIT FLOAT IEEE	SEG-Y
12	43BRVN-2005-01S	VILLANUEVA 2D-2005	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	4	1501	2838	-21.351516	23.5028228	ms	32-BIT FLOAT IEEE	SEG-Y
13	48BRCE-2008-01	CERRERO 2D-2008	MIG_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	2	3001	3436	-6.8620472	6.22183228	ms	32-BIT FLOAT IEEE	SEG-Y
14	48BRCE-2008-02	CERRERO 2D-2008	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	4	1501	2368	-19.782318	20.4316101	ms	32-BIT FLOAT IEEE	SEG-Y
15	48BRCE-2008-04	CERRERO 2D-2008	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	4	1501	3125	-21.116470	21.1989746	ms	32-BIT FLOAT IEEE	SEG-Y
16	48BRCE-2008-06	CERRERO 2D-2008	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	4	1501	3369	-21.527450	19.2609558	ms	32-BIT FLOAT IEEE	SEG-Y
17	48BRCE-2008-08	CERRERO 2D-2008	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	4	1501	3001	-23.800003	19.5850524	ms	32-BIT FLOAT IEEE	SEG-Y
18	48BRCE-2008-10	CERRERO 2D-2008	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	4	1501	2296	-29.450042	21.5738220	ms	32-BIT FLOAT IEEE	SEG-Y
19	A-1971-13	ARAUCA OESTE-71	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	2	2751	351	-6.0783348	6.6683197	ms	32-BIT FLOAT IEEE	SEG-Y
20	A-1971-14	ARAUCA OESTE-71	STACK_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	-1114	2	2501	264	-42.508819	43.1889648	ms	32-BIT FLOAT IEEE	SEG-Y
21	A-1971-15	ARAUCA OESTE-71	MIG_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	1186.4	4	1501	524	-30699.808	27142.8281	ms	32-BIT FLOAT IEEE	SEG-Y
22	A-1971-16	ARAUCA OESTE-71	MIG_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	600	4	1401	281	-9573.4726	8522.95312	ms	32-BIT FLOAT IEEE	SEG-Y
23	A-1971-19	ARAUCA OESTE-71	MIG_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	2	2501	431	-4.9869241	4.88989067	ms	32-BIT FLOAT IEEE	SEG-Y
24	A-1971-21	ARAUCA OESTE-71	MIG_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	4	1325	293	-1332.2922	1786.23486	ms	32-BIT FLOAT IEEE	SEG-Y
25	A-1971-22	ARAUCA OESTE-71	MIG_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	4	1351	423	-4.7783689	4.85482216	ms	32-BIT FLOAT IEEE	SEG-Y

Figura 48. Visualización de la información sísmica cargada y actualizada en el repositorio Llanos, a través del DataTable de Studio



	Name	Path	Well name	UWI	Start MD (m)	Base MD (m)	Date updated
	Contains	Contains	Contains	Contains	= Equals	= Equals	= Equals
1	ALBORADA-1_TZ_190	\Project\Input\Wells\AL	ALBORADA-1	ALBO0001	0	2913.888	8/15/2019 9:58 AM
2	COHEMBI-1_TZ_1900	\Project\Input\Wells\CO	COHEMBI-1	COHE0001	0	2901.02544	12/13/2019 3:59 PM
3	GAVILAN-1A_TZ_1900	\Project\Input\Wells\GA	GAVILAN-1A	GAVI0001A	0	2619.1464	8/22/2019 4:41 PM
4	MANSOYA-1_TZ_1900	\Project\Input\Wells\MA	MANSOYA-1	MANS0001	0	2906.268	12/13/2019 3:59 PM
5	MECAYA-1_TZ_1900m	\Project\Input\Wells\ME	MECAYA-1	MECA0001	0	2225.20764	8/15/2019 11:39 AM
6	ORITO-1_TZ_1900m_3	\Project\Input\Wells\ORI	ORITO-1	ORIT0001	0	2857.6524	11/20/2019 5:36 PM
7	QUILILI-1_TZ_1900m_	\Project\Input\Wells\QUI	QUILILI-1	QUIL0001	0	2926.08	8/23/2019 11:57 AM

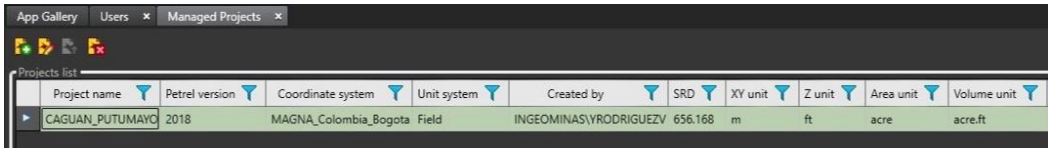
Figura 49. Visualización de la información de pozos cargada y actualizada en el repositorio Caguán-Putumayo



	Name	Survey name	Vintage name	Domain	Path	Time/depth top	Sample interval	Number of samples per trace	Number of traces	Amplitude min	Amplitude max	Comments
	Contains	Contains	Conta	Contains	Contains	= Equals	= Equ	= Equals	= Equals	= Equals	= Equals	Contains
												CON
1	A-1980-1100	ACAE-80	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	2	2501	280	-6.93230724	6.10125923	CONTRATO No. 176 DE 2014
2	A-1980-1110	ACAE-80	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	2	2501	288	-6.7609539	6.25536442	CONTRATO No. 176 DE 2014
3	A-1980-1125	ACAE-80	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	2	2501	287	-6.23996735	6.75977325	CONTRATO No. 176 DE 2014
4	A-1980-1200	ACAE-80	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	2	2501	265	-7.15294266	5.49165058	CONTRATO No. 176 DE 2014
5	A-1980-1210	ACAE-80	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	2	2501	264	-5.14554214	5.44620705	CONTRATO No. 176 DE 2014
6	A-1980-1218	ACAE-80	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	2	2501	287	-6.16486645	5.5116539	CONTRATO No. 176 DE 2014
7	A-1987-08	SANTANA A-87	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	2	2501	281	-7.19501877	6.8259325	CONTRATO No. 176 DE 2014
8	AN-1992-02	ORTEGUAZA ANDAQ	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	1	5001	1026	-6.70286942	7.58325481	CONTRATO No. 176 DE 2014
9	AN-1992-08	ORTEGUAZA ANDAQ	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	1	5001	718	-6.33449936	7.99559402	CONTRATO No. 176 DE 2014
10	AN-1992-10	ORTEGUAZA ANDAQ	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	1	5001	756	-8.66045189	7.51792336	CONTRATO No. 176 DE 2014
11	AN-1992-101	ANDAQUIES B-92	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	15	2	2501	319	-8.14135838	8.88499069	CONTRATO No. 176 DE 2014
12	AN-1992-102	ANDAQUIES B-92	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	15	1	5001	399	-7.19622707	8.71173191	CONTRATO No. 176 DE 2014
13	AN-1992-103	ANDAQUIES B-92	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	15	2	2501	479	-7.16636372	7.41305923	CONTRATO No. 176 DE 2014
14	AN-1992-104	ANDAQUIES B-92	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	15	1	5001	479	-8.90802574	8.03868866	CONTRATO No. 176 DE 2014
15	AN-1992-104.5	ANDAQUIES B-92	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	15	2	2501	479	-8.49360466	8.04417706	CONTRATO No. 176 DE 2014
16	AN-1992-106	ANDAQUIES B-92	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	15	1	5001	479	-8.82992077	8.08458233	CONTRATO No. 176 DE 2014
17	AN-1992-108	ANDAQUIES B-92	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	15	1	5001	560	-8.82225704	7.65129662	CONTRATO No. 176 DE 2014
18	AN-1993-09	ANDAQUIES-93	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	1	5001	1251	-8.2419138	9.48440552	CONTRATO No. 176 DE 2014
19	B-1987-04	SANTANA B-87	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	2	2501	601	-7.18118858	7.69226074	CONTRATO No. 176 DE 2014
20	B-1987-06	SANTANA B-87	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	2	2501	596	-12.82379913	9.32559395	CONTRATO No. 176 DE 2014
21	B-1987-08	SANTANA B-87	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	2	2501	601	-8.2779274	7.35363483	CONTRATO No. 176 DE 2014
22	B-1987-14EXT.N	SANTANA B-87	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	2	2251	211	-7.28504562	5.94818115	CONTRATO No. 176 DE 2014
23	B-1990-101	SANTANA B 89-90	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	2	2501	247	-9.14418888	10.52062702	CONTRATO No. 176 DE 2014
24	B-1990-103	SANTANA B 89-90	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	2	2501	507	-9.42699909	11.27169323	CONTRATO No. 176 DE 2014
25	B-1990-108	SANTANA B 89-90	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	2	2501	813	-7.63316154	9.41743183	CONTRATO No. 176 DE 2014
26	B-1990-109	SANTANA B 89-90	PSTM_I-I	ELEVATION_TIME	\Project\Input\Seismic\S	0	2	2501	643	-9.66722775	9.39667797	CONTRATO No. 176 DE 2014

Figura 50. Visualización de la información sísmica cargada y actualizada en el repositorio Caguán-Putumayo

Al inicio del año, se realizó la parametrización de los proyectos para las cuencas Llanos y Caguán-Putumayo en cuanto a la definición de sistemas de proyección de coordenadas, nivel de referencia del proyecto (Datum) y velocidad de remplazamiento a través de la construcción de los template y managed Project asociados. Sin embargo, los parámetros inicialmente definidos para la cuenca Caguán-Putumayo no fueron operativos haciendo necesario su ajuste, de acuerdo a los valores usados en el piedemonte y al contrato de reproceso de la ANH. Lo anterior también implicó la actualización del template y managed Project correspondiente



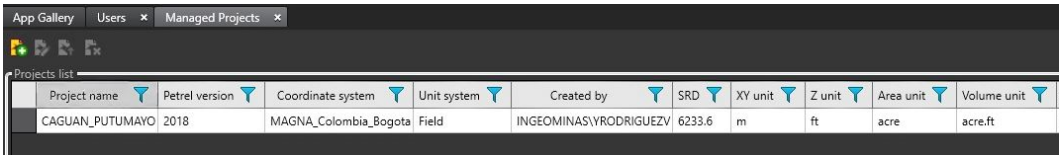


Figura 51. Actualización de los parámetros para la cuenca Caguan-Putumayo en Studio

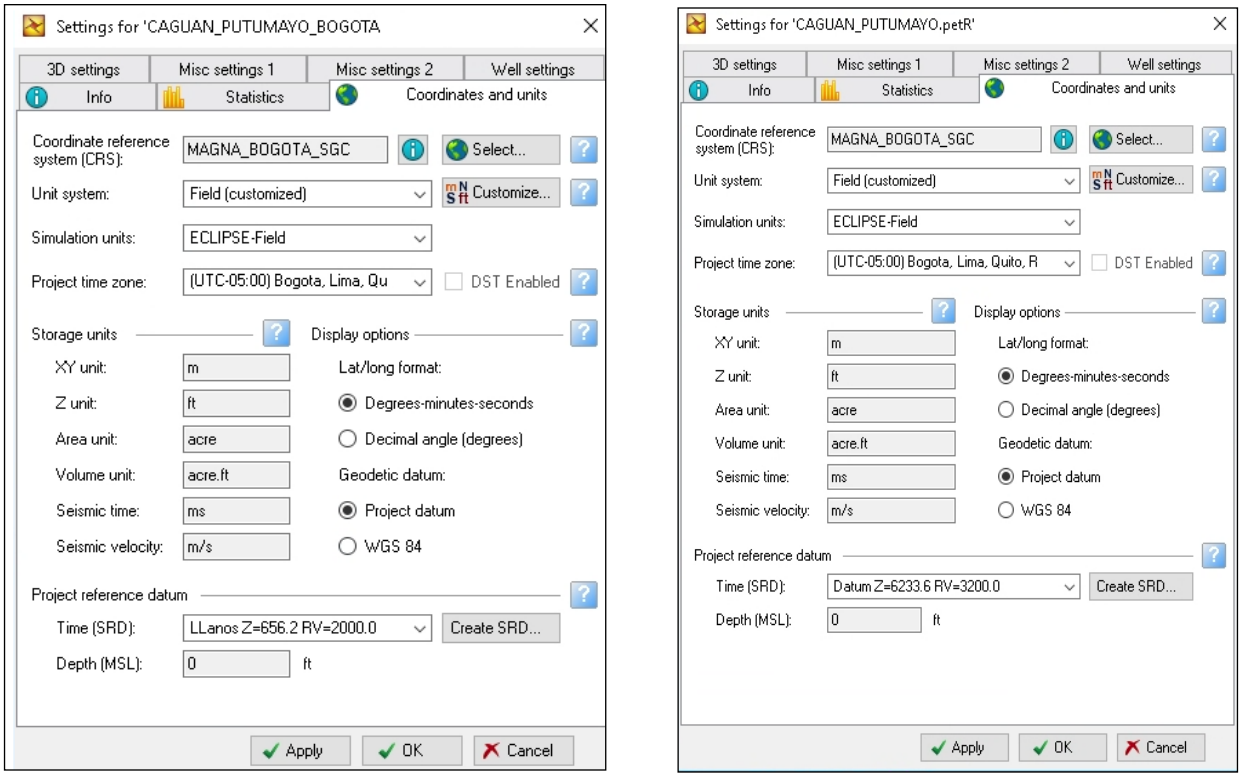


Figura 52. Parametrización del template para el proyecto de la cuenca Caguán-Putumayo. A la izquierda el anteriormente definido y a la derecha el actualizado.

- La depuración (Ver Tabla), creación de usuarios y la asignación de roles a los mismos se realiza constantemente a medida que se requiera para poder disponer del número de licencias suministradas. Actualmente los proyectos regionales base de sísmica y pozos cuentan con 4 usuarios súper admin (es decir con la capacidad de cargar y editar datos) y 5 usuarios de varias dependencias con permisos de visualización y transferencia a sus proyectos de los datos ya cargados

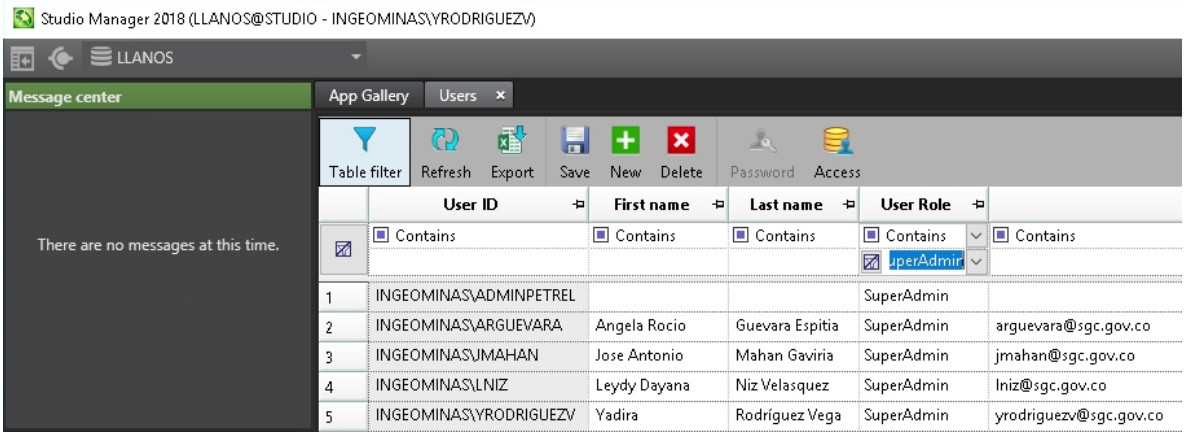


Figura 53. Creación Usuarios SuperAdmin

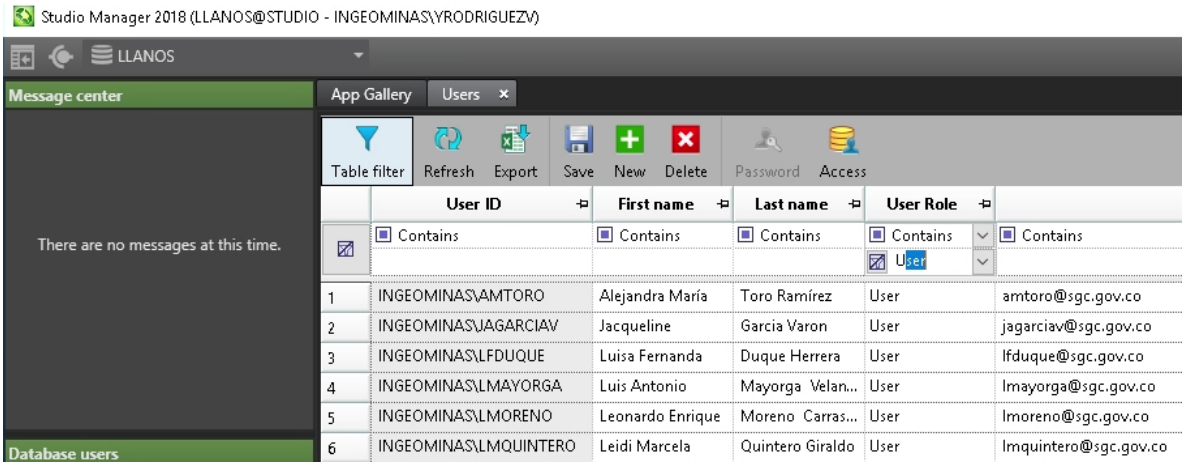


Figura 54. Creación de Usuarios de otras dependencias como Users

Tabla 12. Especificaciones la depuración de usuarios

Usuarios Hidrocarburos	Usuarios Tectónica	Aguas Subterráneas
FVILLAMIZAR (Depurado)	ACHAPARRO (Depurado)	LMAYORCA (Activo)
VAMARIS (Depurado)	ARGUEVARA (Activo)	
CALFONSOP (Depurado)	LNIZ (Activo)	
JAREYES(Depurado)	JMAHAN (Activo)	
JCMONTANA (Depurado)	RQUINTANA (Depurado)	
	YRODRIGUEZV(Activo)	
	AMTORO (Activo)	
	LFDUQUE (Activo)	
	LMQUINTERO (Activo)	
	LMORENO (Activo)	

Las principales dificultades fueron:

- Las políticas y protocolos de seguridad por parte de la dirección de Gestión de la información, en particular con la información suministrada por el Banco de Información Petrolera dificultan la visualización de los datos y las copias de los template a las carpetas creadas para usuarios nuevos.
- Las actualizaciones de los repositorios estuvieron sujetos a los avances en la carga y estos a su vez dependen del acceso y calidad de la información de los datos procedentes de BIP.
- Durante la transferencia de los topes desde los proyectos de referencia al correspondiente repositorio en el ambiente de Studio, se presentaban problemas en aquellos que se repetían por presencia de fallas o pliegues. Esto se solucionó modificando el número de observador.

Actualmente se ha transferido toda la información cargada en los proyectos de referencia y se actualizará en la medida que haya alguna información nueva que se requiera incorporar en las fases subsiguientes de interpretación.

1.4.2 Fortalecimiento de la investigación y Exploración de los sistemas acuíferos estratégicos del país.

Proyecto de Gestión 1001273 Exploración de Aguas Subterráneas Acuíferos Estratégicos

Gerente de Proyecto: Hugo de Jesús Cañas

Objetivo del proyecto

Este proyecto busca formular los Modelos Hidrogeológicos Conceptuales de los Sistemas Acuíferos Estratégicos del país a través de la captura y análisis de información hidrogeológica la cual se representa a través de cartografía hidrogeológica regional y temática relacionada, lo que permite conocer el potencial en cantidad y calidad de los recursos del agua subterránea que ocurren en el subsuelo de las cuencas hidrogeológicas del país.

Avance del Proyecto

La exploración de aguas subterráneas se realiza en diferentes regiones del país donde ocurren y se extienden en el subsuelo sistemas acuíferos regionales tales como en el Valle Medio del Magdalena, en el piedemonte y la Altillanura del Departamento del Casanare, en la Zona Centro Occidental del Departamento de Boyacá, en la llanura Aluvial del Río Ranchería en el Departamento de la Guajira.

Las actividades de exploración que se ejecutan en las áreas anteriores involucran los siguientes aspectos siguiendo la metodología del Programa de Exploración de Aguas Subterráneas-PEXAS

- Análisis de datos e información; geológica, estructural, geofísica, hidroclimatológica, hidráulica, hidrogeoquímica, de inventario de puntos de agua y de monitoreo de niveles y parámetros físico químicos del agua de capas acuíferas en sistemas acuíferos estratégicos que ocurren y se extienden en el subsuelo del municipio de Barrancabermeja, San Vicente del Caguán y Puerto Wilches en el Departamento de Santander.
- Elaboración de informes de avance de las actividades de exploración mencionadas anteriormente para formular el modelo hidrogeológico conceptual del Valle Medio Magdalena en las planchas 108, 109, 119, 120
- Prospección Geofísica mediante la ejecución de sondeos electromagnéticos en el dominio del tiempo en Maní (9) y en Pore (7), Departamento del Casanare.
- Apoyo técnico al Ministerio de Minas y Energía, Vivienda Ciudad y Territorio, Del Interior, al ANLA, ECOPETROL en el la viabilización de proyectos estratégicos de orden nacional a partir de la generación del conocimiento hidrogeológico pertinente y la información generada por el SGC, en el proyecto de exploración de aguas subterráneas PEXAS, incluye la elaboración de términos básicos para la elaboración de la línea base hidrogeológica en áreas objeto de exploración y explotación de yacimientos no convencionales mediante la técnica del fracking y la consolidación de una propuesta técnico económica en materia de evaluación de aguas subterráneas en áreas de Ecopetrol.
- Continúan las actividades de exploración de aguas subterráneas en el Valle Medio del Magdalena, en el Departamento de Santander, específicamente en el análisis de datos hidrogeológicos tomados en pozos, aljibes y manantiales y datos de parámetros físico químicos del agua en campo, y pruebas de bombeo de extensa duración con su respectiva recuperación.
- Culmina la segunda fase para la contratación directa CD 06 de 2019 seleccionándose de la lista limitada No 06-2019 a las empresas Independent Drilling SA y Luis Antonio Luna para la contratación de los pozos SGC Yopal 2 (Corregimiento Punto Nuevo) y SGC Yopal 3 (Corregimiento de Tilodiran)
- Apoyo técnico al Ministerio del Ambiente en la evaluación de las incertidumbres presentadas por el Tribunal de la Guajira en el caso del proyecto de Desviación del Arroyo El Bruno de la Compañía Cerrejón y al Ministerio de Minas y Energía en el caso de los requisitos para la definición de la línea base regional de aguas subterráneas en el Valle Medio del Magdalena.
- Consolidación y presentación a Ecopetrol de una propuesta técnica económica para la elaboración de un modelo hidrogeológico conceptual en áreas objeto de yacimientos no convencionales en el Valle Medio del Magdalena.

- Avance en la elaboración del informe del modelo hidrogeológico del valle medio del Magdalena en los municipios de puerto Wilches, Sabana de Torres, Barrancabermeja y San Vicente del Chucurí, específicamente en las planchas 108, 109 Departamento de Santander.
- Prospección Geofísica mediante la ejecución de sondeos electromagnéticos (tomografía) en el dominio del tiempo en el Magdalena Medio, Departamento del Casanare.
- Avance en la perforación y construcción de los pozos SGC Yopal 2 (Corregimiento de Punto Nuevo) y SGC Yopal 3 (Corregimiento de Tilodiran) en el marco de los contratos con las empresas Independent Drilling SA y Luis Antonio Luna.
- Avance en la consolidación con el par técnico de Ecopetrol de una propuesta técnica económica para la elaboración de un modelo hidrogeológico conceptual en áreas objeto de yacimientos no convencionales en el Valle medio del Magdalena.

Productos y / o entregables (parciales y finales).

- **I**nformes técnicos parciales de las actividades de exploración (geología, geofísica, inventario de puntos de agua, hidrogeoquímica, hidráulica de pozos y acuíferos, evaluación de la recarga potencial a los acuíferos e hidrogeología) lo que condujo al integrar el conocimiento a la formulación del Modelo Hidrogeológico Conceptual en el Valle Medio del Magdalena, Municipios de Puerto Wilches, Barrancabermeja , Sabana de Torres y San Vicente de Chucurí (Departamento de Santander), 2019, primera versión.
- Informes técnicos parciales de las actividades de exploración (geología, geofísica, inventario de puntos de agua, hidrogeoquímica, hidráulica de pozos y acuíferos, evaluación de la recarga potencial a los acuíferos) que han conducido a avanzar en la formulación del Modelo Hidrogeológico Conceptual del municipio de Maní, Departamento del Casanare.
- Estudios previos y bases para los procesos contractuales de Perforaciones de los pozos exploratorios SGC Yopal 2 Punto Nuevo y SGC Yopal 3 Tilodiran.
- Avances en la perforación y construcción de los pozos SGC Yopal 2 Punto Nuevo a cargo del Contratista Luís Luna Torres y el pozo SGC Yopal 3 Tilodiran a cargo del contratista Independence Wáter, los cuales permiten validar el Modelo Hidrogeológico Conceptual del Municipio de Yopal en su área rural.
- Informes Técnicos de apoyo técnico a la Corporación Autónoma Regional de la Guajira en actividades de prospección geofísica en ranchería ubicadas en la media guajira para la definición de sitios potenciales donde se pueden perforar pozos de abastecimiento de agua para diferentes usos como también apoyo al proyecto Guajira Azul del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.
- Apoyo técnico al proyecto RLA/7/024 "Integración de la Hidrología Isotópica en las Evaluaciones Nacionales de los Recursos Hídricos" del Organismo Internacional de

Energía Atómica - OIEA, junto con el grupo coordinador del proyecto para Colombia (MADS, IDEAM, SGC, UdeA).

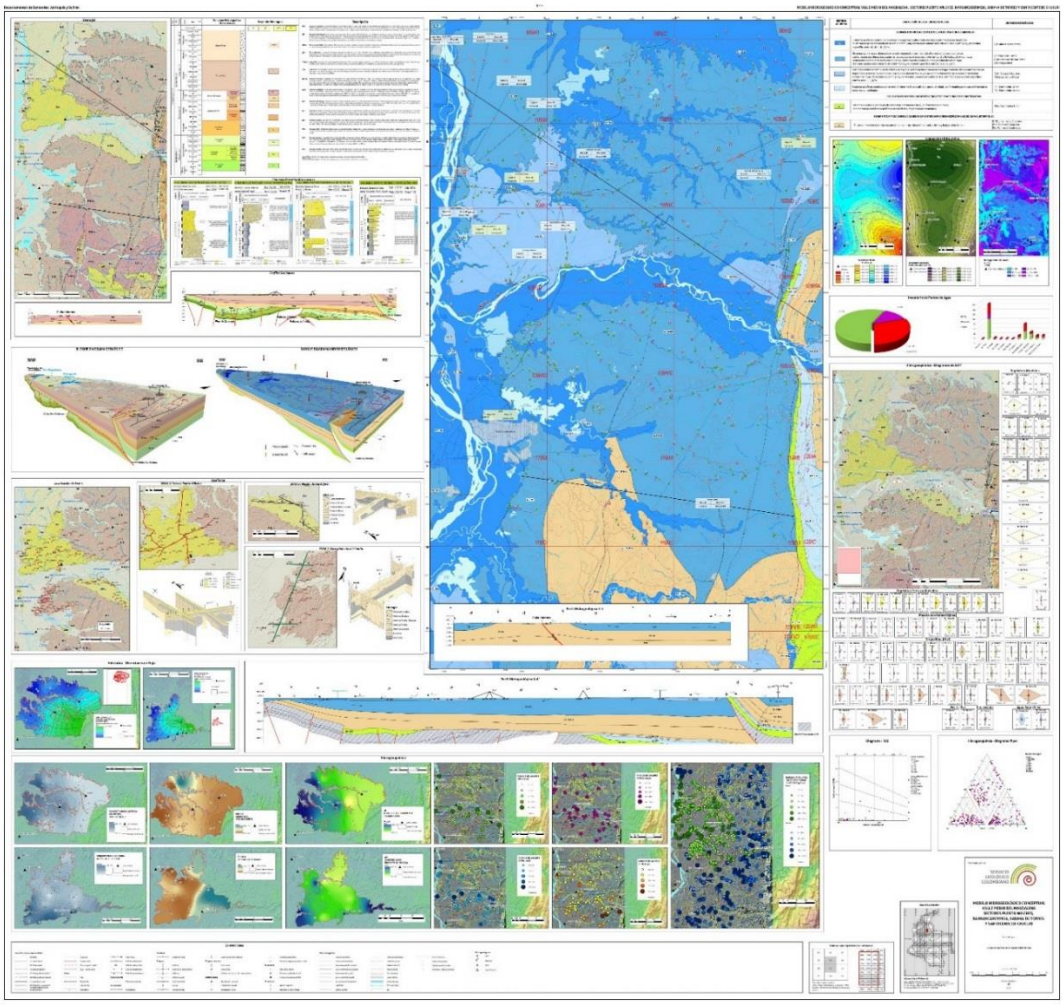


Figura 55. Mapa del Modelo Hidrogeológico Conceptual en el Valle Medio del Magdalena, Municipios de Puerto Wilches, Barrancabermeja, Sabana de Torres y San Vicente de Chucurí (Departamento de Santander), 2019, primera versión.

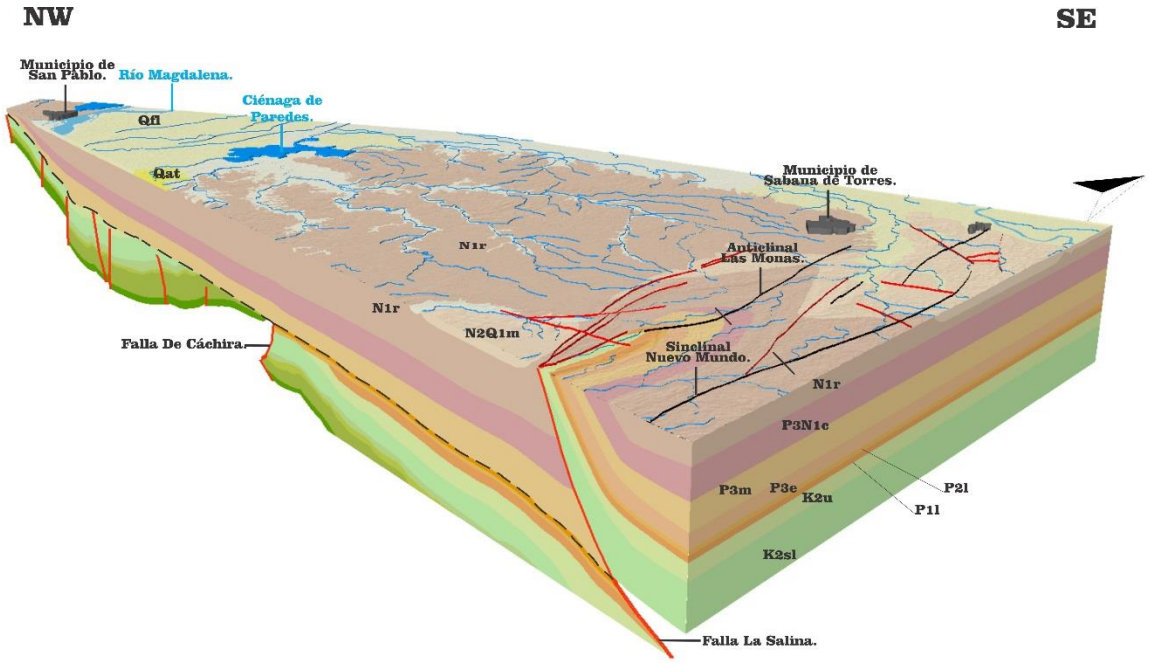


Figura 56. Modelo geológico del Valle Medio de Magdalena

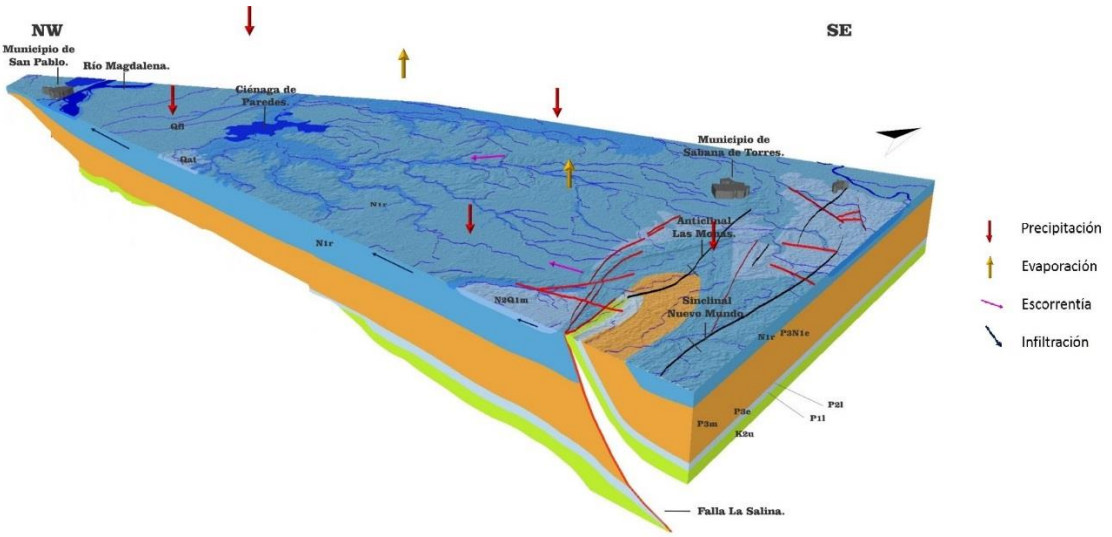


Figura 57. Modelo Hidrogeológico del Valle Medio de Magdalena



Figura 58. Socialización del proyecto de perforación del Pozo SGC Yopal 3 Tilodiran.



Figura 59. Prueba de bombeo en el Pozo SGC YOPAL 3 Tilodiran, Caudal: 18 lps, Conductividad: 143 uS/cm

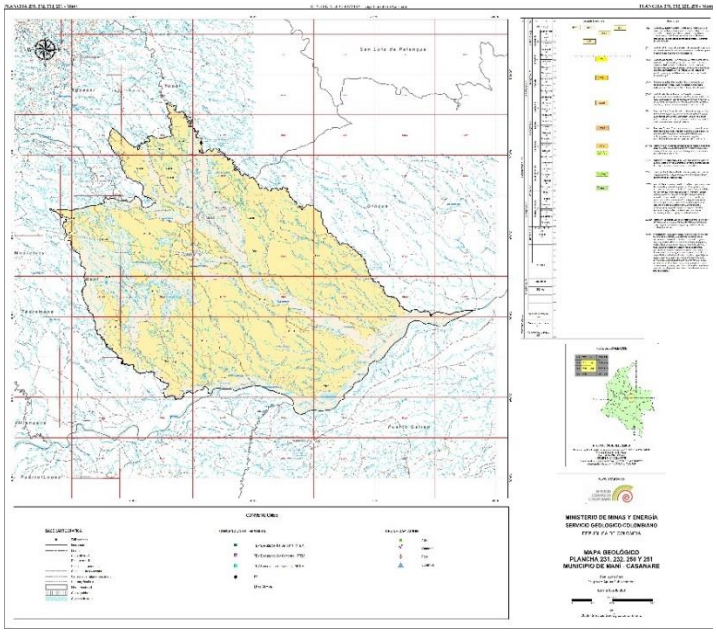


Figura 60. Mapa Geológico para aguas subterráneas del municipio de Maní, Casanare.

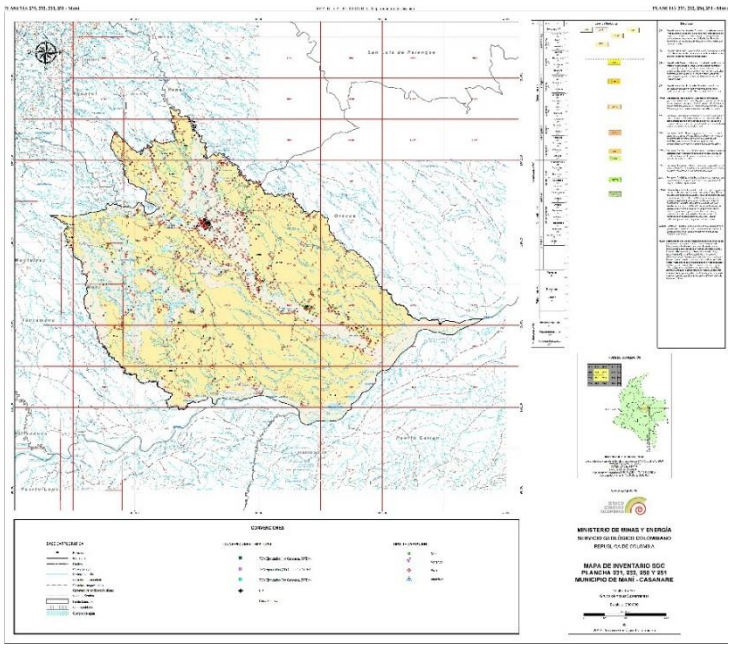


Figura 61. Mapa de Inventario de puntos de agua del Municipio de Maní.

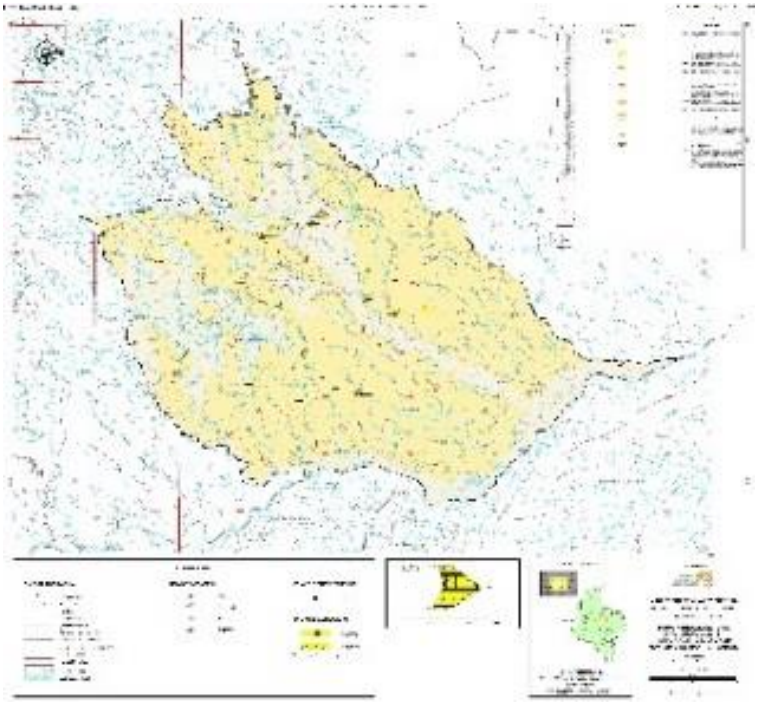


Figura 62. Diagrama de Stiff de las Aguas Subterráneas de Sistemas Acuíferos del Municipio de Maní.

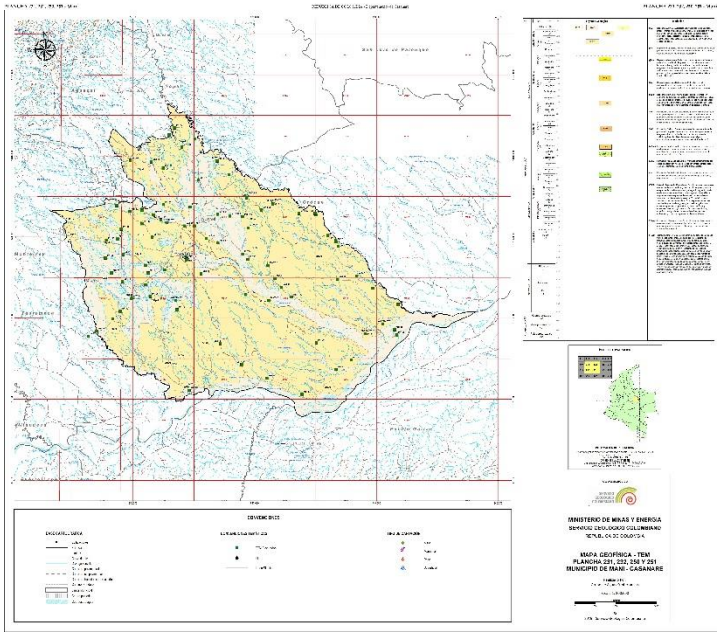


Figura 63. Mapa con sondeos electromagnéticos ejecutados en el municipio de Maní.

1.4.3. Investigación Geotérmica de Colombia

Gerente de Proyecto: Claudia Alfaro

Proyecto de Gestión 1001333 Investigación geotérmica de Colombia

Objetivos del Proyecto

Ampliar la cobertura de investigación y exploración geotérmica al territorio colombiano; extender el alcance de los trabajos de exploración hasta la conclusión de los estudios de superficie, modelación geológica 3D y formulación del modelo conceptual descriptivo de los sistemas geotérmicos en investigación y mejorar la infraestructura de la investigación geotérmica a partir de la implementación de nuevas herramientas**.**

Avance del Proyecto

En el marco del proyecto de Investigación Geotérmica de Colombia se realizaron avances en estudios de exploración de las áreas geotérmicas de Volcán Azufral, Paipa, San Diego, Paramillo de Santa Rosa y Cerro Machín. Adicionalmente se inició la revisión para implementar la capa de Estimación de Potencial Energético enmarcada el Atlas Geotérmico de Colombia y se realizaron actividades complementarias como participación en la Mesa de Trabajo de Geotermia convocada por el Ministerio de Minas y Energía, ponencias para participación en eventos técnicos y adquisiciones, como parte del mejoramiento de la infraestructura de investigación geotérmica.

Volcán Azufral

- En el área geotérmica de Azufral se avanzó en la modelación geológica 3D por constreñimiento con datos geofísicos de gravimetría y magnetometría (Ver Figura) e informe correspondiente, en la elaboración del informe de geoquímica de fluidos (Ver Figura) y en la preparación de artículos sobre el modelo magnetotelúrico 3D, de construcción propia (Ver Figura), y geoquímica de fluidos. Adicionalmente se realizó el primer taller sobre el modelo conceptual descriptivo de éste sistema geotérmico. Los informes corresponden a entregables actualmente en revisión y ajustes, los cuales serán oficializados como productos en el transcurso del año 2020.

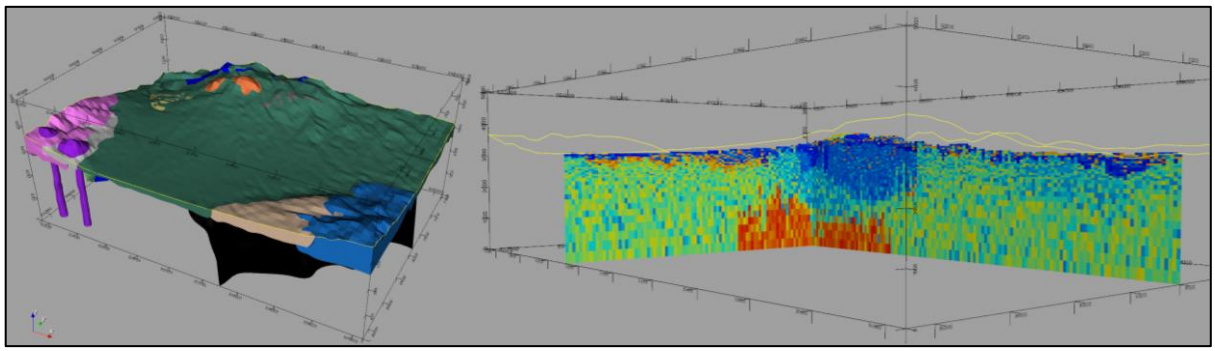


Figura 64. Modelo geológico 3D del área geotérmica del volcán Azufral. Izquierda, modelo directo; derecha modelo de densidades a partir de inversión de datos geológicos con datos geofísicos.

Paipa

- Los trabajos realizados en el área geotérmica de Paipa incluyen la elaboración del modelo magnetotelúrico 3D (Ver Figura), de construcción propia y borrador del artículo correspondiente, así como la elaboración de informe técnico y avances sobre el artículo de geoquímica de fluidos. El informe en revisión, será oficializado en el transcurso del primer semestre del 2020.

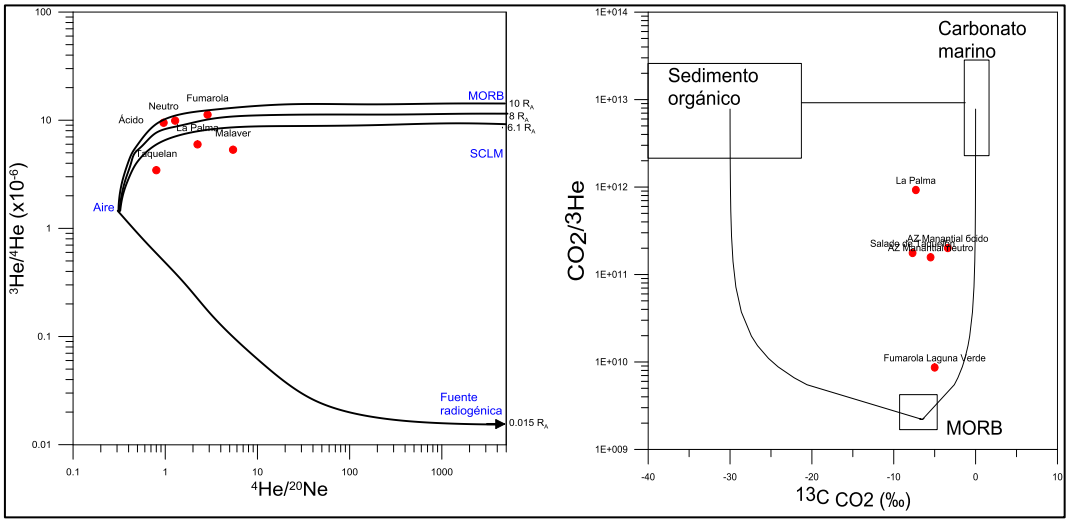


Figura 65. Imágenes del informe de geoquímica de fluidos del área geotérmica del Volcán Azufral. Los isótopos de helio señalan la contribución de la fuente magmática y la relación de dichos isótopos con la composición química e isotópica del carbono 13, la contribución de otras fuentes del subsuelo, principalmente el carbonato marino.

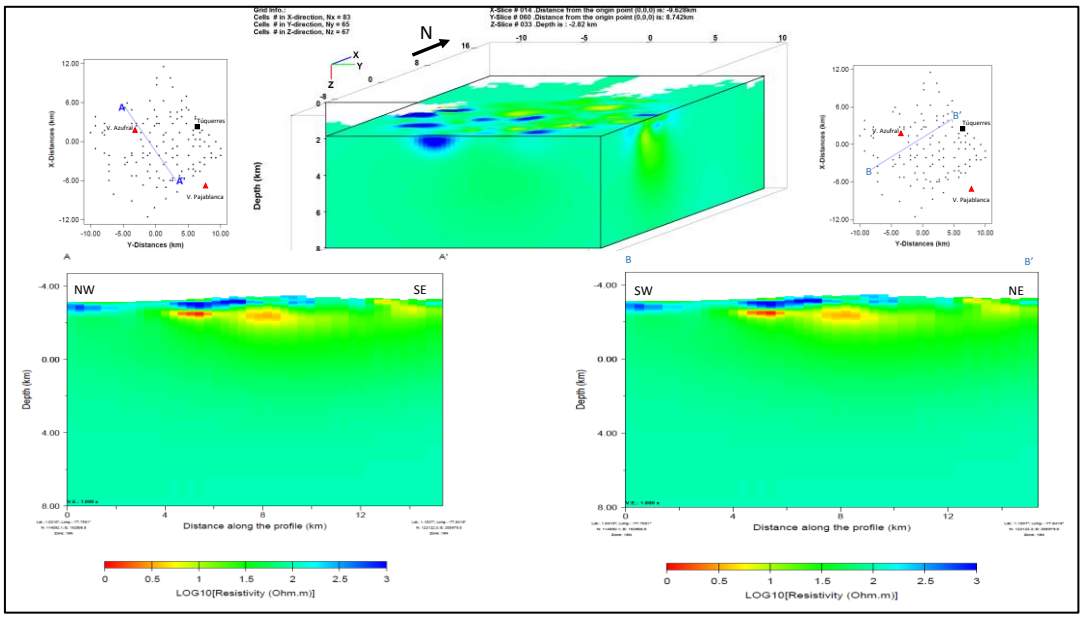


Figura 66. Ilustración del modelo magnetotelúrico 3D, de construcción propia, para el área geotérmica del Volcán Azufral. En rojo, anomalías conductivas probablemente relacionadas con una capa sello del sistema geotérmico.

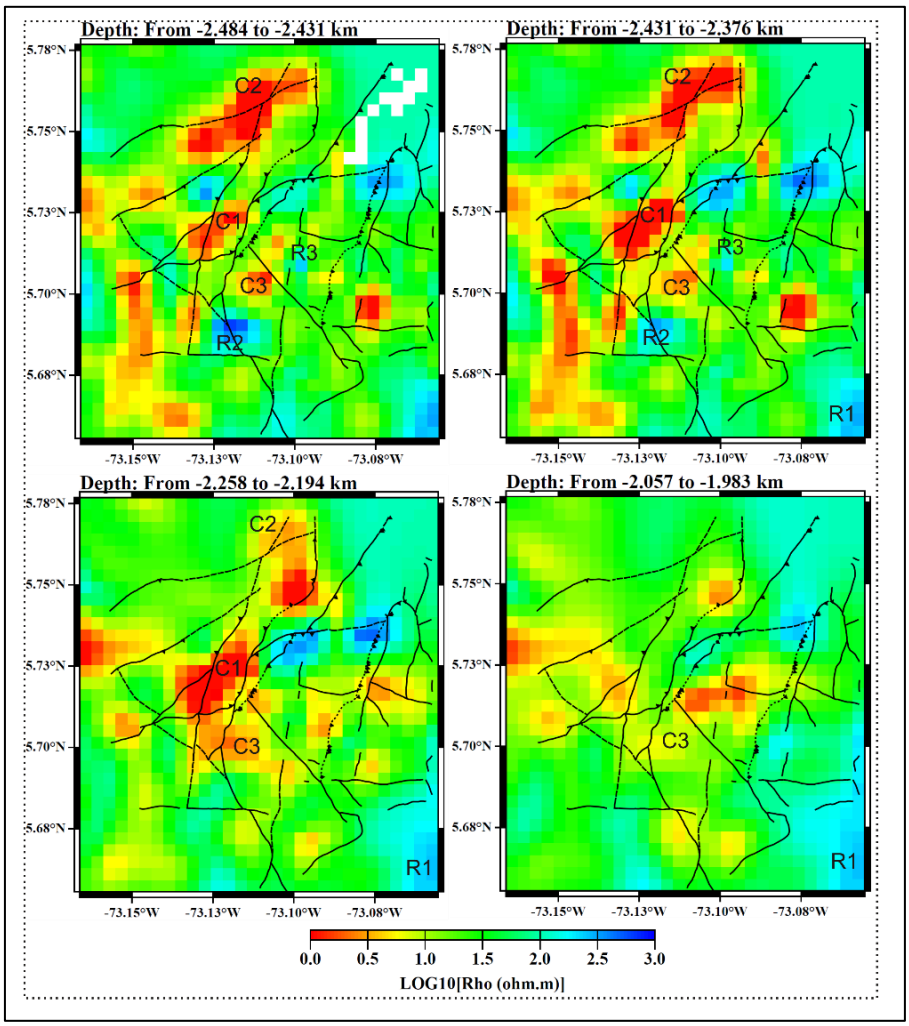


Figura 67. Cortes horizontales del modelo magnetotelúrico 3D, de construcción propia, del área geotérmica de Paipa.

San Diego

- En el área geotérmica del maar de San Diego, se avanzó en los estudios de geofísica y geoquímica de fluidos. Como parte del avance en geofísica, se concluyó la adquisición de datos de magnetotelúrica en campo (106 sondeos), se elaboró el informe de avance correspondiente y se realizó la adquisición y procesamiento de datos gravimétricos y magnéticos en 134 estaciones (Ver Figura). En geoquímica, se realizaron muestreos de aguas y gases, en siete (7) manifestaciones termales y análisis químicos e isotópicos correspondientes, en laboratorios del Instituto Nacional de Geofísica y Vulcanología de Italia, avances en medición de radón en aire del suelo, completando un total de 118 estaciones (Ver Figura) y los correspondientes informes de avance.

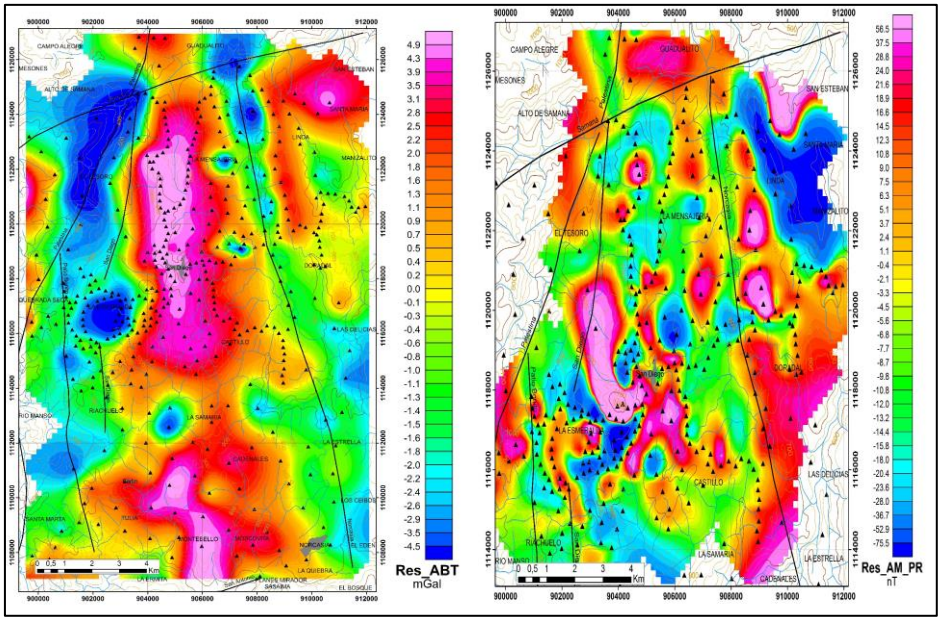


Figura 68. Adquisición de datos gravimétricos y magnéticos en el área geotérmica del maar de San Diego. Izquierda, mapa de anomalía de Bouguer residual. Derecha, mapa de anomalía magnética residual reducida al polo.

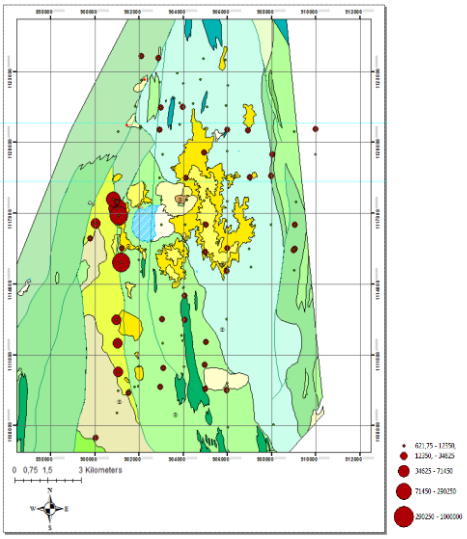


Figura 69. Avance en la adquisición de emisiones de radón en aire del suelo, en el área geotérmica de San Diego.

Volcán Cerro Machín

- En el área geotérmica del Cerro Machín, se avanzó en los estudios geofísicos, de geoquímica de fluidos y geología. Como parte de los estudios geofísicos, se realizó la

adquisición, procesamiento e informe de gravimetría y magnetometría (ver Figura), adquisición de datos de transiente electromagnético (TEM) y magnetotelúrica, así como avances en el modelo 3D correspondiente (Ver Figura). Para el estudio de geoquímica de fluidos, se realizó el muestreo y análisis químico e isotópico de aguas y gases de 20 manantiales, entre termales y fríos, y en las fumarolas La Macha y La Laguna (Ver Figura) y el informe de avance correspondiente. El estudio de geología estructural avanzó hasta en 95% y sobre este tema, se elaboró el primer borrador de un artículo. Los informes de gravimetría y magnetometría y de geología estructural y alteraciones, serán revisados y oficializados en el transcurso del año 2020.

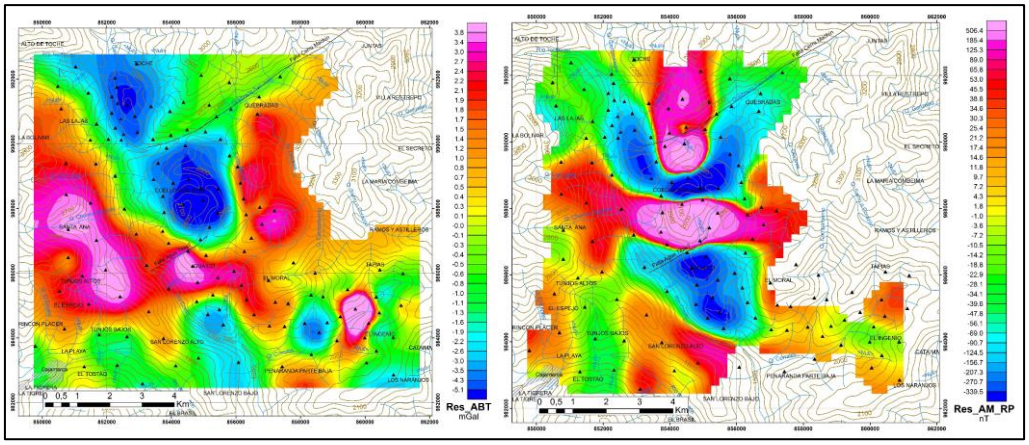


Figura 70. Grillas de campos potenciales del área geotérmica de Cerro Machín. Izquierda, anomalía de Bouguer residual. Derecha, anomalía magnética residual reducida al polo.

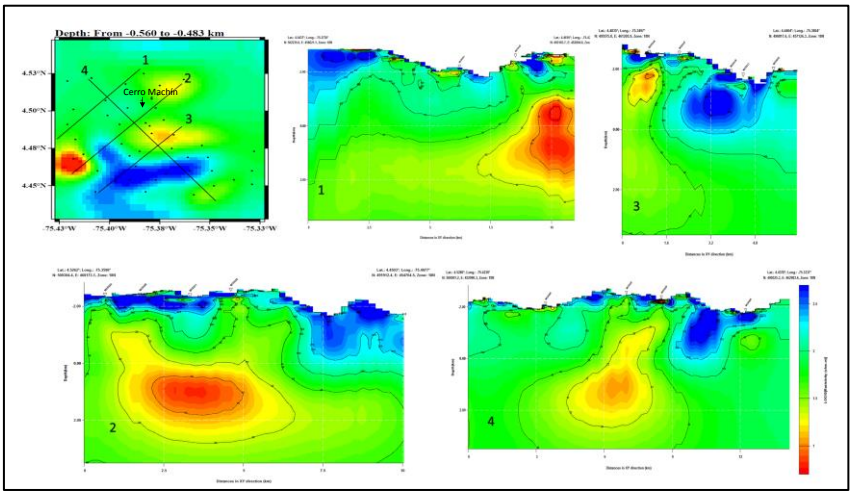


Figura 71. Modelo magnetotelúrico 3D, de construcción propia. Sobre el corte horizontal (arriba a la izquierda) se señala la ubicación de los cortes verticales 1 al 4.



Figura 72. Manifestaciones hidrotermales del sistema geotérmico del Cerro Machín en donde se realizaron muestreos para el estudio geoquímico. A. Fumarola La Macha. B. Depósito del Manantial Las Estatuas, quebrada Agua Caliente, el cual alcanza unos 3 m de altura. C. Temperatura registrada en punto de surgencia de agua termal en Las Estatuas. D. Manantial termal San Juan, ribera del río Toche. E. Puntos de emisión del agua termal en el manantial Puente Tierra cuyos depósitos minerales forman un puente natural a unos 15 m sobre el río Toche. F. Estalactitas y estalagmitas en la margen oriental de Puente Tierra.

Paramillo de Santa Rosa

- En el área geotérmica del Paramillo de Santa Rosa, los avances están representados en los estudios de geología y geoquímica de fluidos. Dentro del trabajo de geología se realizó una actividad de asesoría en campo y oficina con la participación un experto del tema en ambientes volcánicos y geotérmicos, se concluyó la adquisición y procesamiento de información (Ver Figura) y se avanzó en el 95% del informe, que será oficializado durante el año 2020. Para el estudio de geoquímica se recolectaron y analizaron muestras de fluidos en 15 manantiales termales y un punto de descarga de gases fríos (Ver Figura).

Estimación del potencial energético

- En el segundo semestre del año se incluyó la Fase Atlas Geotérmico de Colombia con el fin de dar inicio a la estimación del potencial geotérmico que fue definida como una de las capas de información de dicho atlas. Las actividades adelantadas incluyeron avances en revisiones sobre el cálculo del potencial energético, información geológica y propiedades físicas de las rocas (porosidad, densidad y capacidad calorífica) de las áreas geotérmicas y geotermómetros de manantiales termales y, entrenamiento en modelación del potencial energético por el método volumétrico

con simulación de Monte Carlo, dirigido por expertos mexicanos y financiado por el Banco interamericano de Desarrollo (BID). En la Figura, presenta el mapa de áreas geotérmicas cuyos polígonos fueron definidos con el fin de aplicar esta estimación y el grupo participante en el entrenamiento citado.

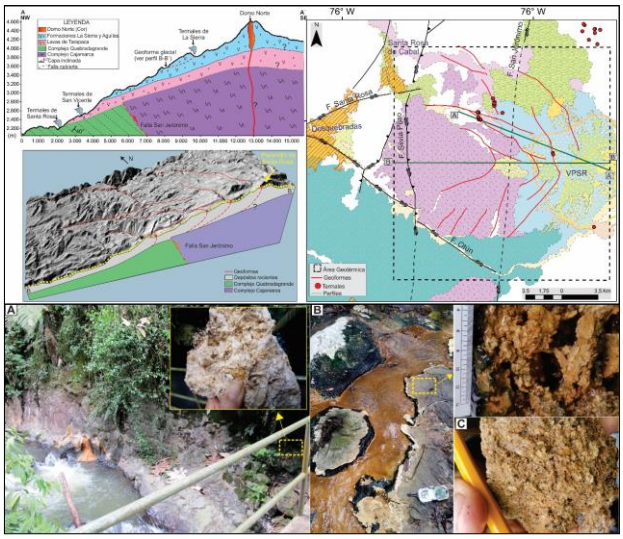


Figura 73. Geología estructural y alteración hidrotermal del área geotérmica del Paramillo de Santa Rosa.

Recuadro superior: perfiles esquemáticos que muestran rocas sobre las cuales surgen los manantiales termales del área y la influencia de la falla San Jerónimo (A-A') y la posible geometría de las geoformas de origen glacial y/o fluvial. Recuadro inferior: Alteración hidrotermal en los manantiales de San Vicente (A) y Santa Rosa (B y C).

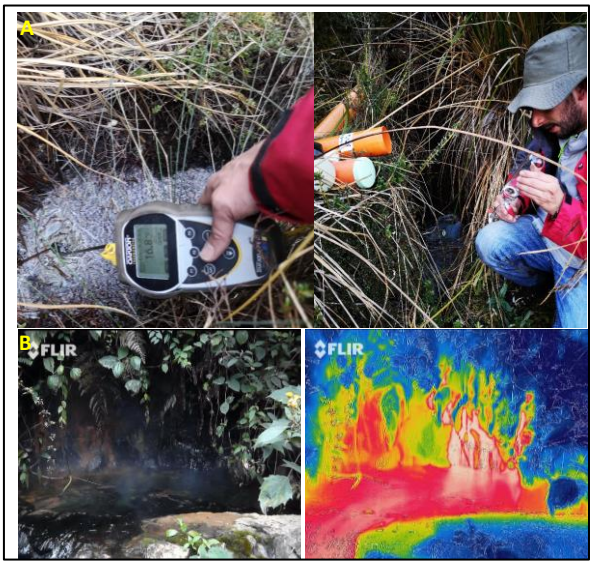


Figura 74. Muestreo de fluidos (gases) en manifestaciones hidrotermales del Paramillo de Santa Rosa. A. Manantial de La Sierra. B. Manantial El Silencio (San Vicente). Incluye imagen térmica infrarroja que permite identificar los puntos de surgencia del manantial.



Figura 75. Polígonos de áreas geotérmicas sobre las que se hará la estimación del potencial energético (A) y grupo participante en entrenamiento sobre estimación de potencial energético con simulación de Monte Carlo (B).

Actividades complementarias

- El grupo de trabajo participó en reuniones preliminares y en sesiones de la Mesa de trabajo de geotermia convocada por el Ministerio de Minas y Energía asesorado por el BID. Como parte de los compromisos acordados en estas reuniones, el SGC entregó una compilación de estudios de exploración geotérmica recopilados y realizados por el SGC y definió los polígonos de áreas geotérmicas, insumo requerido para objetivos como la estimación del potencial, a cargo del SGC, y la evaluación de sensibilidad de variables ambientales y sociales, a cargo de un consultor contratado por el BID. Adicionalmente el grupo de trabajo revisó dos versiones de una propuesta elaborada por un asesor del BID para financiar un plan de exploración geotérmica a corto plazo, a ser ejecutado por un contratista y el SGC.
- Se suscribió y avanzó en la ejecución de un convenio con el Instituto Nacional de Geofísica y Vulcanología de Italia, que hizo posible la ejecución de los análisis químico e isotópico de gases en las áreas geotérmicas de Cerro Machín, San Diego y Paramillo de Santa Rosa.

- Se elaboraron y presentaron ponencias para la difusión de resultados de estudios de exploración geotérmica en el XVII Congreso Colombiano de Geología, cinco (5) ponencias, en la 4ª. Reunión Nacional de Geotermia (RENAG), nueve (9) ponencias, y en la Reunión Anual del Geothermal Resources Council (GRC), una (1) ponencia.
- Se elaboraron doce (12) artículos para la memoria del Congreso Mundial de Geotermia 2020 (Ver Figura), los cuales fueron revisados y aprobados por la organización del evento: 1 Spatial Prediction for Bottom Hole Temperature and Geothermal Gradient in Colombia, 2 Updating of the Descriptive Conceptual Model of Paipa Geothermal System, Colombia, 3 ¿An Igneous Intrusion Hydrothermally Altered, Another Possible Source of Heat to The Geothermal System of Paipa, Colombia? 4 Gravity and Magnetic Interpretation of Azufral Volcano Geothermal Zone 5 Magnetotelluric Models for the Characterization of the Geothermal System of the Azufral Volcano, 6 First Approach to 3D Resistive Model Interpretation in the Geothermal Area of Paipa, Colombia, 7 Application of Digital Image Processing Techniques of Earth Observation Satellites in the Estimation of Surface Temperature Models in Support of Geothermal Exploration in Colombia, 8 Cartographic Standard for Geothermal Information of the Colombian Geological Survey, 9 New Areas of Geothermic Interest in the Central Cordillera of the Colombian Andes: Santa Rosa and Cerro Machín, 10 Local Meteoric Water Line of the Central Zone of Boyacá, Colombia. 11 Hot springs outside the Colombian Andean Area, 12 Thermal characterization of a Geothermal Reservoir in a Volcanic Zone in Central America.



Figura 76. Registro de los trabajos presentados por el SGC al Congreso Mundial de Geotermia 2020. https://www.wgc2020.com/

- Como parte del mejoramiento de la infraestructura tecnológica para la investigación geotérmica, se elaboró la Guía metodológica para la modelación 3D de datos magnetotelúricos (software ModEM); se realizó una revisión bibliográfica sobre sismología aplicada a la exploración geotérmica, dos reuniones de asesoría sobre el mismo tema y se avanzó en una propuesta para implementar dicha herramienta geofísica a la metodología de exploración aplicada por el SGC; se elaboró una propuesta para desarrollar conjuntamente con el IGAC un proyecto para establecer una red absoluta de gravimetría, el cual se inició con la materialización de mojones en 20 estaciones alrededor del territorio, realizada por el IGAC; se avanzó en la ejecución de contratos para adquisición de instrumental científico (fluxímetro para medición de gases difusos en aire del suelo: dióxido de carbono, metano y sulfuro de hidrógeno y dos magnetómetros) y los servicios de mantenimiento de equipo (Rad7 para medición de radón en aire del suelo) y renovación de soporte de software científico (Geomodeller y Oasis Montaj).

Proyecto de Gestión 1000716 Perforaciones de Gradiente Térmico en Paipa

Gerente de Proyecto: Claudia María Alfaro

Objetivos del proyecto

Perforar dos (2) agujeros con profundidad máxima de 500 m para obtener gradientes de temperatura, recuperación total de núcleos y registros físicos, con el fin de confirmar la anomalía geotérmica del área geotérmica de Paipa, 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 y generar un nuevo insumo con información del subsuelo, para actualizar el modelo geológico 3D

Avances del Proyecto

- En el marco del proyecto de perforaciones de gradiente térmico en Paipa se realizaron actividades de socialización y precontractuales para los servicios de perforación e interventoría integral.

- Las actividades de socialización (Ver Figura) incluyeron comunicaciones con la Gobernación y la Alcaldía de Paipa para solicitar la renovación de autorizaciones para ejecutar una de las perforaciones en predios de su propiedad; nueve (9) reuniones con la comunidad e instituciones académicas para ampliar la información sobre el proyecto, hacer entrega de cartillas de difusión general impresas las cuales fueron

elaboradas por el grupo de trabajo el año anterior (“Sistema Geotérmico Hidrotermal de Paipa”, “Geotermia en Colombia” y “Qué es exploración geotérmica”); participar en un foro ambiental organizado por la Alcaldía de Paipa; llevar a cabo salidas al campo con la participación de representantes de la comunidad, la alcaldía y el acompañamiento de CORPOBOYACÁ con el fin de ilustrar cómo se hacen los trabajos de exploración, en particular la adquisición de datos geofísicos y medir línea base de caudales de corrientes y nacimientos de agua; esta última, con el objetivo de dar cumplimiento a uno de los requerimientos de la Corporación antes de dar inicio de las perforaciones.

- Los procesos de perforación de gradiente térmico e interventoría integral son los primeros en su género, emprendidos por el SGC. Esta condición implicó que los estudios previos fueran ajustados en varias oportunidades, a partir de revisiones técnicas, consultas, audiencia con potenciales oferentes y recomendaciones del Comité de Contratación. Los dos procesos, Contratación Directa CD17 y Concurso de Méritos CMA02, fueron publicados en el SECOP pero no fueron adjudicados. Antes de culminar el año, los estudios previos de los dos procesos fueron nuevamente cargados al módulo de contratación para ser reabiertos en 2020.



Figura 77. Actividades de socialización del proyecto Perforaciones de Gradiente Térmico en Paipa.

1.4.4. Cartografía y estratigrafía volcánica y de investigación vulcanológicas, así como la investigación del vulcanismo monogenético de Colombia.

Coordinador de grupo y gerente de proyectos: Bernardo Pulgarín Alzate

PERSONAL-2019

Funcionarios/Cargo/Sede	Proyecto	%	Rol	Función específica	% total
Bernardo Pulgarín Alzate PE-21 OVS-Popayán	Galeras	50	Líder/autor	Coordinación-Supervisión-Producción	100
	Doña Juana	20			
	Estándares y Publicaciones	20			
	Apoyo a Amenaza - Sotará	10	Autor	Producción	
Ana María Correa Tamayo PE-18 Central-Bogotá	Galeras	45	Responsable/autora	Supervisión - Gestión - Producción	100
	Doña Juana	45			
	Estándares y Publicaciones	10			
Lorena del Pilar Rayo Rocha PE-16 Central-Bogotá	Galeras	50	Responsable/autora	Supervisión - Gestión - Producción	100
	Estándares y Publicaciones	50			
María Fernanda Almanza Meléndez PU-9 Central-Bogotá	Galeras	50	Autora	Producción	100
	Estándares y Publicaciones	50			
Funcionarios de otras Direcciones (DGA)	**Proyecto**	**%**	**Rol**	**Función específica**	**% total**
Paola Andrea Narváez Obando PU-13 - Prov. OVS-Pasto	Galeras	50	Autora	Producción	50
Contratistas/Cargo/Sede	**Proyecto**	**%**	**Rol**	**Función específica**	**% total**
Mauricio Tamayo Alzate Profesional 1 (Geología) OVS-Manizales	Galeras	50	Responsable/autor	Producción	100
	Estándares y Publicaciones	50	Autor		
Diego Fernando Palechor Benavidez Profesional 1 (SIG) OVS-Popayán	Galeras	55	Autor	Producción	100
	Estándares y Publicaciones	45	Responsable/autor		
Indira Zuluaga Mazo Profesional 1 (Geología) Central-Bogotá	Galeras	55	Autor	Producción	100
	Estándares y Publicaciones	30			
	Apoyo a Amenaza - Sotará	15			
Yeni Patricia Cruz Toro Profesional 0 (Geología) Central-Bogotá	Galeras	50	Autora	Producción	100
	Estándares y Publicaciones	50			
Silvia Camila Castilla Montagut Profesional 0 (Geología) Central-Bogotá	Galeras	50	Autora	Producción	100
	Estándares y Publicaciones	50			
Laura Estefanía Castellanos Sánchez Profesional 0 (Geología) OVS-Popayán	Galeras	100	Autora	Producción	100

Notas para la tabla:
- Galeras: Proyecto Mapa geológico del Complejo Volcánico Galeras
- Doña Juana: Proyecto Modelamiento petrogenético del Complejo Volcánico Doña Juana
- Estándares: Proyecto Investigación metodológica para la elaboración del estándar en cartografía geológica en ambientes volcánicos
- Geoamenazas: labores de apoyo a la Dirección de Geoamenazas

Proyectos del Grupo de trabajo Geología de Volcanes

Los objetivos para el 2019 de los proyectos desarrollados por el Grupo de Geología de Volcanes de la Dirección de Geociencias Básicas se enmarcaron dentro del objetivo estratégico institucional para la "Ampliación del conocimiento geocientífico básico e integral del territorio nacional"; y particularmente dentro del propósito general del Grupo el cual consiste en "Llevar a cabo y liderar proyectos, a nivel nacional, relacionados con la cartografía geológica en volcanes y con la investigación vulcanológica en volcanes colombianos"
En el 2019 se llevaron a cabo diversas actividades para el desarrollo de los tres proyectos planteados y establecidos en Plan View:

Proyecto de Gestión 1000676: Mapa geológico del Complejo Volcánico Galeras (ID 1000676)

Duración total: 2017 a 2020

Objetivo general

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

Objetivos específicos

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

Descripción y alcance del proyecto:

El alcance general de este proyecto está enmarcado en el *Plan estratégico del SGC* (2014-2023), el cual determinó que "Los estudios e investigaciones sobre la geología de los volcanes colombianos deben enfocarse en adquirir el conocimiento básico sobre los edificios volcánicos y los procesos que los han generado, en profundizar sobre el entendimiento de la relación del vulcanismo con la evolución tectónica del país y con la distribución de recursos minerales, y analizar las implicaciones en la evaluación de la amenaza y la gestión del riesgo".

El mapa geológico del CVG es temático en el área de la vulcanología, en el cual se representan los diferentes materiales geológicos aflorantes en una porción de la

superficie terrestre, que en este caso corresponden a las zonas proximal, media y distal del CVG. El mapa es generado con ayuda de sensores remotos, trabajo de campo, y el conocimiento y la experiencia del grupo de trabajo. También se entregará el respectivo informe técnico, en el que se reporta la estratigrafía volcánica, la caracterización y la interpretación de los depósitos volcánicos cartografiados, y las correlaciones estratigráficas derivadas.
Los productos generados en este proyecto no comprenden ni mapas ni informes correspondientes a la evaluación de amenaza volcánica, vulnerabilidad o riesgo; ni determinación ni delimitación de recursos económicos (geotérmicos, yacimientos minerales, materiales de construcción, turismo, alta productividad del suelo, etc.).

Justificación del proyecto

El volcán Galeras es uno de los volcanes activos de Colombia de mayor riesgo. Con este estudio se busca adquirir el conocimiento geológico actualizado de este, con la aplicación de metodológicas nuevas, con el fin de ampliar y mejorar el entendimiento sobre los procesos que lo han generado.

Este estudio es necesario y de gran importancia por varias razones, entre las cuales se destacan: en primer lugar, los resultados de este estudio servirán como base fundamental para la futura evaluación de las amenazas asociadas a él, y en segundo lugar, el estudio del vulcanismo en general aporta información valiosa sobre el interior del planeta. La investigación sobre el vulcanismo es interdisciplinaria e involucra estudios geofísicos, petrológicos, geoquímicos, geocronológicos, geodinámicos y ambientales.

La evaluación del geopotencial positivo y/o negativo asociado a la actividad volcánica es una herramienta fundamental en los planes de ordenamiento territorial y en la prevención y atención de desastres. Para ello es necesario llevar a cabo las investigaciones que permitan conocer y comprender este tipo de fenómeno. Se requiere información completa sobre la geología, la geomorfología, la tipología eruptiva, la estratigrafía y la evolución magmática del volcán objeto de estudio. Todo esto permite establecer las características de los productos generados por el volcán, su comportamiento interno y externo, tanto en el presente como en el pasado, y con ello prever su comportamiento futuro.

Beneficios del proyecto

- Ampliación del conocimiento sobre la geología de volcanes colombianos.
- Obtención de una versión actualizada del mapa geológico del CVG.
- Adquisición el conocimiento relativo a la historia eruptiva del CVG.
- Producción del insumo fundamental y necesario para los futuros estudios relacionados con la evaluación de la amenaza volcánica asociada al CVG, y con la

valoración del potencial económico (geotérmico, paisajístico, ecológico, turístico, calidad de los suelos, exploración de minerales, etc.) de los productos derivados de la actividad del CVG, que pueden ser aprovechados por la comunidad que habita en su área de influencia.

Problema a resolver con el proyecto

Actualización del conocimiento geológico y mapa geológico del CVG.

Resultados y Desarrollo durante 2019

Proyecto de Gestión 1000676: Mapa geológico del Complejo Volcánico Galeras

Objetivo en el 2019

Realizar las labores de cartografía geológica y del levantamiento estratigráfico en la zona media y en la zona proximal del Complejo Volcánico Galeras (CVG). Dichas labores corresponden a la segunda etapa del proyecto cuya finalización planificada es en diciembre del 2020.

Resultado 2019

La meta pretendida y alcanzada ha sido el mapa geológico del CVG (versión 2019), el corresponde informe geológico de avance (versión 2019), y las bases de datos y *geodatabases* asociadas. Este avance corresponde al 78 % del porcentaje total del proyecto.

Descripción de productos y/o entregables 2019

El repositorio de estos entregables se encuentra en el espacio concedido al Grupo de Geología de Volcanes en el servidor institucional identificado como geogaleras (\\popayan-ar1) (X:\):

- Mapa geológico: a escala 1:25 000 en el que se representan las diferentes unidades litoestratigráficas del Complejo Volcánico Galeras que han sido definidas hasta el momento.
- Informe técnico (avance -2019): está conformado por los siguientes capítulos: “Generalidades”, “Marco geológico regional”, “Marco geotectónico”, “Geomorfología”, “Estratigrafía”, “Petrografía”, “Aspectos geoquímicos preliminares” “Análisis de Componentes” y “Conclusiones”. Uno de los aspectos importantes de

este informe es el desarrollo relativo a la historia eruptiva del Complejo Volcánico Galeras.
- Bases de datos: comprenden la *geodatabase* y sus respectivos anexos, tales como libretas de campo, columnas estratigráficas, figuras, tablas y fotografías de campo.

Actividades técnicas desarrolladas en 2019

Entre las diferentes labores llevadas a cabo por el Grupo de Geológica de Volcanes, que conllevaron al avance del proyecto se destacan las siguientes actividades técnicas:

- Durante el 2019 el proyecto avanzó en los siguientes fases de trabajo: 1. Gestión para la contratación de dataciones, 2. Recolección de información, 3. Fotointerpretación, análisis geomorfológico y digitalización de geoformas, 4. Trabajo de campo, 5. Preparación y análisis de muestras representativas del CVG, y 6. Elaboración del mapa geológico, de la geodatabase, de las columnas estratigráficas y del respectivo informe técnico.

- Los servicios para datación de muestras por los métodos de 14C y 40Ar/39Ar, se contrataron a través de un proceso de contratación directa con lista cerrada. Se invitó a presentar oferta a 6 laboratorios para la técnica de Ar-Ar y a 4 laboratorios para el método de C-14. Una vez finalizado el proceso de selección y surtidos los formalismos contractuales, se firmaron los contratos 855 de 2019 con la Vrije Universiteit de Amsterdam (Holanda) para los análisis de Ar-Ar, y 854 de 2019 con la University of Zurich (Suiza) para las dataciones por C-14. En el periodo comprendido entre agosto y octubre de 2019 se realizó la compilación, alistamiento y envío de la totalidad de las muestras a los laboratorios para los análisis correspondientes.

- En cuanto a la recolección de información se culminó la compilación bibliográfica de interés relacionada principalmente con geología estructural, tectónica, estratigrafía y geomorfología en regiones volcánicas y estudios glaciares del Cuaternario en Colombia y Ecuador. Adicionalmente se creó la base de datos de recopilación bibliográfica, en el gestor bibliográfico Mendeley, en la cual se han reunido más de 170 referencias, incluidas algunas correspondientes a trabajos sobre geología del CVG recientemente publicados.

- Con el fin de resaltar los rasgos geomorfológicos y completar el mapa geomorfológico del CVG se realizó un proceso de combinación de variables geométricas a partir de modelos digitales de elevación (GeoSAR) e imágenes UAVSAR. A partir de la fotointerpretación y los análisis geomorfológico y estructural, se identificaron los elementos morfoestructurales y los lineamientos que permitieron delimitar dos dominios estructurales principales, el asociado a la actividad volcánica y el que corresponde a las tendencias regionales (Ver Figura). Por otra parte, se avanzó en la

digitalización de geoformas generadas a partir de la reconstrucción de los edificios volcánicos del CVG que antecedieron al volcán Galeras, utilizando herramientas SIG, el modelo de elevación digital, imágenes de satélite y el programa ArcGIS Pro (v-2.0); así mismo se delimitaron y ajustaron las zonas de los posibles colapsos gravitacionales en el CVG. Además se finalizó el análisis geomorfológico, la delimitación y ajustes a los polígonos que conforman las unidades geomorfológicas del CVG. Y se digitalizaron diferentes geoformas utilizando el modelo de sombras procesado con el DEM GeoSAR de 5 m a partir de las características que muestra el mapa, con el contraste de relieve, rugosidad, en algunos casos patrones de drenajes.

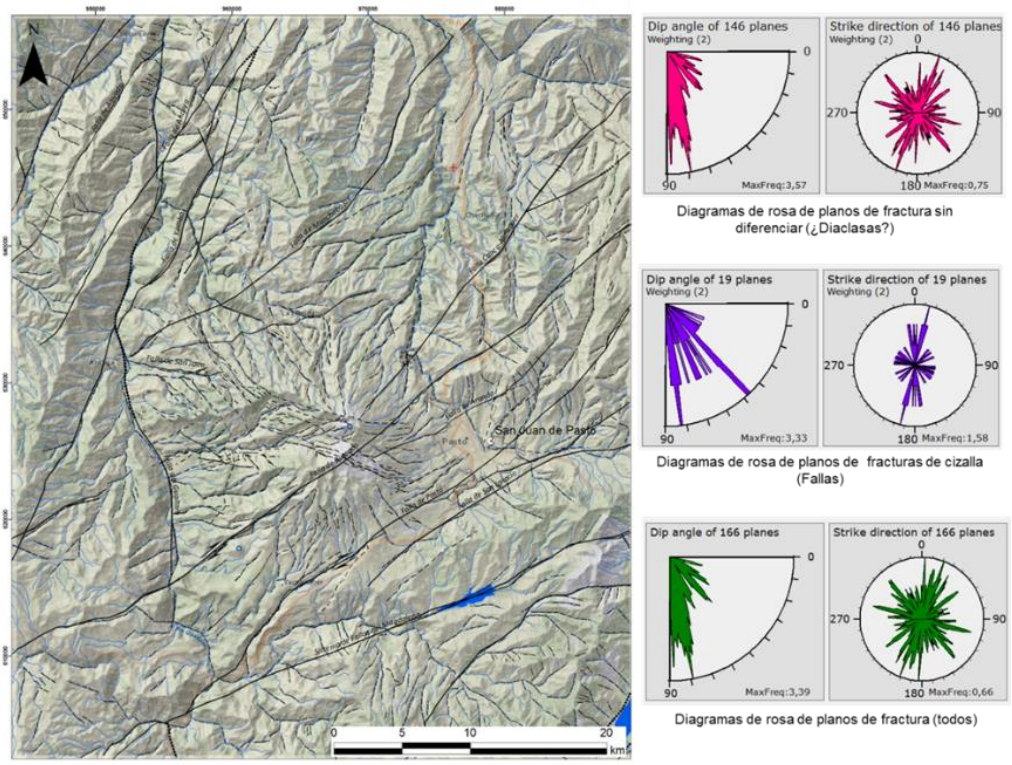


Figura 78. Mapa con los lineamientos, definidos a partir de fotointerpretación, las fallas regionales, tomadas de la cartografía geológica (1:100.000), del Atlas Geológico de Colombia y del Mapa Geológico de Colombia. También se muestran diagramas rosa de los diferentes datos estructurales tomados en campo.

- En los meses de agosto y octubre de 2019 se realizaron dos comisiones de campo al área de influencia del CVG para terminar de cubrir las zonas distales del proyecto. Estas campañas se desarrollaron en la zona comprendida entre los municipios de Pasto, La Florida, Nariño, Sandoná, Consacá y Yacuanquer, así como los alrededores de las poblaciones de Tasnaque, Arguello Bajo, Ipiales y del volcán Morasurco y de la laguna La Cocha. Además de las labores de identificación de depósitos volcánicos, levantamiento de columnas estratigráficas y recolección de muestras, se realizaron

reuniones técnicas para discutir respecto a la correlación estratigráfica del área de estudio y para ordenar y procesar la información recopilada (Ver Figura).



Figura 79. Algunas imágenes que ilustran del desarrollo del trabajo de campo durante comisiones de campo del año 2019 en el área del CVG

- Con respecto a la preparación de muestras representativas del CVG se efectuó el secado y limpieza manual de testigos de muestras de paleosuelos y de carbones. De igual forma, se solicitaron a la Dirección de Laboratorios los servicios de separación granulométrica de muestras de material fragmentario, la elaboración de secciones delgadas y el análisis litogeoquímico de muestras colectadas en las campañas de 2019. Por otra parte, se avanzó en el análisis de componentes de depósitos fragmentarios (fracciones 0 ϕ, +1 ϕ, -1 ϕ), además se efectuó el diligenciamiento de sus respectivos de formatos y la toma de microfotografías; y el análisis petrográfico de las secciones delgadas, la elaboración de los respectivos formatos, la toma de microfotografías y el conteo modal de muestras representativas del CVG, con el fin de caracterizar las respectivas unidades geológicas y facilitar la delimitación de los polígonos de las unidades lávicas en el mapa geológico (Ver Figura). Se inició el procesamiento de los resultados de los reportes de análisis de litogeoquímica de muestras representativas del CVG y elaboración del capítulo respectivo.



Figura 80. Trabajo de análisis de componentes volcánicos en muestras representativas de los depósitos volcanoclásticos del CVG

- Se finalizó el proceso de digitalización de polígonos de las unidades litoestratigráficas del CVG, de acuerdo con la redefinición de algunas formaciones producto de los trabajos de campo del 2019. Posteriormente se actualizó el mapa geológico del CVG versión avance 2019 con su respectiva leyenda que contiene el orden, la descripción de las unidades litoestratigráficas y las interpretaciones; además de la correspondiente *geodatabase.*

- Durante el 2019 se almacenó en el servidor institucional el registro fotográfico colectado en las comisiones y los soportes digitales de las libretas de campo. Adicionalmente se continuó con la transcripción de toda la información recopilada en las comisiones de campo en la *geodatabase* y con la digitalización de las columnas estratigráficas levantadas en el área del CVG. Para facilitar a los integrantes del GGV las consultas acerca de las estaciones de campo y la información temática del proyecto se desarrolló el geoportal “GEOVOLCANES”.

- Se actualizó la estructura de la *geodatabase* del GGV para articularla a la propuesta (en elaboración) de la base de datos corporativa del SGC, siguiendo las recomendaciones del grupo de Gestión de la Información. Adicionalmente se adelantó la digitalización de la información de campo en la *geodatabase* del proyecto. Posteriormente se complementó el geovisor “Geovolcanes”, con la información actualizada de la base de datos perteneciente al GGV, esta herramienta es de gran utilidad para avanzar en la elaboración del mapa geológico del CVG.

- Con base en el trabajo realizado en las comisiones de campo de 2019 y el avance de los análisis de laboratorio se procedió a la revisión de la estratigrafía y a la redefinición de algunas unidades litoestratigráficas cartografiadas en el mapa geológico (Ver Figura).

- Se realizó la digitalización de las columnas estratigráficas correspondientes a los estratotipos de las unidades litoestratigráficas del CVG. Estas columnas se digitalizaron siguiendo la última versión del estándar propuesto por el grupo para tal fin. Asimismo, se realizó el informe “Geología y Estratigrafía del Complejo Volcánico Galeras” versión 2019.

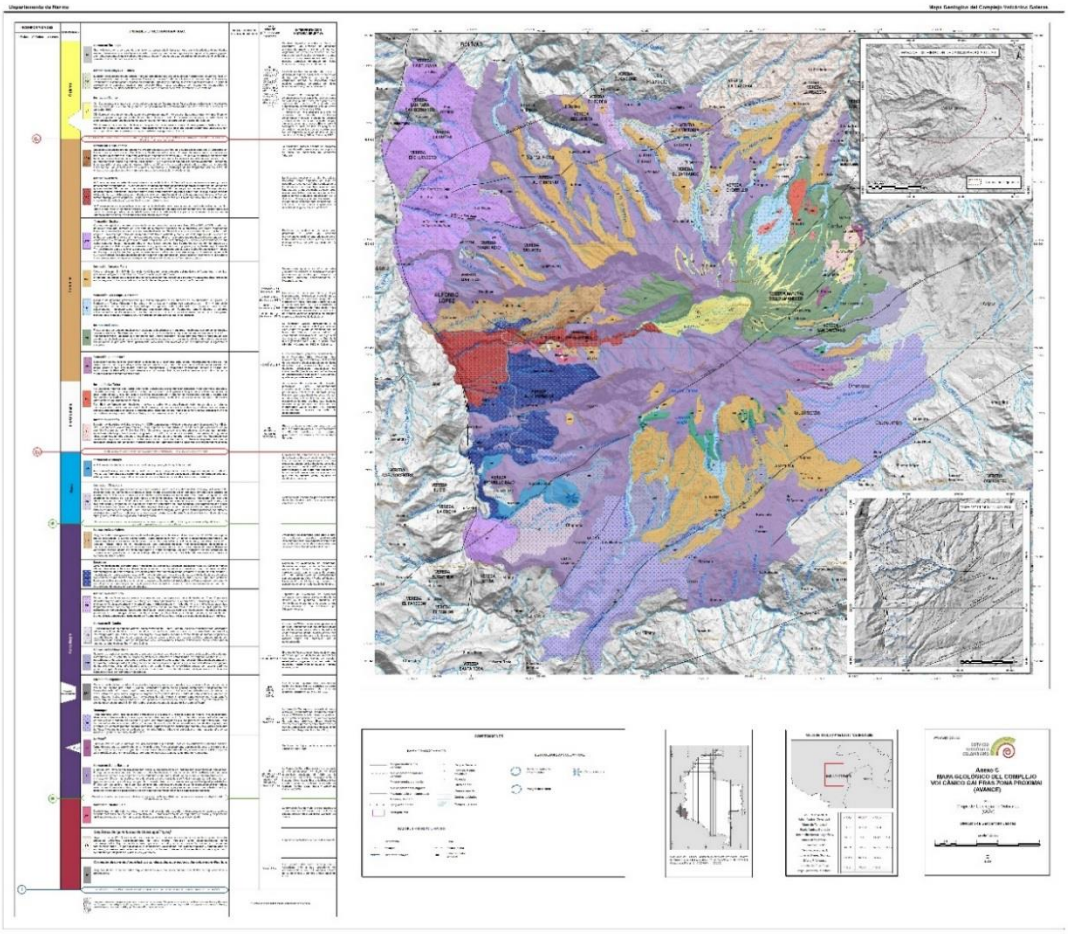


Figura 81. Mapa geológico del CVG, escala de trabajo 1:25.000, versión 2019

Hitos relacionados con actividades técnicas reportados en Plan View

- Entrega del mapa geológico, informe técnico y Geodabase, avance 2019

Proyecto de Gestión ID 1000702*:* Modelamiento petrogenético del Complejo Volcánico Doña Juana

Objetivo en el 2019: para el 2019 se plantearon tres objetivos relacionados directamente con el proyecto. El primero fue el procesamiento de los datos geoquímicos de roca total de muestras representativas del Complejo Volcánico Doña Juana (CVDJ). El segundo objetivo consistió en análisis minerales y vidrio con microsonda electrónica en muestras representativas del CVDJ seleccionadas previamente. Y, por último, se planteó adelantar algunas actividades análisis petrográfico detallado de dichas muestras.

Resultado 2019: durante el 2019 se logró realizar el análisis químico de minerales y vidrio con la microsonda electrónica en la Universidad Complutense de Madrid de las muestras del CVDJ seleccionadas. Igualmente se adelantó el procesamiento de los datos geoquímicos de roca total de muestras representativas y el análisis petrográfico preliminar de las mismas.

Descripción de productos y/o entregables 2019: para 2019 sólo fue proyectado un hito (Convenios legalizados). Los demás hitos, entregables y productos están programados para 2020 (PlanView). Sin embargo el repositorio de los avances del proyecto y demás elementos relacionados con su desarrollo, se encuentra en parte, en las estaciones de trabajo de los funcionarios del SGC que participan en este proyecto (Bernardo Pulgarín y Ana María Correa) y en parte en el espacio concedido al Grupo de Geología de Volcanes en el servidor institucional identificado como geol-vol$ (\\srv-ar1) (Z:\).

Actividades desarrolladas en 2019: durante el 2019 el proyecto avanzó en varios de sus frentes de actividades: 1. Legalización del Convenio Especial de Cooperación entre el SGC y la Universidad de Los Andes (Uniandes), 2. Sistematización de datos geoquímicos y petrográficos existentes, 3. Producción del mapa de muestreo, 4. Procesamiento de datos geoquímicos de roca total y 5. Análisis de minerales y vidrio con microsonda electrónica:

La legalización del Convenio Especial de Cooperación No. 35, celebrado entre el SGC y la UNIANDES, se cumplió finalmente el día 4 de febrero de 2019, con la firma de los respectivos representantes legales.

Se realizó una comisión de campo al área somital y al sector SW del CVDJ, a inicios de enero, por parte Natalia Pardo (Uniandes) y sus colaboradores internacionales, en la cual

se realizaron nuevas y detalladas apreciaciones de la estratigrafía más reciente y se tomaron muestras de rocas y carbones.

Se adquirió un modelo digital de elevación generado a partir de imágenes GeoSAR de 5 m de resolución y se ha creado una nueva *geodatabase* para la generación del mapa (Ver Figura) con ubicación de las muestras del CVDJ con reporte geoquímico en roca total, y su leyenda correspondiente.

Se llevó acabo el análisis de láminas delgadas pulidas, en microscopio petrográfico, de muestras representativas de las unidades litoestratigráficas del CVDJ y se tomaron las respectivas fotografías al microscopio. Se revisaron todas las láminas delgadas de cada litosoma y se escogieron aquellas más adecuadas para el análisis de química mineral con Microsonda electrónica, en cada lámina se identificaron y clasificaron diferentes minerales (plagioclasas, anfíboles, piroxenos y opacos) según categorías texturales reconocibles. Además se establecieron en cada lámina los esquemas de rutas de acceso a los puntos de interés en ellas (Ver Figura) para facilitar las lecturas en la microsonda.

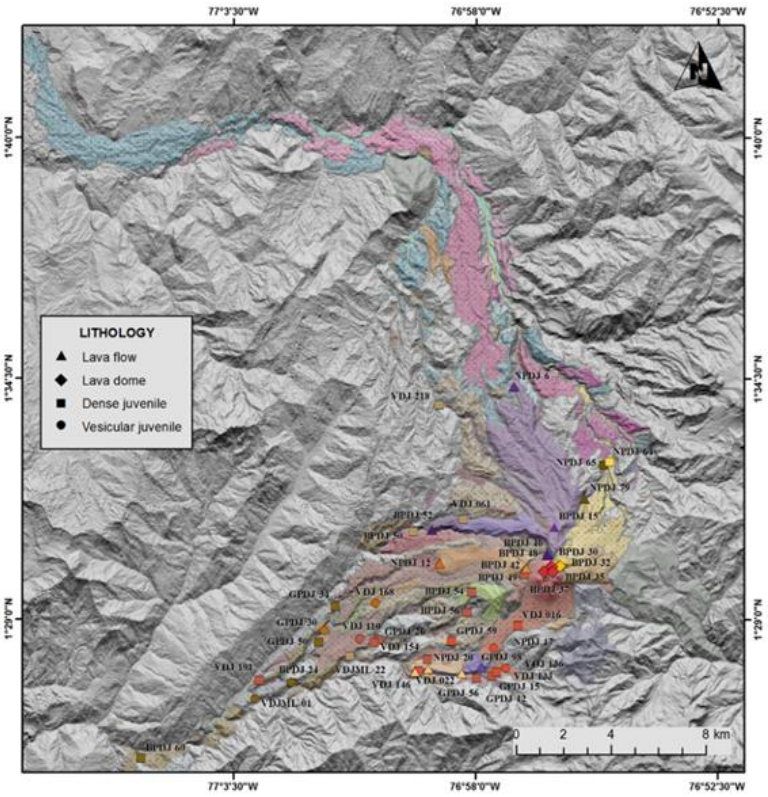


Figura 82. Mapa con ubicación de las muestras representativas del CVDJ que tienen análisis geoquímico, con la respectiva leyenda

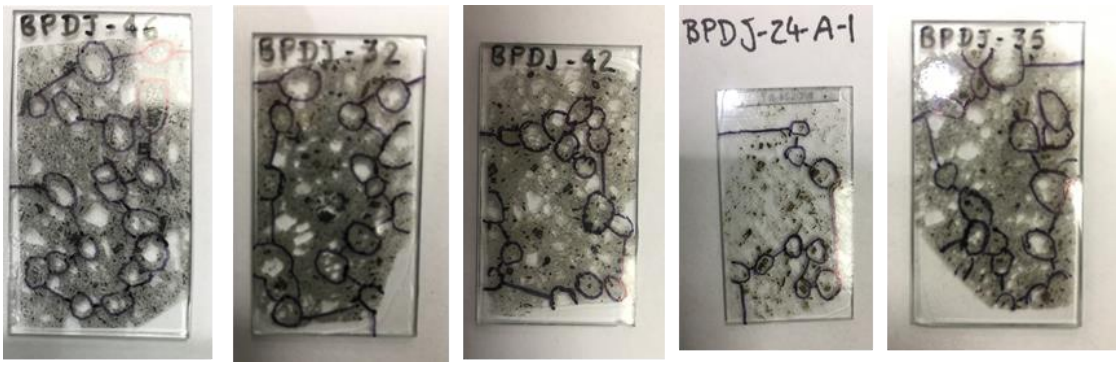


Figura 83. Algunas de las láminas delgadas escaneadas, de muestras representativas del CVDJ, con los respectivos esquemas de rutas a los puntos seleccionados, para facilitar la realización de los análisis en la Microsonda electrónica

Se realizó la sistematización de los datos geoquímicos (elementos mayores, menores y traza) de roca total, seleccionadas para el modelamiento petrogenético. Se elaboraron gráficos preliminares de clasificación geoquímica (Ver Figura). Se avanzó en el procesamiento de estos resultados de geoquímica de roca total, para elementos mayores y menores, de muestras representativas del CVDJ, para efectuar los respectivos re-cálculos y preparación de las tablas para posterior elaboración de los gráficos geoquímicos.

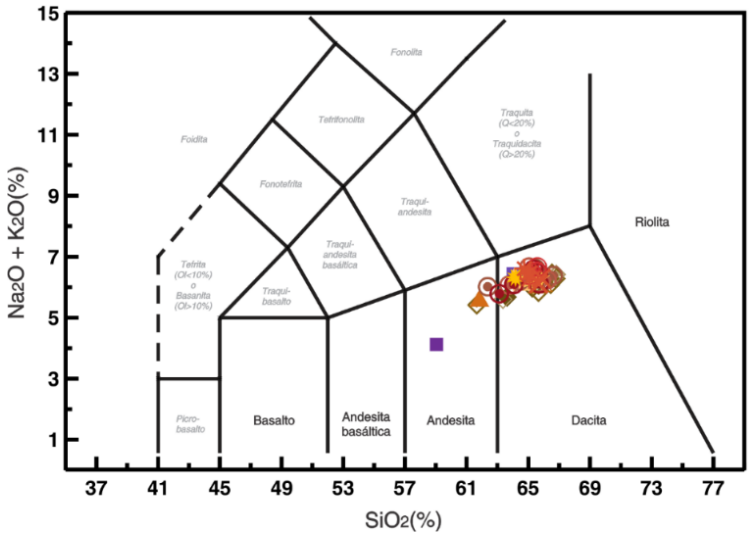


Figura 84. Uno de los gráficos geoquímicos preliminares (clasificación geoquímica) de las muestras representativas del CVDJ seleccionadas para el procesamiento previo al modelamiento petrogenético

Se hicieron los análisis químicos de minerales (feldespatos, anfíboles, piroxenos y óxidos) en microsonda electrónica (EPMA) de la Universidad Complutense de Madrid, sobre secciones delgadas pulidas de muestras representativas del CVDJ.

Estos análisis fueron complementados con las respectivas microfotografías, la preparación de las bases de datos de los resultados químicos obtenidos en la microsonda y las posiciones de los puntos analizados en cada sección delgada (Tabla 13).

Tabla 13. Una porción de la base de datos (DJVC_ProcessingPlots_EPMA) de los análisis químicos en minerales, hechos con Microsonda electrónica, corresponden a 22 lecturas puntuales para 13 cristales de anfíbol, en la muestra BPDJ-46 (edificio Doña Juana Antiguo

1	Amphibole structural formula normalized to 13 cations without Ca, Na, K																													
2	All crystals have oxidized rims in BPDJ-46																													
																								Wight% /Molecular Weight*Factor*Oxygen I						
3	LITHOSOME	SAMPLE	CRYSTAL	PHOTO	Observations	DATE	ANALYSIS #	ZONE	SiO2	TiO2	Al2O3	FeOt	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	NiO	Cr2O3	Total	Oxygen N°	Factor	SiO2	TiO2	Al2O3	FeOt	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O
5	St. Helena	BPDJ-46	Amp-1	N/A	Euhedral mesocryst with opaque rim	APR 10-201	5	Mantle	44,27	2,34	9,61	11,27	0,22	14,97	10,99	2,25	0,37	0,04	0,00	96,32	23,00	8,90	13,12	0,52	2,52	1,40	0,03	3,31	1,75	0,32	0,03
6	St. Helena	BPDJ-46	Amp-1	N/A	Euhedral mesocryst with opaque rim	APR 10-201	6	Rim	43,98	2,54	10,11	11,80	0,19	14,57	10,74	2,29	0,44	0,04	0,00	96,69	23,00	8,89	13,01	0,57	2,64	1,46	0,02	3,21	1,70	0,33	0,04
7	St. Helena	BPDJ-46	Amp-2	N/A	Euhedral macrocryst thin opaque rim	APR 10-201	7	Core	43,83	2,72	9,82	11,84	0,16	13,80	10,82	3,11	0,42	0,00	0,02	96,55	23,00	8,94	13,04	0,61	2,58	1,47	0,02	3,06	1,72	0,45	0,04
8	St. Helena	BPDJ-46	Amp-2	N/A	Euhedral macrocryst thin opaque rim	APR 10-201	8	Rim	44,28	2,61	9,52	11,94	0,38	14,36	10,74	2,88	0,41	0,02	0,03	97,17	23,00	8,88	13,09	0,58	2,49	1,48	0,05	3,16	1,70	0,41	0,04
9	St. Helena	BPDJ-46	Amp-3	1B2	Anhedral microcryst	APR 10-201	9	Core	42,60	2,64	11,19	10,57	0,13	14,20	10,75	3,22	0,38	0,04	0,04	95,76	23,00	8,97	12,72	0,59	2,95	1,32	0,02	3,16	1,72	0,47	0,04
10	St. Helena	BPDJ-46	Amp-3	1B2	Anhedral microcryst	APR 10-201	10	Rim	43,04	2,62	10,71	11,03	0,12	14,33	10,84	3,10	0,41	0,06	0,05	96,30	23,00	8,94	12,81	0,59	2,82	1,37	0,02	3,18	1,73	0,45	0,04
11	St. Helena	BPDJ-46	Amp-4	2B2	Anhedral macrocryst within Amp+Pl+op	APR 10-201	12	Mantle	41,88	3,18	12,61	10,01	0,17	14,82	10,87	2,84	0,48	0,00	0,03	96,89	23,00	8,85	12,33	0,70	3,28	1,23	0,02	3,25	1,72	0,41	0,04
12	St. Helena	BPDJ-46	Amp-5	2B2	Anhedral macrocryst within Amp+Pl+op	APR 10-201	13	Mantle	40,66	2,99	13,28	11,38	0,11	14,17	10,24	3,40	0,46	0,02	0,00	96,70	23,00	8,94	12,10	0,67	3,49	1,42	0,01	3,14	1,63	0,49	0,04
13	St. Helena	BPDJ-46	Amp-6	2B2	Anhedral macrocryst within Amp+Pl+op	APR 10-201	14	Core	40,09	3,53	14,80	11,39	0,14	13,68	10,26	2,86	0,51	0,01	0,00	97,26	23,00	8,87	11,84	0,78	3,86	1,41	0,02	3,01	1,62	0,41	0,05
14	St. Helena	BPDJ-46	Amp-7	2B2	Anhedral macrocryst within Amp+Pl+op	APR 10-201	15	Core	41,76	3,36	12,70	11,12	0,14	14,53	10,12	3,06	0,41	0,00	0,04	97,24	23,00	8,85	12,30	0,75	3,31	1,37	0,02	3,19	1,60	0,44	0,04
15	St. Helena	BPDJ-46	Amp-8	3B2	Subhedral zoned macrocryst thin opaque r	APR 10-201	16	Dark core	43,31	2,27	11,85	10,14	0,12	14,62	11,00	2,35	0,47	0,00	0,13	96,25	23,00	8,87	12,78	0,50	3,09	1,25	0,02	3,22	1,74	0,34	0,04
16	St. Helena	BPDJ-46	Amp-8	3B2	Subhedral zoned macrocryst thin opaque r	APR 10-201	17	Ligth mantl	42,05	2,42	12,27	11,92	0,16	13,05	10,84	2,25	0,53	0,02	0,03	95,56	23,00	9,02	12,63	0,55	3,26	1,50	0,02	2,92	1,74	0,33	0,05
17	St. Helena	BPDJ-46	Amp-8	3B2	Subhedral zoned macrocryst thin opaque r	APR 10-201	18	Dark mantl	42,70	2,77	11,79	10,08	0,17	14,64	11,13	2,53	0,50	0,00	0,15	96,46	23,00	8,88	12,62	0,61	3,08	1,25	0,02	3,22	1,76	0,36	0,05
18	St. Helena	BPDJ-46	Amp-8	3B2	Subhedral zoned macrocryst thin opaque r	APR 10-201	19	Dark rim	41,67	2,70	11,81	11,95	0,17	13,52	11,05	2,89	0,47	0,00	0,00	96,21	23,00	9,00	12,49	0,61	3,13	1,50	0,02	3,02	1,77	0,42	0,04
19	St. Helena	BPDJ-46	Amp-9	N/A	Subhedral microcryst thin opaque rim	APR 10-201	20	Core	43,14	3,21	10,32	11,18	0,14	14,47	11,01	2,72	0,43	0,05	0,03	96,71	23,00	8,90	12,79	0,72	2,70	1,39	0,02	3,20	1,75	0,39	0,04
20	St. Helena	BPDJ-46	Amp-9	N/A	Subhedral microcryst thin opaque rim	APR 10-201	21	Rim	43,09	2,52	11,98	10,14	0,12	15,49	10,55	2,99	0,39	0,04	0,00	97,31	23,00	8,78	12,60	0,55	3,10	1,24	0,02	3,38	1,65	0,42	0,04
21	St. Helena	BPDJ-46	Amp-10	4B2	Subhedral zoned microcryst opaque rim	APR 10-201	22	Light Core	42,10	2,54	12,25	12,49	0,24	13,57	11,35	2,49	0,49	0,00	0,00	97,52	23,00	8,89	12,46	0,57	3,20	1,54	0,03	2,99	1,80	0,36	0,05
22	St. Helena	BPDJ-46	Amp-10	4B2	Subhedral zoned microcryst opaque rim	APR 10-201	23	Dark rim	42,91	2,48	11,41	10,94	0,06	14,68	10,53	2,61	0,50	0,00	0,00	96,11	23,00	8,92	12,74	0,55	2,99	1,36	0,01	3,25	1,67	0,37	0,05
23	St. Helena	BPDJ-46	Amp-11	4B2	Euhedral microcryst	APR 10-201	24	Core	43,23	2,70	10,64	11,15	0,12	14,78	10,83	2,66	0,46	0,05	0,04	96,66	23,00	8,89	12,80	0,60	2,79	1,38	0,02	3,25	1,72	0,38	0,04
24	St. Helena	BPDJ-46	Amp-12	N/A	Subhedral mesocryst opaque rim	APR 10-201	25	Rim	42,78	2,77	11,42	10,38	0,09	14,47	11,10	2,54	0,43	0,04	0,00	96,01	23,00	8,92	12,71	0,62	3,00	1,29	0,01	3,20	1,77	0,36	0,04
25	St. Helena	BPDJ-46	Amp-12	N/A	Subhedral mesocryst opaque rim	APR 10-201	26	Core	42,70	2,87	11,22	11,06	0,12	14,24	11,17	2,93	0,40	0,01	0,00	96,72	23,00	8,90	12,66	0,64	2,94	1,37	0,02	3,15	1,77	0,42	0,04
26	St. Helena	BPDJ-46	Amp-13	N/A	Subhedral microcryst opaque rim	APR 10-201	27	Core	43,17	2,67	11,41	9,86	0,05	15,42	10,98	2,61	0,40	0,03	0,17	96,77	23,00	8,83	12,68	0,59	2,96	1,21	0,01	3,38	1,73	0,37	0,04

Se prepararon las correspondientes tablas de Excel para organizar los resultados obtenidos con estos análisis químicos de minerales (feldespatos, anfíboles, piroxenos y óxidos) en microsonda electrónica, sobre secciones delgadas pulidas de muestras representativas del CVDJ y así poder hacer los re-cálculos de las fórmulas estructurales y términos finales, para la posterior etapa de elaboración de gráficos de clasificación. Esta actividad, se viene adelantando gracias a la participación de varios colaboradores internacionales (Cristina de Ignacio San José de la Universidad Complutense de Madrid, España; Marcelo Arnosio de la Universidad Nacional de Salta, Argentina y Patricia Larrea de la Universidad del Norte, Colombia) bajo la coordinación de la profesora Natalia Pardo de Uniandes.

Dentro de las actividades de socialización de la información geocientífica en este convenio, se presentaron con autorías conjuntas dos trabajos en el XVII Congreso Colombiano de Geología, realizado en Santa Marta: “Una propuesta para mejores prácticas en la cartografía y estratigrafía de volcanes cuaternarios: discusiones vigentes en la comisión de geología de volcanes de la IAVCEI”; y “Geomorfología y morfogénesis del flanco suroccidental del Complejo Volcánico Doña Juana, Nariño, Colombia”.

Hitos relacionados con actividades técnicas reportados en Plan View:

- Convenios legalizados.

Apoyo a otros grupos de trabajo

Los integrantes del Grupo de Geología de Volcanes Bernardo Pulgarín e Indira Zuluaga apoyaron actividades y proyectos de la Dirección de Geoamenazas del SGC, especialmente aquellas relacionadas con temas de amenaza volcánica.

Entre estos apoyos, se participó activamente en el proyecto "Evaluación amenaza volcánica e informe Sotará (100887)"en el cual se realizaron las siguientes actividades: revisión de la cartografía e historia eruptiva del CVS y asociación de éstas con los datos geocronológicos; revisión en campo de depósitos volcánicos escogidos para la evaluación de la amenaza volcánica y de algunas zonas específicas potencialmente amenazadas en su zona de influencia; se realizaron varias reuniones de trabajo técnico y discusiones con el grupo de simulaciones de eventos volcánicos (lavas, flujos y oleadas piroclásticas, caídas piroclásticas, lahares, avalanchas de escombros, ondas de choque); evaluación de los múltiples resultados de simulaciones con respecto a los datos geológicos de campo; y finalmente se llevaron a cabo reuniones para la redacción y edición de los respectivos productos de este proyecto, que son: Informes de evaluación de amenazas volcánicas del Volcán Sotará, Informe de simulaciones computacionales de eventos volcánicos, Mapa de amenaza volcánica del Volcán Sotará y Memoria del mapa de amenaza volcánica del Sotará. Dichos productos fueron entregados a la Dirección de GeoAmenazas para su revisión.

Gestión de Proyecto 1000754 Caracterización vulcanismo del NE de Caldas

Gerente del Proyecto: María Luisa Monsalve

Objetivo General

Caracterización del vulcanismo del NE de Caldas y su relación con el vulcanismo activo del segmento norte de la cordillera Central.

Objetivos Específicos

- Caracterizar el vulcanismo, del NE del departamento de Caldas, desplazado del eje de la cordillera Central, mediante la identificación de productos asociados, edad distribución.

- 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 la Zona Volcánica Norte de los Andes.

- Conocer si los volcanes identificados presentan actividad reciente que indiquen que puedan tener erupciones en el futuro.

- 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.

Beneficios del Proyecto

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.

- Corroborar el tipo de vulcanismo dará claves importantes para conocer si se trata de un vulcanismo activo, lo que definirá la necesidad de implantar un monitoreo continuo en la zona, así como la elaboración de mapas de amenaza volcánica y programas de gestión de riesgo.
- El conocimiento del tipo de vulcanismo dará información importante dentro de los programas de exploración geotérmica que se llevan a cabo en el país.

Nombre y Descripción de Productos y Entregables

- Avance Mapa geológico volcanes NE de Caldas.
- Informe de avance vulcanismo NE de caldas.
- Informe final vulcanismo NE de caldas: Maar de San Diego.

El vulcanismo en el NE de Caldas está representado por una serie de estructuras volcánicas de edad Pleistocénica localizadas al NE del volcán Cerro Bravo, las cuales tienen como característica principal corresponder a un vulcanismo silíceo, monogenético a transicional de tipo freatomagmático. Entre las principales estructuras en el área se encuentran los volcanes Guadalupe, El Escondido, los maares de Berlín de San Diego, la estructura Piamonte y la Torre y las posibles estructuras de diatrema y domos aislados reportados en el sector de rio Dulce. Y entre Marquetalia y Samana, en el NE de Caldas (Ver Figura).

- Se finalizaron los trabajos de campo en el complejo volcánico Guadalupe y Piamonte, de igual forma, se continuaron los trabajos de campo en el sector de arboleda, enfocados en la estructura “La Torre”, donde además de esta, se identificaron dos estructuras similares. Igualmente se retomó el trabajo de campo para la identificación de depósitos de caída piroclástica de la secuencia Caballuna en su parte media distal cubriendo parte de los departamentos de Boyacá Cundinamarca y Tolima; las muestras recolectadas están en proceso de preparación para su análisis y así corroborar que se trata de niveles asociados a esta importante secuencia piroclástica.

- En los trabajos de campo se llevó a cabo levantamiento estratigráfico y estructural, caracterización de productos y relación tectónica estructural de estos edificios volcánicos. Igualmente se adelanta en el análisis de componentes, análisis petrográfico de los productos piroclásticos de las estructuras reconocidas el área, la revisión bibliográfica sobre el tema y la cartografía geológica escala 1:25000.

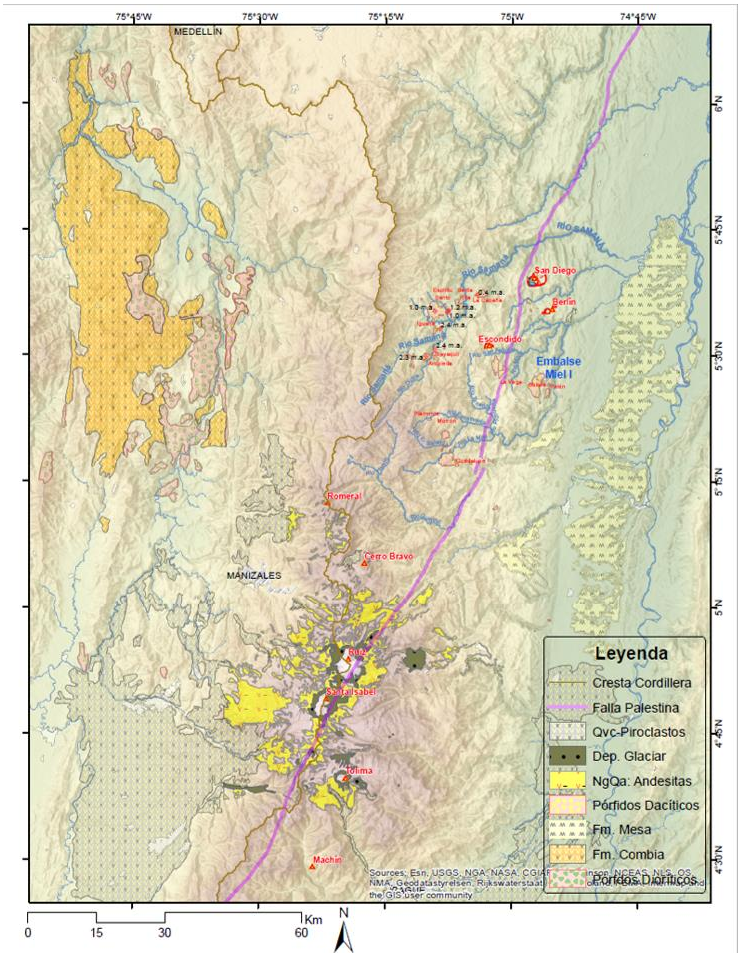


Figura 85. Mapa de localización del área de estudio y estructuras volcánicas en el NE de Caldas.

Complejo volcánico Guadalupe

- El Complejo volcánico Guadalupe se localiza a 3 Km al nororiente de la cabecera municipal de Manzanares, Caldas, con coordenadas 5° 17’ 26’’ – 75° 08’04’’. Tiene una altura de 2600 msnm en su cima y tiene un perímetro aproximado de 12Km.

- Se finalizaron los trabajos de campo enfocados en el control y seguimiento de depósitos volcánicos, levantamiento de columnas y toma de muestras de los depósitos asociados al complejo volcánico Guadalupe en el NE de Caldas, así como la toma de datos estructurales para la elaboración del modelo estructural.

- En esta fase final se identificaron nuevas secuencias piroclásticas de tipo freático-freatomagmático: al Sur, en el sector de la vereda el sueldo, al Oeste del complejo en el sector de rio la miel (Ver Figura) y al Este en el cañón del rio San juan (Ver Figura)

En particular, en este último sector se observaron afloramientos, en presentan escarpes verticales de +/- 50m, formados principalmente por secuencias de niveles matriz- soportados, compuestos por clastos monolitológicos de pórfidos andesíticos-dacíticos tamaño bloque y lapilli, angulares a subangulares, embebidos en matriz cristalolítica de ceniza fina a gruesa, con aparentemente pomez, los cuales se encuentran intercalados con niveles masivos de ceniza cristalolítica fina a media.



Figura 86. A) Secuencias piroclásticas aflorantes en el sector rio la miel. B) Detalle de secuencias piroclásticas observadas en A, se detalla niveles matriz-soportados, compuestos por bloques monolotologicos de pórfidos andesíticos a dacíticos embebidos en matriz de ceniza. C) Detalle de secuencias piroclásticas observadas en A, se observa niveles masivos de ceniza fina-media.



Figura 87. A y C) Remanentes secuencias volcánicas observadas en la cuenca del rio San Juan. B) y D) Aspecto macro de los depósitos observados en A y C.

- Se completó la cartografía geológica del complejo volcánico de Guadalupe, donde se desarrolló un mapa geológico preliminar del sector de Guadalupe (Ver Figura), el cual se verificará y complementará con los resultados de los datos complementarios de laboratorio.

- Se inició la preparación del informe final de la estructura de Guadalupe donde se clasifica preliminarmente como un complejo de domos, al cual se encuentran asociados una diversidad de depósitos como son importantes y complejas secuencias ignimbríticas y freatomagmáticas con una edad, dada por relaciones estratigráficas con la secuencia piroclástica Caballuna, > a 50.000 años, sin embargo, hasta el momento, no se cuenta con dataciones que permitan conocer su actividad con precisión.

Estructuras volcánicas sector Arboleda (Caldas) y Puerto Venus (Antioquia)

- Se llevó a cabo la última comisión de campo que tuvo, como objetivo principal realizar la visita y exploración de algunas de las estructuras identificadas en el 2018, como probables estructuras volcánicas, correspondientes a las descritas por Leal-Mejía (2011) en el distrito minero de Rio Dulce, en los límites de los departamentos de Caldas y Antioquia (NE y SE respectivamente), en estos trabajos se identificaron estructuras y depósitos volcánicos, en Arboleda, corregimiento de Pensilvania, Caldas, en donde se enfocó la mayor parte del trabajo en campo.

  En este sector se realizó la cartografía y la toma de muestras en la estructura denominada “La torre”, la cual, debido a sus características se interpreta como una estructura volcánica, correspondiente a una diatrema, originada por actividad freática a freatomagmatica, de una posible estructura antigua maar-diatrema. Se caracteriza por ser una estructura morfológicamente aislada con pendientes sub-verticales y solamente moderadas en su extremo Suroriental en la parte baja, La estructura en su parte inferior está compuesta por depósitos compactos y frescos, Hacia la parte media y alta de la estructura pueden observarse, cambios faciales, marcados por niveles clásticos irregulares, además de estructuras de seudo-laminacion, laminación paralela y laminación cruzada (Ver Figura), aunque debido a la verticalidad de paredes, no es posible ver se cerca y/o muestrear el depósito.

- Se reconocieron dos nuevas estructuras similares a “La Torre” (Ver Figura) en el sector de la vereda La Torre, y Puerto Venus (SE de Antioquia), donde se realizó identificación y seguimiento de depósitos, así como toma de muestras, para diferentes análisis de laboratorio, con el fin de confirmar si se tratan de estructuras volcánicas, de ser así definir su origen y relación con “La Torre”.

- Con los resultados obtenidos en los recorridos realizados, se desarrolló un mapa geológico preliminar del sector La Torre (Ver Figura), el cual se complementara con nuevas visitas a campo en el 2020 y con los resultados de los datos complementarios de los diferentes análisis de laboratorio

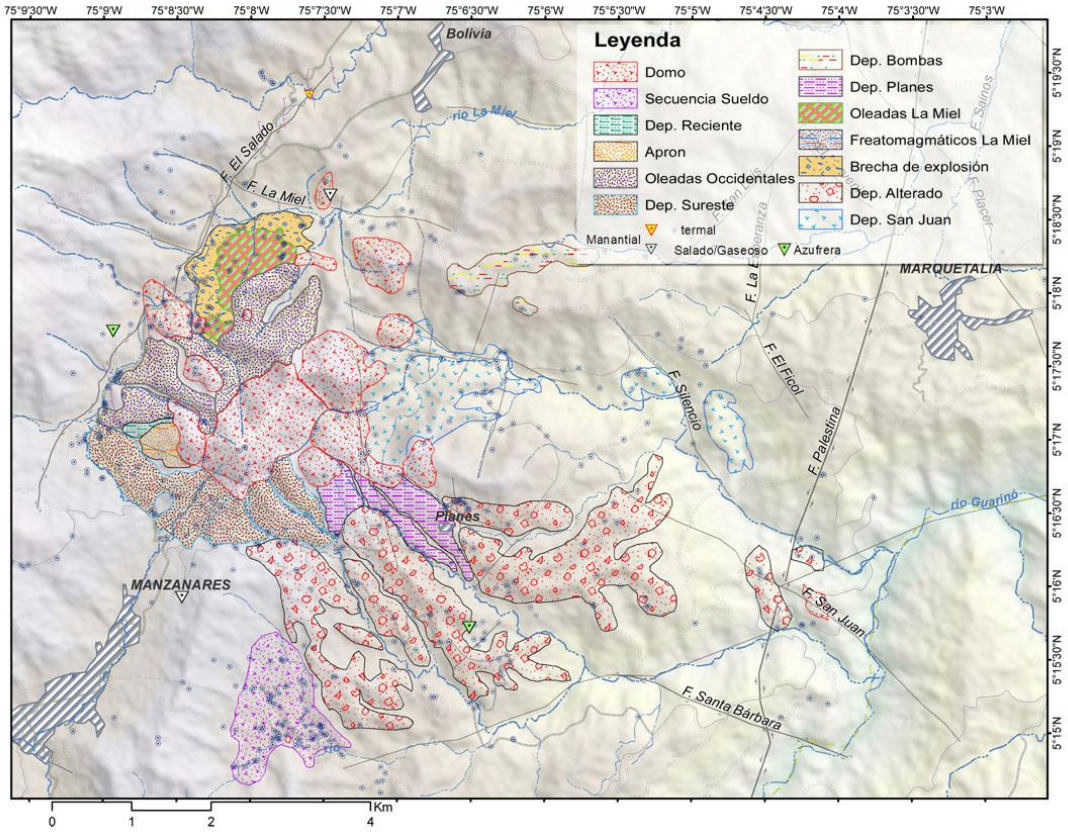


Figura 88. Mapa preliminar del sector de Guadalupe

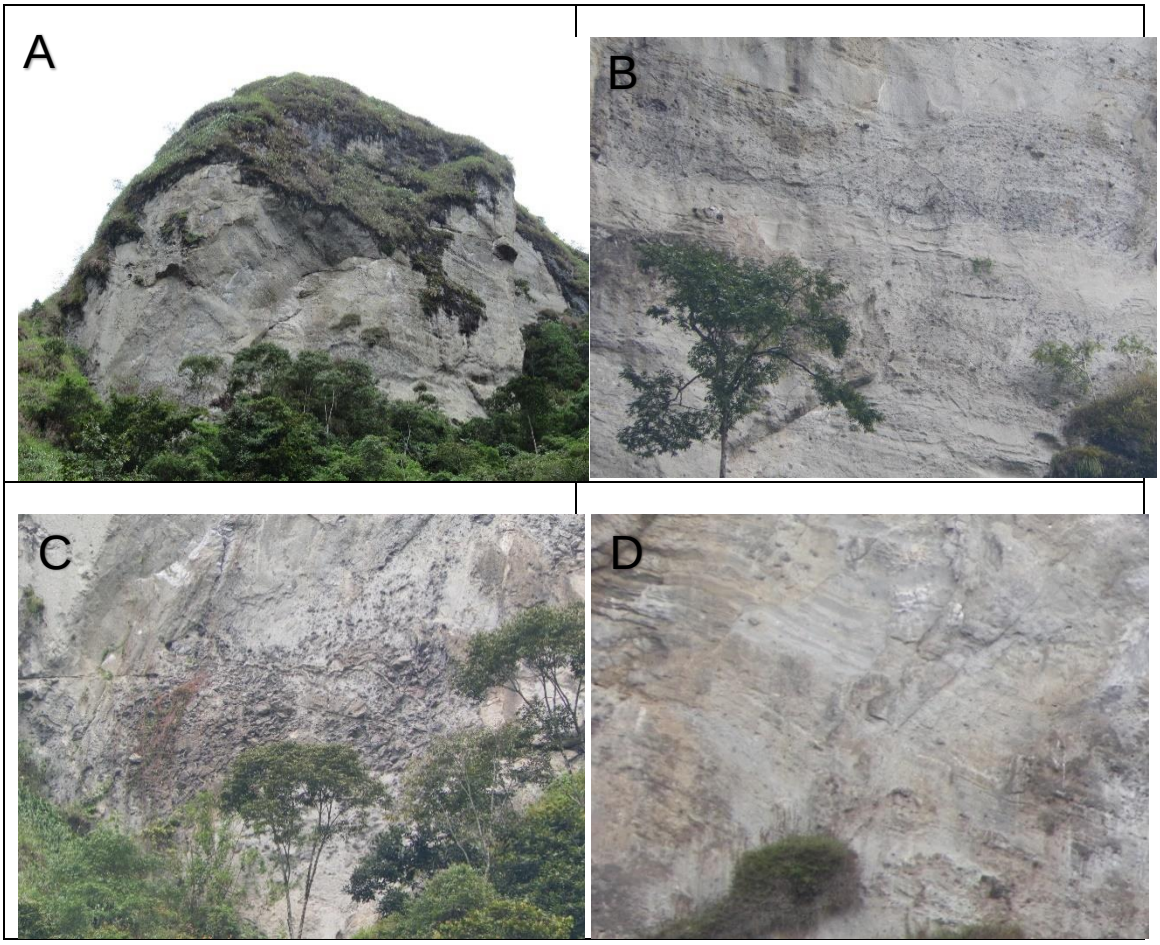


Figura 89. Imágenes de la disposición de estructuras de depositación de la estructura "La Torre" A) Panorámica de la cara NW de estructura la torre La Torre B) Laminación plana paralela, marcada por aparentes cambios de tamaño de componentes. C) Niveles clásticos irregulares, aparentemente clastos soportados de bloques. D) Laminación plana paralela, marcada principalmente por cambios de color de diferentes niveles, no es posible apreciar si se trata por cabios en tamaño de grano o por composición.

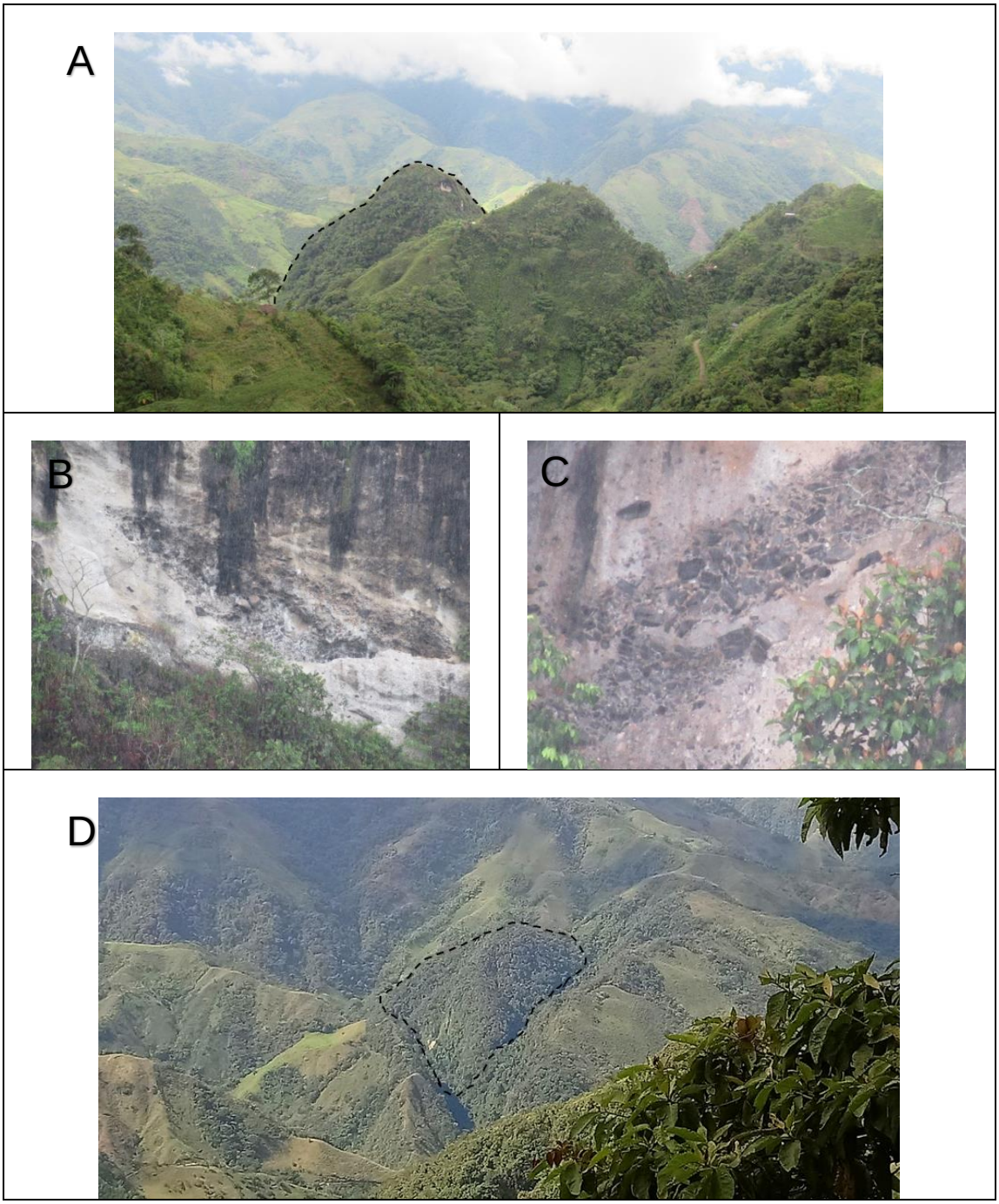


Figura 90. A) Estructura volcánica sector la torre baja B) Detalle nivel clásticos irregulares, marcados por un aparente cambio de tamaño de grano C) Detalle laminación plana paralela marcada por el cambio de tamaño de sus componentes observada en escarpes verticales en A. D) Estructura volcánica sector puerto Venus (Antioquia).

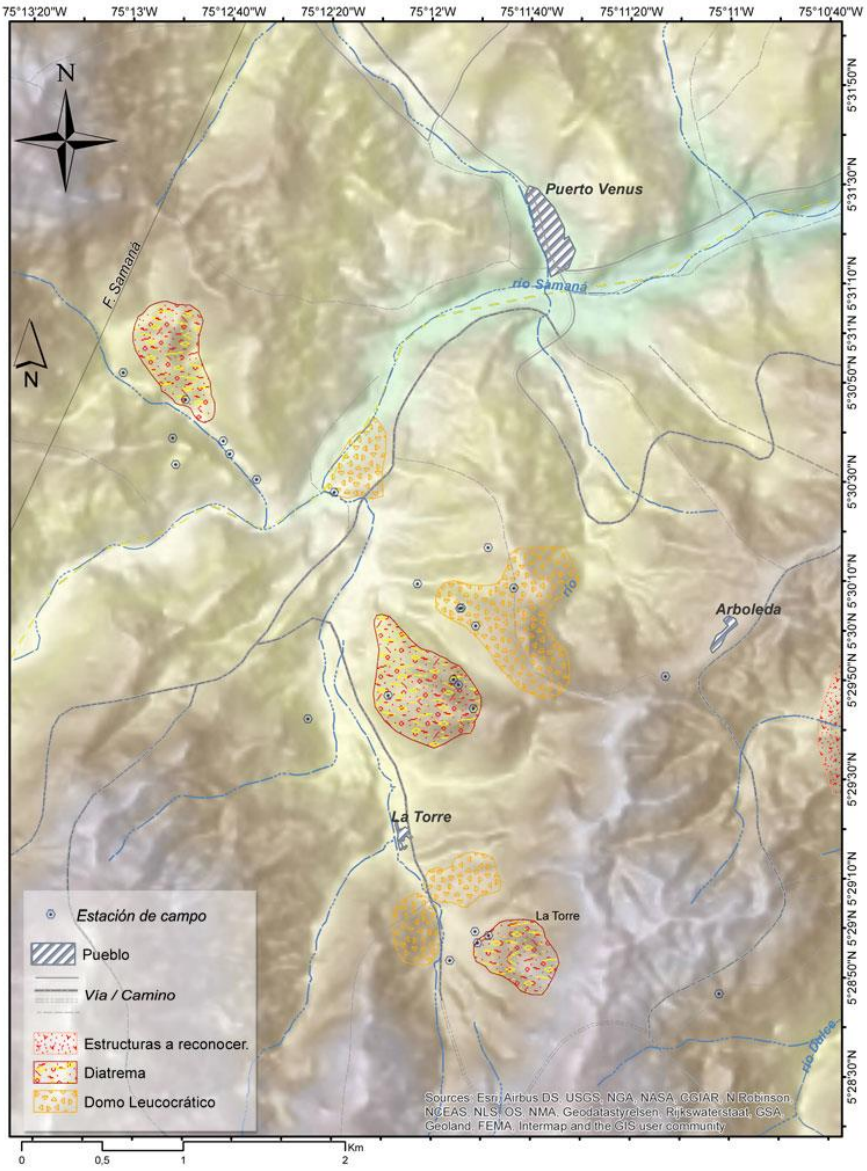


Figura 91. Mapa preliminar del sector La Torre

Secuencia piroclástica de caída caballuna

- Se realizó recorridos por algunos municipios del departamento de Cundinamarca y Boyacá, con el fin de continuar con el seguimiento y levantamiento estratigráfico de la secuencia piroclástica caballuna, en sus partes medias -distales; en dichos recorridos pudo observarse varios afloramientos, en la vía mariquita-fresno, y en los municipios de Tabio (Cundinamarca), Tunja (Boyacá) y en la vía que conduce de guaduas a Villeta (Cundinamarca) el sector del Alto del Trigo (Ver Figura), donde se levantó diferentes columnas estratigráficas, las cuales se asocian a la secuencia de

caída Caballuna. De cada uno de estos afloramientos se tomaron muestras, para análisis de componentes, petrografía (entre otros), de esta manera confirmar si se trata de niveles de esta secuencia. Se espera poder continuar con el seguimiento de esta, en futuras comisiones.

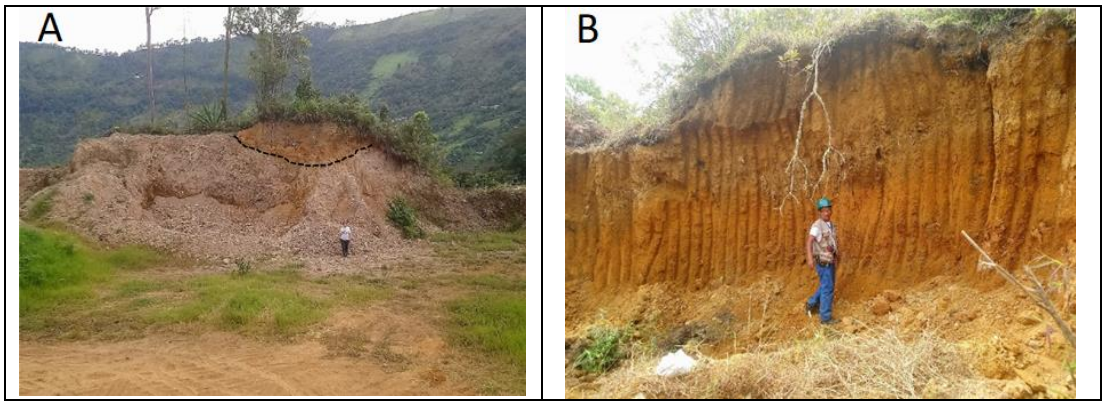


Figura 92. A) Deposito político de caída, reposando discordantemente sobre rocas del basamento, en el sector del alto del trigo. B) Detalle del depósito de caída visto en el sector del alto del trigo, se puede observar diferentes niveles, los cuales en su totalidad presentan espesores de más de 2m.

Otras actividades

- Se continuó con el complemento la base de datos, de estaciones realizadas en campo, y se elaboró el informe de campo correspondiente, se seleccionaron y prepararon las muestras para la elaboración de secciones delgadas, análisis de componentes, análisis químicos y DRX, necesarias para la caracterización, correlación e interpretación de los depósitos descritos en campo. Las muestras fueron enviadas a la dirección de laboratorios, para sus respectivos procedimientos. Se seleccionaron y prepararon las muestras de paleosuelos y carbones para datación, las muestras fueron remitidas a Bogotá para su posterior envío a la U. de Zurich.

- Se continúa con la revisión bibliográfica sobre freatomagmatísmo y vulcanismo monogenético la elaboración del informe final sobre el maar de San Diego, y la elaboración del artículo sobre el maar de Berlín.

- Se presentó el trabajo “avances en el conocimiento del vulcanismo del nororiente de caldas” en el XVII Congreso Colombiano de Geología, agosto de 2019.

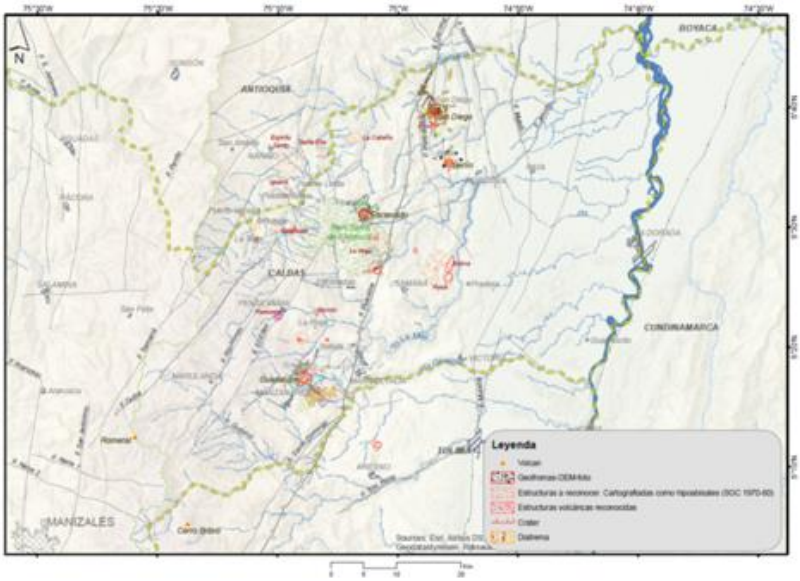


Figura 93. Mapa de estructuras del Noreste de Caldas

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

Objetivo en el 2019

Elaborar una guía metodológica de estándares para cartografía geológica en áreas volcánicas y para la presentación de columnas estratigráficas de depósitos de origen volcánico, así mismo 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.) y preparar publicaciones de tipo tanto académico como de divulgación, derivadas de los trabajos e investigaciones que realiza el GGV.

Resultado 2019

Se terminó y entregó, a la Dirección de Gestión de la Información, el informe correspondiente a “Estándares para cartografía geológica de volcanes colombianos versión 1.0”. El producto entregado incluye un documento técnico y el respectivo catálogo de objetos, de forma que se logró el cumplimiento del 100% de la meta para 2019. También se elaboró y presentó la “Propuesta de estandarización para columnas estratigráficas de volcanes”. Se hicieron y presentaron el instructivo “Codificación de estaciones, muestras y fotografías tomadas en campañas de campo de los proyectos de cartografía geológica de volcanes”; y las propuestas de modificación al instructivo institucional IN-AME-EAV-002 “Análisis de componentes de depósitos volcanoclásticos

bajo lupa binocular" y del formato F-AME-VOL-002 "Registro de análisis de componentes bajo la lupa binocular".

Descripción de productos y/o entregables 2019

El repositorio de estos productos y/o entregables, relacionados con el desarrollo de este proyecto, se encuentra en el espacio concedido al Grupo de Geología de Volcanes en los servidores institucionales identificados como geol-vol$ (\\srv-ar1) (Z:\); geogaleras (\\popayan-ar1) (X:\).

- El informe correspondiente a "Estándares para cartografía geológica de volcanes colombianos versión 1.0".
- Un catálogo de objetos perteneciente a "Estándares para cartografía geológica de volcanes colombianos versión 1.0"
- Una carta de colores perteneciente a "Estándares para cartografía geológica de volcanes colombianos versión 1.0".
- Una base de datos correspondiente a "Estándares para cartografía geológica de volcanes colombianos versión 1.0". Para este modelo se utilizan los formatos oficiales, facilitados por el grupo de suministros de la información del SGC.
- Propuestas de documentos internos corregidos (instructivos de procesos internos de geología de volcanes.
- Manuscritos de artículos científicos y propuestas editoriales.

Actividades técnicas desarrolladas en 2019

Entre las diferentes labores llevadas a cabo por el Grupo de Geología de Volcanes, que conllevaron al cumplimiento de la meta establecida para 2019 se destacan las siguientes actividades:

- Durante el 2019 el proyecto avanzó en sus tres principales frentes de actividades: 1. Validación de la propuesta de guía de estándares para cartografía geológica de volcanes, 2. Preparación de nuevas propuestas para otros estándares (geología de volcanes) y para otros documentos relacionados, y 3. Elaboración de manuscrito(s) de artículo(s) para su futura publicación.

Dentro del proceso de validación del estándar de cartografía geológica en volcanes, se realizaron actividades para la divulgación y socialización de la propuesta, que incluyeron:

- Realización de pruebas de impresión de mapas con el fin de probar las tonalidades de los colores y los tamaños de los diferentes *styles* propuestos, con lo cual se pudo realizar ajustes en la plantilla de la salida gráfica de mapas.

- Invitación a revisar la propuesta por parte de revisores idóneos, tanto internos como externos al SGC, en donde se incluyeron profesores de universidades colombianas, directores técnicos y profesionales con experiencia en vulcanología y cartografía del SGC.

- Una vez recibidas las observaciones de los revisores que respondieron a la invitación se inició la fase de análisis de las observaciones con el fin de enriquecer la propuesta.

- Reuniones técnicas con profesionales del SGC, así: a) con el Grupo de Gestión de la Información, para actualizar y hacer ajustes de codificación en el catálogo de objetos, en la estructura de la geodatabase de la propuesta y para generar y desarrollar un modelo lógico de toda la estructura de la geodatabase; y en otras reuniones con este mismo grupo se analizó la estructura del catálogo de objetos institucional y el rol del grupo geología de volcanes dentro de esta estructura; con base en ello se definió el catálogo de objetos Geología de volcanes que contiene los temas: Geología, Geomorfología y Misceláneos. Estos temas hacen parte de la estructura general de estándares para cartografía geológica del SGC (en preparación). b) con personal de los grupos de trabajo de Geotermia y de Cartografía e Investigación Geológica y Geomorfológica, con el fin de unificar los símbolos temáticos respectivos; y c) con integrantes de la Dirección de Geoamenazas para la discusión relativa al contenido y simbología de la propuesta de estándar.

- Se realizaron actualizaciones a la carta de símbolos, la plantilla del mapa y en la descripción temática para el catálogo de objetos y *geodatabase*, teniendo en cuenta algunas recomendaciones de los revisores. Asimismo, se complementó el documento a partir de una revisión bibliográfica complementaria.

- Se efectuaron reuniones técnicas de los integrantes del GGV (virtuales y presenciales) para discutir, revisar, corregir y ajustar la propuesta de estándares para cartografía geológica de volcanes colombianos.
- Se consolidó la propuesta final de “Estándares para cartografía geológica de volcanes colombianos versión 1.0” que consta de manuscrito de la propuesta, catálogo de objetos, *geodatabase* (Ver Figura), simbología y ejemplo de salida gráfica aplicada al Complejo Volcánico Paramillo de Santa Rosa (Ver Figura). La cual fue entregada al Grupo de Gestión de la Información.

- En cuanto a la preparación de nuevas propuestas para otros estándares de geología de volcanes, se avanzó en la revisión y re-edición del informe “Propuesta de estandarización para columnas estratigráficas de volcanes” con el fin de generar el estándar para la salida gráfica de columnas estratigráficas de productos volcánicos.

- Adicionalmente se elaboraron el instructivo “Codificación de estaciones, muestras y fotografías tomadas en campañas de campo de los proyectos de cartografía geológica de volcanes”, y las propuestas de modificación del instructivo institucional IN-AME-EAV-002 “Análisis de componentes de depósitos volcanoclásticos bajo lupa binocular” y del formato F-AME-VOL-002 “Registro de análisis de componentes bajo la lupa binocular” (Ver Figura).

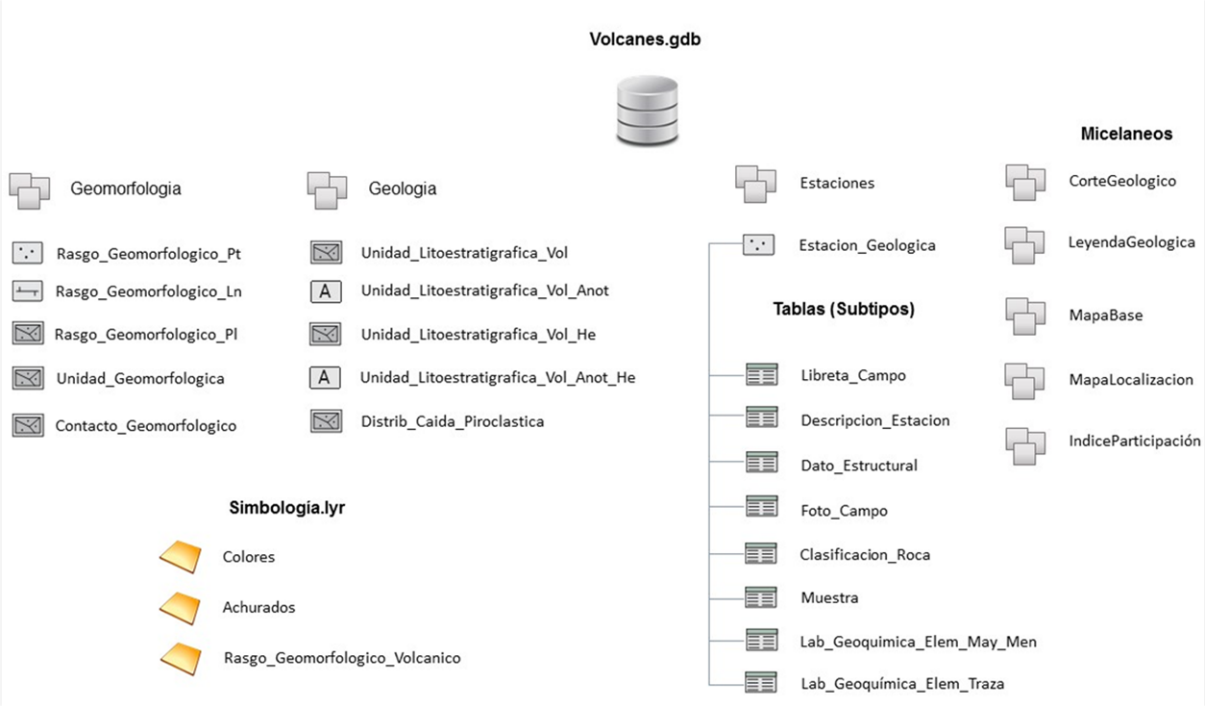


Figura 94. Estructura de *file-geodatabase* asociada al estándar cartográfico para geología de volcanes

- Se efectuaron los cambios sugeridos por parte de la Dirección de Gestión de la información respecto al instructivo “Codificación de estaciones, muestras y fotografías tomadas en campañas de campo de los proyectos de cartografía geológica de volcanes”. Se inició la oficialización de dicho documento.

- Se culminó la revisión y edición del instructivo “Análisis de componentes de depósitos volcanoclásticos” que posteriormente fue remitido al Director de Geociencias Básicas para su socialización con otros integrantes de la Dirección y con la Dirección de Geoamenazas, para que sea colocado en la plataforma institucional Isolución.

- Además se elaboraron manuscrito(s) de artículo(s) que se presentaron en el XVII Congreso colombiano de Geología 2019: 1) Propuesta de estandarización para columnas estratigráficas de volcanes. 2) Avalanchas pleistocénicas del Complejo volcánico Paramillo de Santa Rosa. 3) El origen de las lagunas del río Otún (el Otún,

María Pardo y el Mosquito) y su relación con eventos volcánicos. 4) Aplicación de técnicas geomorfométricas para el análisis paleotopográfico del Complejo volcánico Galeras (Ver Figura). Adicionalmente, se presentaron dos propuestas editoriales, que corresponden a un libro sobre los volcanes de Colombia y a un atlas petrográfico de volcanes colombianos (Ver Figura).

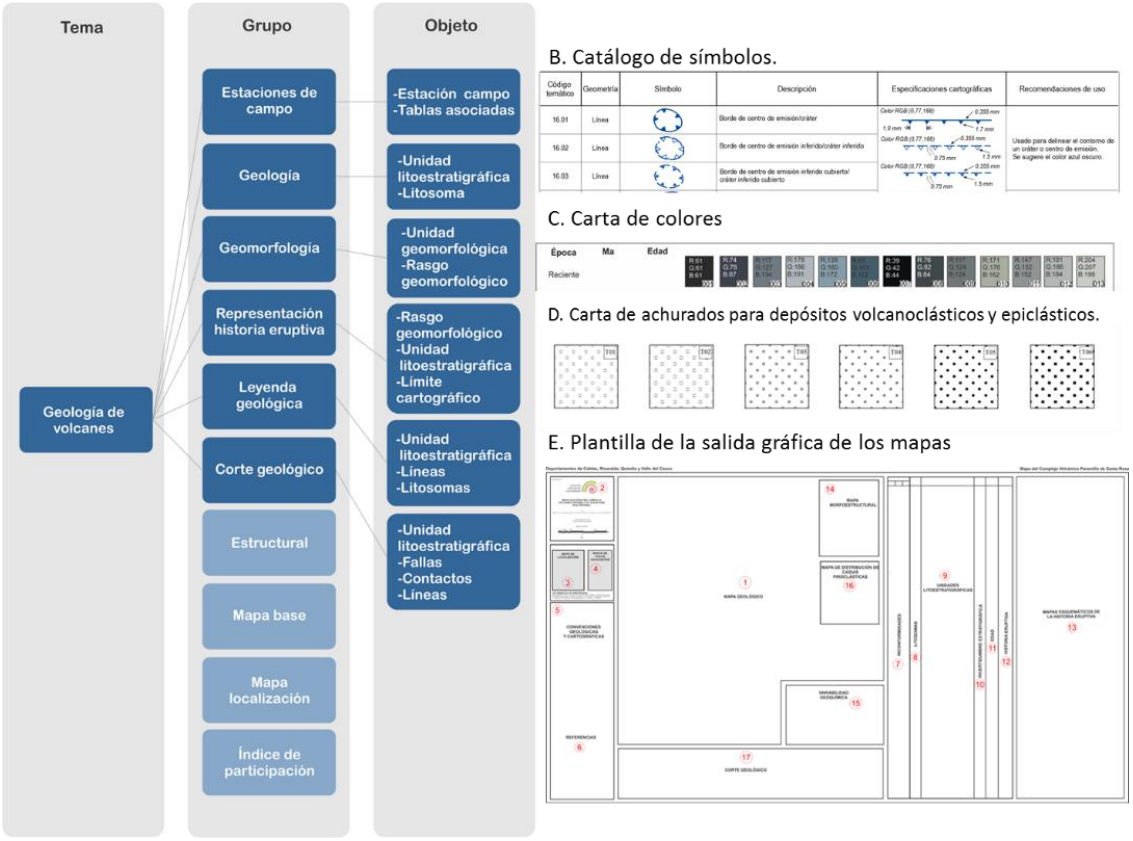


Figura 95. Catálogo de Objetos y ejemplos de otros elementos del "Estándar para la cartografía geológica de volcanes colombianos" elaborada por el GGV (vista parcial).



Figura 96. Avance de documentos de otros estándares para geología de volcanes

- Por último, se participó en la "Convocatoria Nacional para el reconocimiento y medición de grupos de investigación, desarrollo tecnológico o de innovación y para el reconocimiento de investigadores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación-2018" de Colciencias, con el “Grupo de investigación Geología de Volcanes” que fue clasificado en Categoría C.

Hitos relacionados con actividades técnicas reportados en Plan View

- Guía de estándares corregida y ajustada
- Propuestas de documentos internos corregidos.
- Borradores finales de propuestas de manuscritos.



Figura 97. Participación del GGV en el XVII Congreso colombiano de Geología 2019

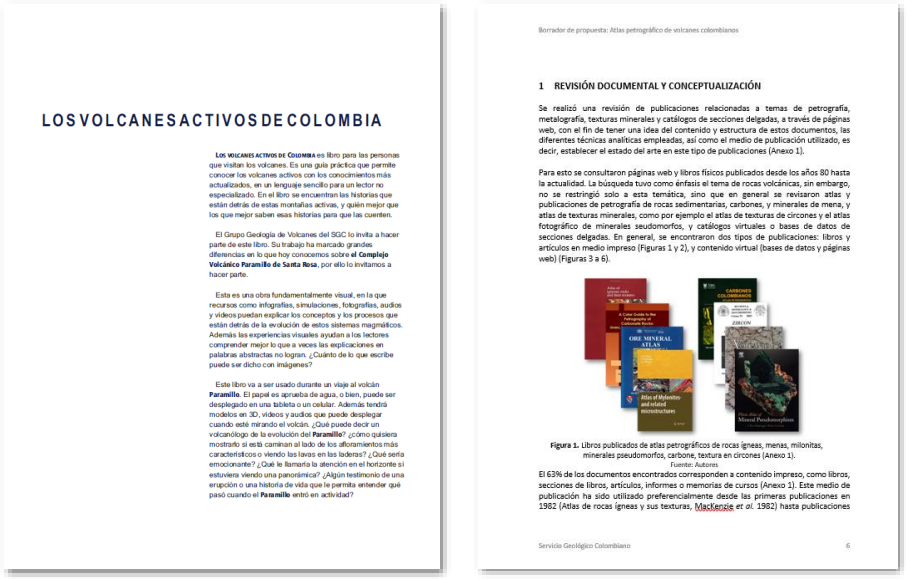


Figura 98. Avance en la propuesta editorial para un libro sobre volcanes de Colombia

1.4.5 Cartografía geológica e Investigación geológica y geomorfológica en Colombia

Proyecto de Gestión 1001088: Investigación marítima, costera e insular.

Objetivo general

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.

Objetivos específicos

- Generar un documento de diagnóstico de información geocientífica existente para la zona insular (San Andrés, Providencia y Santa Catalina).
- 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.
- Generar cartografía temática geocientífica de la zona de estudio, a partir de la información existente y adquirida en el marco del proyecto.
- 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.
- Realizar publicaciones y adelantar actividades de apropiación y socialización del conocimiento
- adquirido en el marco del proyecto.

Avances

Se está elaborando el inventario, compilación, evaluación y diagnóstico de la información geocientífica disponible de la Zona A del Polígono 1, en las planchas 11, 17 y 18, (ver Figuras). Se compilaron y categorizaron 84 documentos con la información de los diferentes repositorios, los criterios usados para su diagnóstico fueron: pertinencia, fiabilidad, actualidad y calidad; como resultado se obtuvo tres categorías con importancia alta, media y baja. La categorización de los documentos facilitó la búsqueda de información por temáticas o áreas de estudio como tectónica, estratigrafía, amenazas, geofísica, entre otros.

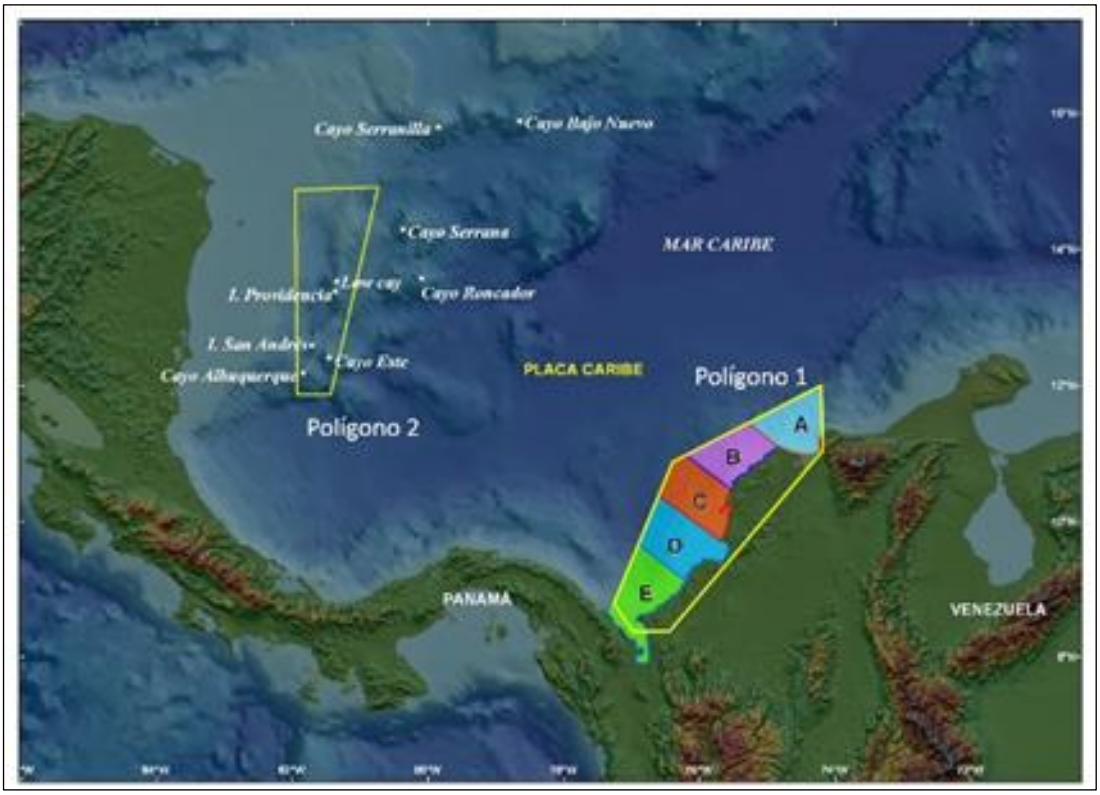


Figura 99. Localización del Polígono 1 del proyecto.

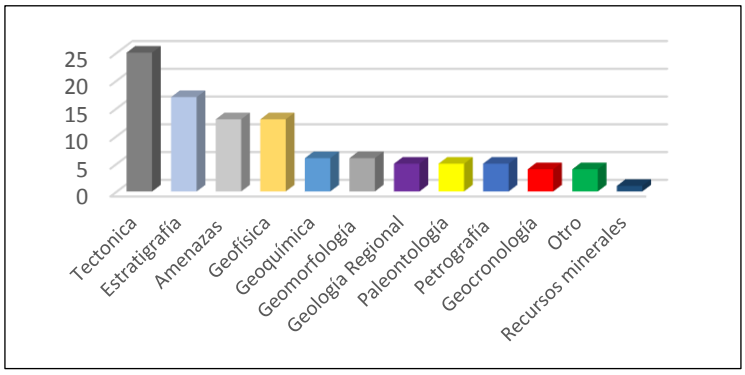


Figura 100. Compilación de información temática

- En desarrollo del Convenio 027 de 2018 firmado entre SGC-DIMAR, se han adelantado labores de levantamiento del subsuelo marino por medio de batimetría en las Zonas A y B del polígono 1, en la zona A la cobertura es del 98% y para la zona B es del 58%, (ver Figura).

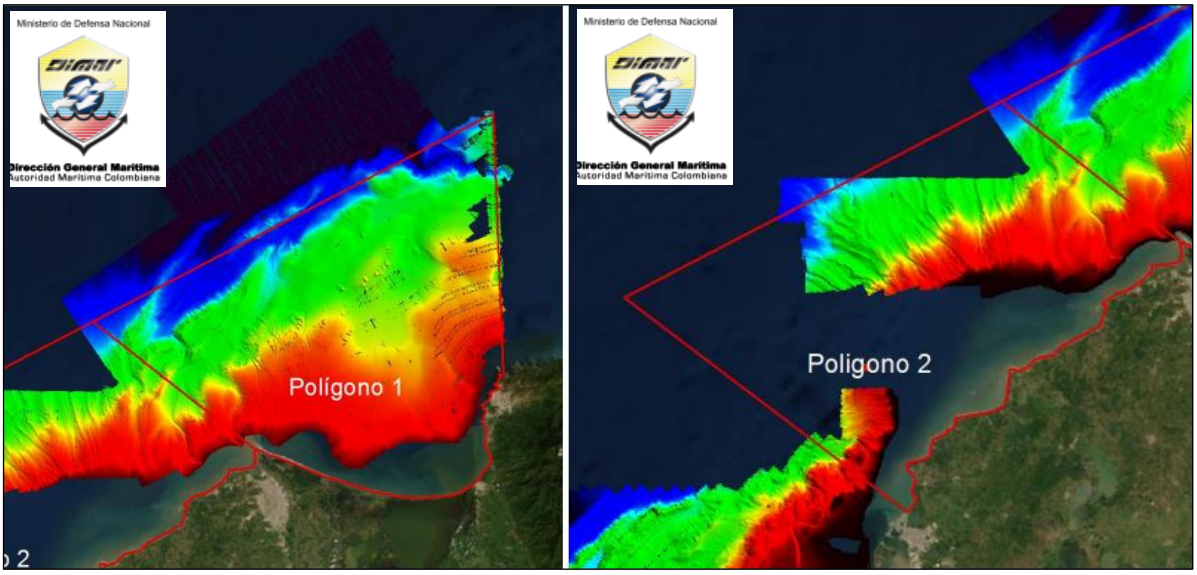


Figura 101. Levantamiento batimétrico profundo (fuente DIMAR, 2019).

- Se realizó el inventario de información existente en el Banco de Información Petrolera-BIP para las zonas A y B del polígono 1, se cuenta con los datos de 87 pozos (15 offshore y 72 onshore) y 88 líneas sísmicas 2D, cargadas en PETREL, (ver Figura).

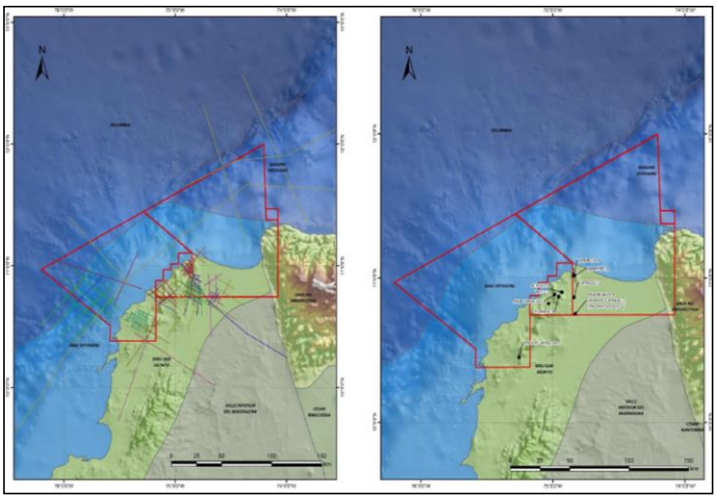


Figura 102. Localización de información sísmica y de pozos.

- Para la generación de cartografía temática geocientífica de la zona de estudio, se han consultado e integrado mapas geológicos existentes, también se continua con la interpretación de imágenes de sensores remotos para las áreas asignadas. (Ver Figura).

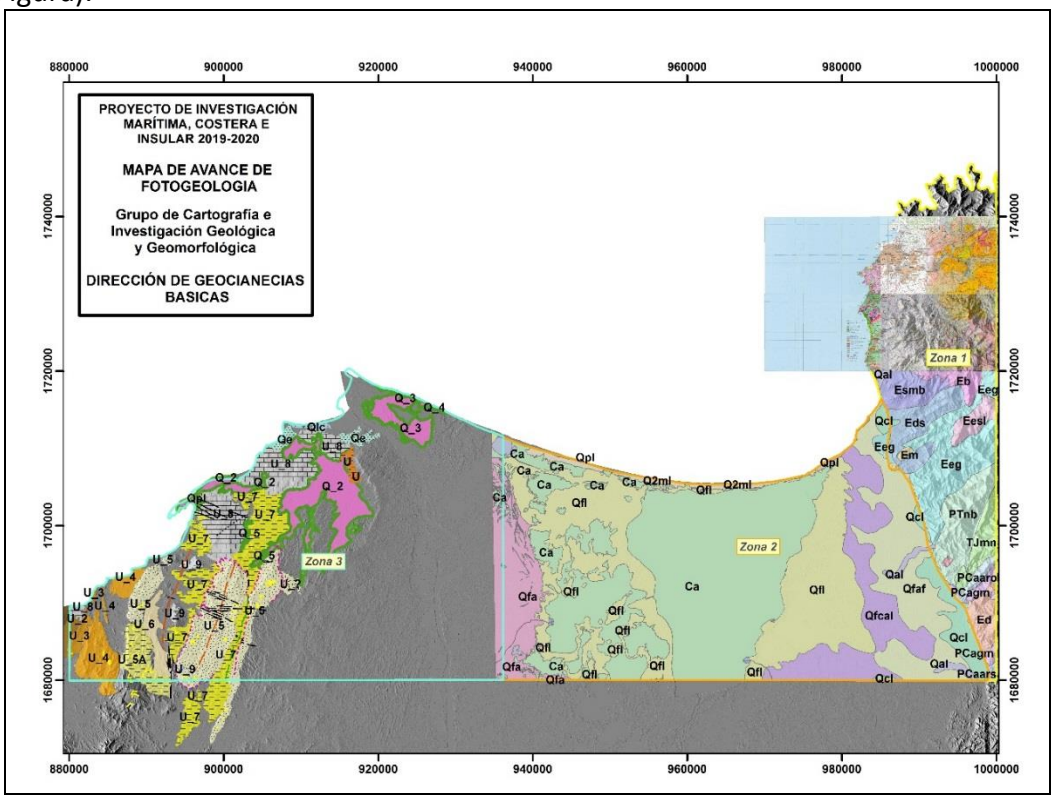


Figura 103. Avance del Mapa Fotogeológico a 2019.

- Se desarrollaron tres comisiones de campo que incluyen actividades de Gestión de Socialización, en la cual se han cursado los debidos permisos ante las autoridades

civiles y militares, Parques Nacionales Naturales y autoridades tradicionales (resguardos y comunidades indígenas), para el ingreso del personal del SGC. (Ver Figura).

- Se realizó salida de campo para entrenamiento en puesto de trabajo, para adquisición de información geológica, estratigráfica y estructural, ver Figura.
- Se realizó salida de campo para adquisición de información geocientífica, (ver Figura)



Figura 104. Reuniones de socialización

a) Gobernación de Magdalena, b) Oficina de Planeación de la alcaldía de Remolino, c) Oficina de planeación y Gestión del Riesgo en Zona Bananera, d) Municipio de Tubará, e) Municipio de Juan de Acosta, f) Dirección General Marítima en Barranquilla, g) Casa Indígena en Santa Marta, h) INVEMAR en Santa Marta, i)

Alcaldía de Barranquilla, j) Parques Naturales Nacionales en Santa Marta, Casa indígena en Tubará, k) Alcaldía municipio de Malambo.

b)



Figura 105. Entrenamiento en puesto de trabajo, a) Grupo de trabajo, b) Arrecifes coralinos.



Figura 106. Secuencia sedimentaria de las formaciones a) Tubará y b) LaPopa.

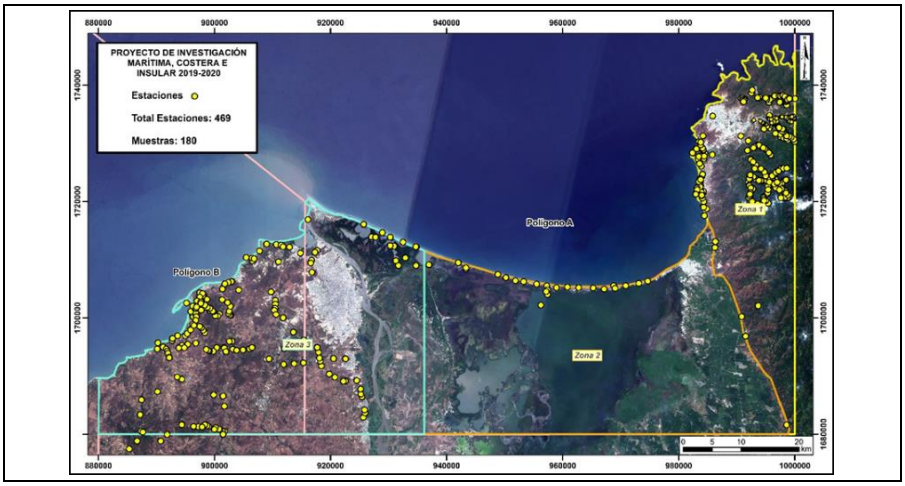


Figura 107. Estado de la cartografía que incluye 469 estaciones y toma de 180 muestras de roca.

- Bajo el marco del convenio con la DIMAR, el Grupo de Investigaciones Geodésicas Espaciales realizó la instalación de cinco (5) estaciones GNSS, dos (2) en los cayos Serrana y Roncador, una (1) en Barranquilla, una (1) en Santa Marta y una (1) en Valledupar, las cuales contribuirán a entender mejor la dinámica de la Placa Caribe, (ver Figura).



Figura 108. Instalación de estaciones GNSS en el Cayo Roncador (izquierda) y Cayo Serrana (derecha).

- Se realizaron las conexiones geodésicas a mareógrafos desde estaciones permanentes y estaciones de campo, en los mareógrafos del CIOH de Cartagena, Puerto Velero, Santa Marta, Ballenas, Barranquilla e Isla Naval, con el fin de verificar el comportamiento vertical de los mareógrafos y establecer su incidencia en la determinación de los niveles del mar.

Productos y/o entregables (parciales y finales).

- Memoria del Primer Taller de Intercambio de Conocimientos, desarrollado en las instalaciones de la DIMAR-Cartagena, el documento contiene 20 resumes de ponencias. Con base en las presentaciones se planteó su publicación e incluirla dentro de las categorías establecidas por el SGC, y para ello se hizo un primer acercamiento con personal del Comité Editorial del SGC, quienes realizaron una revisión general y recomendaron ajustes a las presentaciones, para que cumplieran con los estándares establecidos por el dicho Comité.
- Informe de Gestión de Socialización del proyecto.
- Informe diagnóstico de recopilación repositorio AAPG.
- Informes Técnicos de comisión.
- Mapas de campo.



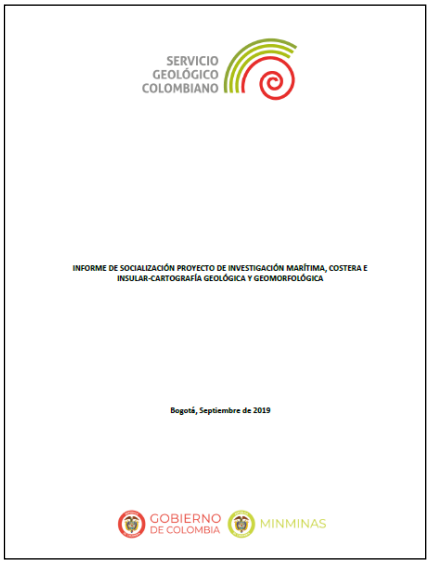


Figura 109. Memoria del Taller de Intercambio de conocimientos e Informe de Socialización.

Proyecto de Gestión 1000782: Granitoides Cretácicos del Occidente Colombiano - Fase Plutón de Mistrató- Escala 1:25.000.

Objetivo General

- Realizar la cartografía geológica detallada a escala 1:25.000 y análisis petrográficos del Plutón de Mistrató, las Rocas Máficas y Ultramáficas de Anserma y Belén de Umbría y los Basaltos tipo Barroso y caracterizar el tipo de deformación presente en estas rocas y en las de protolito sedimentario tipo Urrao.

Objetivos Específicos

- Realizar la cartografía geológica y geomorfológica detallada de 6 planchas en escala 1:25.000 (186-III-C, 205-I-A, 205-I-B, 205-I-C, 205-I-D, 205-III-A).
- Efectuar la caracterización petrográfica de las unidades: Plutón de Mistrató, Ultramafitas de Puente Umbría, Gabro Uralítico de Belén de Umbría, Gabro de Anserma, Formación Barroso y Formación Penderisco.
- Determinar las características de la deformación con base en datos de campo y microtectónica en sección delgada (en rocas de interés).
- Definir el listado de necesidades analíticas para poder realizar análisis geoquímicos, geocronológicos, química mineral – SEM y anisotropía de susceptibilidad magnética para vigencias futuras.

Avances

- Ejecución de la comisión de socialización del proyecto con visita a las alcaldías y autoridades policiales de los municipios localizados en la zona de estudio. Así mismo, se realizó la socialización con las comunidades indígenas.
- Se recopiló información cartográfica analógica y digital, así como información bibliográfica y se realizó un informe preliminar de trabajos anteriores.
- Se cargó en ArcGis la geodatabase digital del proyecto con la información cartográfica base.
- Se realizó la interpretación y delimitación de unidades geomorfológicas con base en el DEM de 12.5m; y se avanzó en la fotointerpretación y su restitución digital.
- Se adelantaron labores de campo de cartografía geológica detallada a escala 1:25.000, en las planchas 205-I-B, 205-I-C y 205-I-D. Realizando recorridos por quebradas, vías y caminos veredales. Se tomó información litológica, estructural y geomorfológica de las unidades: Rocas Máficas y Ultramáficas de Belén de Umbría, Plutón de Mistrató, Gabro de Anserma, Formación Barroso, Formación Combia; se identificaron nuevos cuerpos de pórfidos, y la presencia de ceniza volcánica reciente, no reportadas a la fecha. Se precisaron los contactos entre unidades de roca, con respecto a los reportados en trabajos anteriores. Se tomaron muestras para petrografía, geoquímica y geocronología.
- Se organizó el material colectado en campo y se cortaron 77 muestras, con lo cual se obtuvieron las tabletas que se enviaron al laboratorio de secciones delgadas de Bogotá.
- Se enviaron 11 muestras para datación por el método Ar-Ar.
- Se actualizó la base de datos (Libro índice) con la información colectada en el trabajo de campo.
- Se realizaron los informes de campo de la primera comisión, y se están generando los de la segunda comisión.

Productos y/o entregables (parciales y finales)

- Mapas escalas adecuadas (25 K)
- Documento (Informe técnico)
- Jornadas de apropiación social del conocimiento.

Proyecto 1000722: Cartografía Geológica Orinoquía y/o Amazonía

Objetivo general

- Elaborar la cartografía geológica de un área piloto en el territorio de la Orinoquía y/o Amazonía, para determinar la nueva escala de trabajo, en áreas planas, selváticas, de

difícil acceso, con pocos afloramientos rocosos y sin infraestructura logística para adquisición de información.

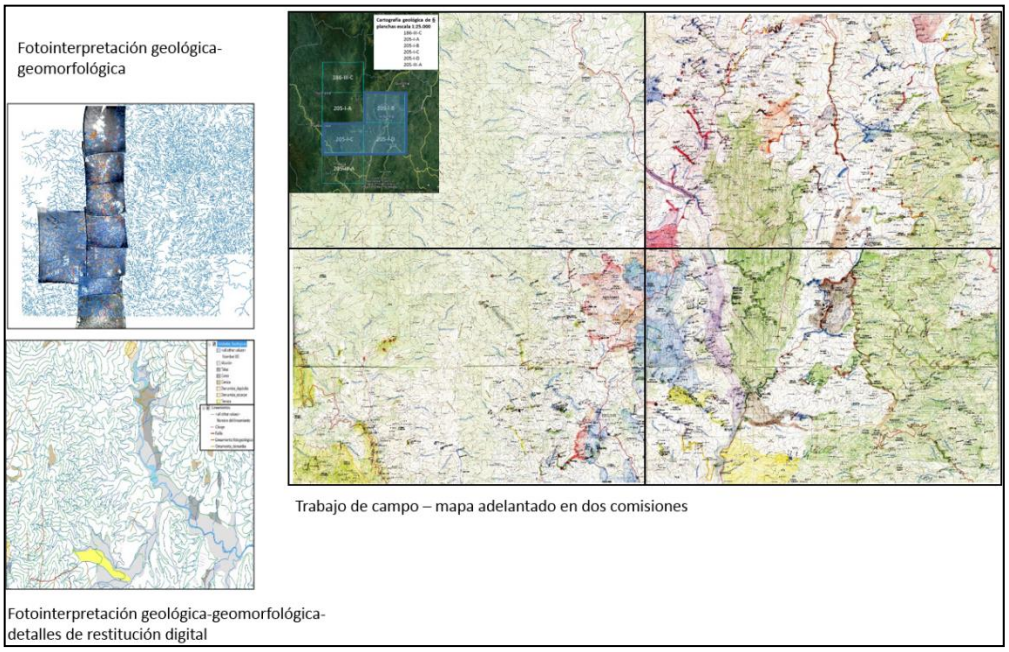


Figura 110. Avances de actividades Granitoides del Occidente Colombiano –Fase Plutón de Mistrató

Objetivos específicos

- Realizar la compilación, evaluación y análisis de información geocientífica disponible en el área de estudio (sensores remotos, fotointerpretación, aerogeofísica, información sísmica y de pozos, entre otros).
- Realizar un informe de diagnóstico con la totalidad de información recolectada.
- Generar los mapas fotogeológicos e informes a partir de la interpretación de sensores remotos e integración de la información de aerogeofísica.
- Seleccionar la nueva escala de trabajo para el levantamiento cartográfico de campo.
- Efectuar la gestión de socialización requerida para el buen desarrollo del proyecto y generar un ambiente de trabajo propicio.
- Realizar la cartografía geológica mediante trabajos de campo en el área seleccionada, principalmente a lo largo de ríos, quebradas, caños, vías, caminos, filos y transectos que permitan la cobertura del área.
- Elaborar los mapas y memorias técnicas, que incluyan: análisis de laboratorio, procesamiento, interpretación e integración de resultados.

Avances

- Se realizó la compilación, evaluación de información geocientífica disponible en los diferentes repositorios, se han compilado y categorizado 139 documentos.

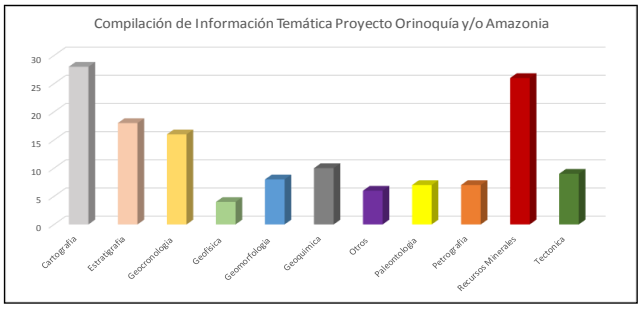


Figura 111. Compilación de información temática

- Se realizó una comisión de socialización, que abarcó el sur del municipio de Taraira-Vaupés hasta el río Apaporis al igual que al sur del río Caquetá en La Pedrera-Amazonas. Como recomendación se requieren autorizaciones de ingreso por parte de las autoridades tradicionales indígenas.

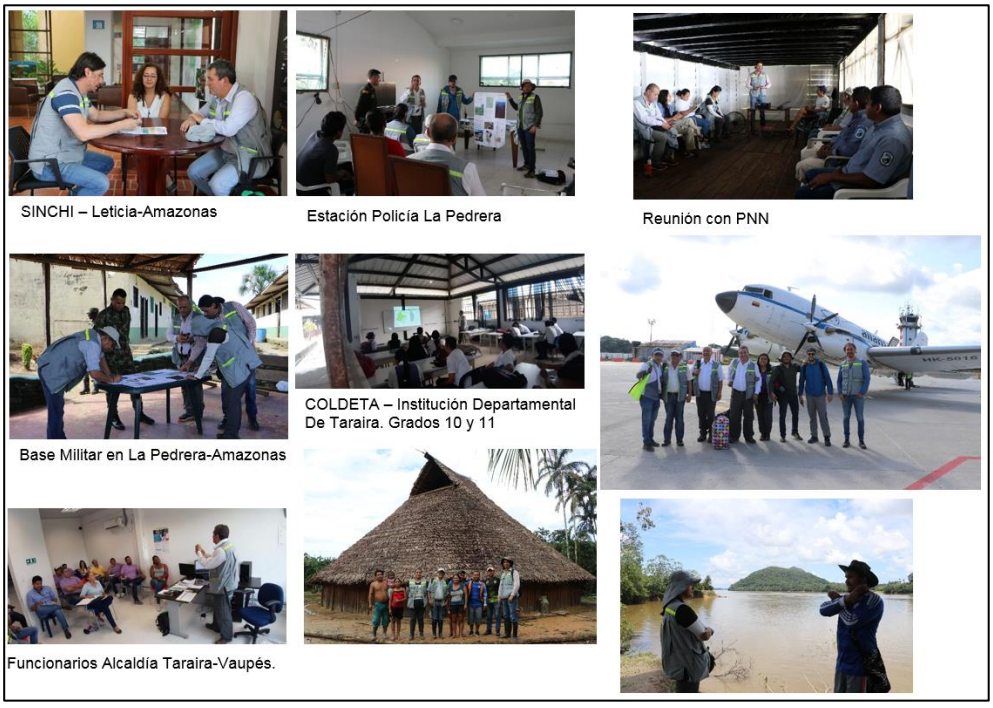


Figura 112. Gestión de socialización para el proyecto Cartografía Geológica.

- Se está realizando la interpretación de imágenes de satélite (sentinel 1 y 2, LANSADT 8, DEM), dado que para la zona de estudio no se cuenta con fotografías aéreas. Se cuenta con el mapa fotogeológico preliminar escala 1:100K, (ver Figura).

- De manera preliminar y de acuerdo con la exposición de las rocas en la selva amazónica, se propone como nueva escala de trabajo 1:250K.

- Se firmó un Memorando de Entendimiento-MOU, con el Servicio Geológico de Brasil-CPRM, el cual se encuentra en desarrollo.

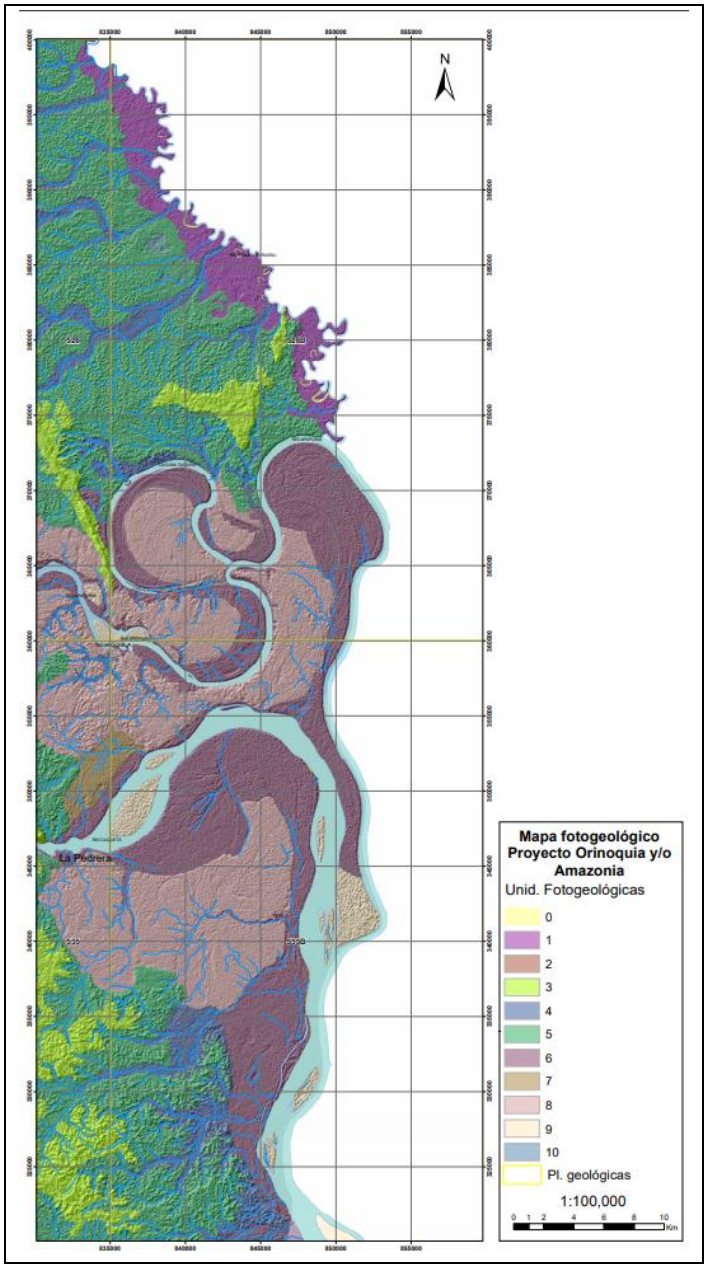


Figura 113. Mapa Fotogeológico preliminar

- Se realizó salida de campo para adquisición de información geocientífica, se tomaron 35 estaciones de campo al sur del río Caquetá.

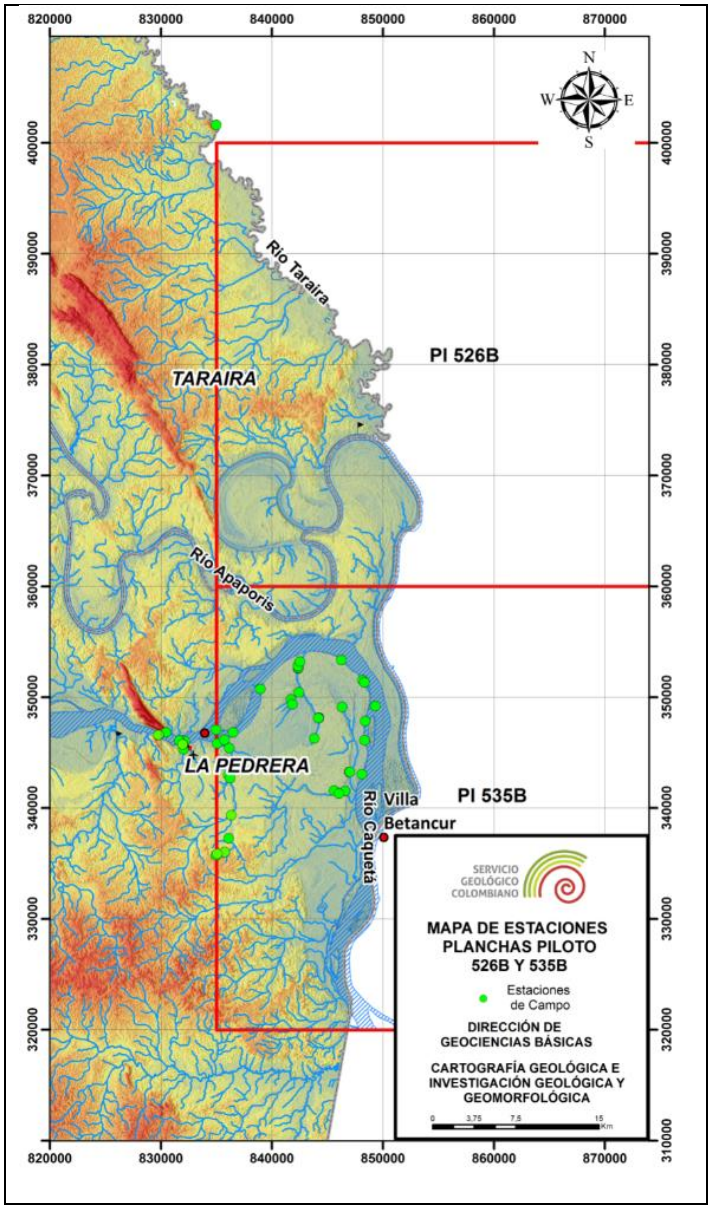


Figura 114. Mapa de estaciones de campo.

Productos y/o entregables (parciales y finales).

- Documento diagnóstico de la información geocientífica recopilada.
- Base de datos (Libro índice) con la información colectada en el trabajo de campo.
- Informes de campo.
- Libreta digital.
- Anexo fotográfico.

- Mapa fotogeológico preliminar a escala 1:100.000 correspondiente a las planchas 526B y 535B (1.046 km²)

1.4.6. Transectas geológicas del antearco al antepaís a través de orógeno acrecionario colombiano

Proyecto de Gestión 100667: Evolución Geológica de la Cordillera Central

Gerente del Proyecto: Jorge Gómez Tapias

O**bjetivo**

Avanzar en el conocimiento de la historia evolutiva de la cordillera Central de Colombia empleando métodos de análisis químicos, geocronológicos y termocronológicos en muestras de roca colectadas en unidades geológicas de interés. Los avances descritos a continuación se llevaron a cabo durante el 2019.

- Elaboración de un informe de alcance del proyecto a partir de la revisión bibliográfica del contexto geológico regional y local de la cordillera Central, así como de las zonas delimitadas como objeto de estudio. En el informe se hace énfasis en trabajos recientes que apoyan la justificación del problema de investigación y sirven como punto de partida para las hipótesis de trabajo.

- Determinación de la fertilidad de circón de 22 muestras seleccionadas para datación.

- Preparación de muestras para análisis de datación U–Pb en circón de las probetas CC–06 (muestras JGT–2510, JGT–2512 y JGT–0287), CC–07 (muestras: JGT–2574C, JGT–2565, JGT–2570, JGT–2560B y JGT–2589) y CC–08 (muestras: DMCM–10, JGT–2559, JGT–2586, JGT–2594 y CM–154). En esta etapa se incluyen procedimientos de *picking* o selección manual de circones (Ver Figura), montaje, pulimiento y obtención de imágenes de catodoluminiscencia. Una vez obtenidas las imágenes de catodoluminiscencia, se seleccionaron los puntos de ablación láser en los circones, evitando fracturas, inclusiones de minerales con uranio y demás defectos de los cristales (Ver Figura).

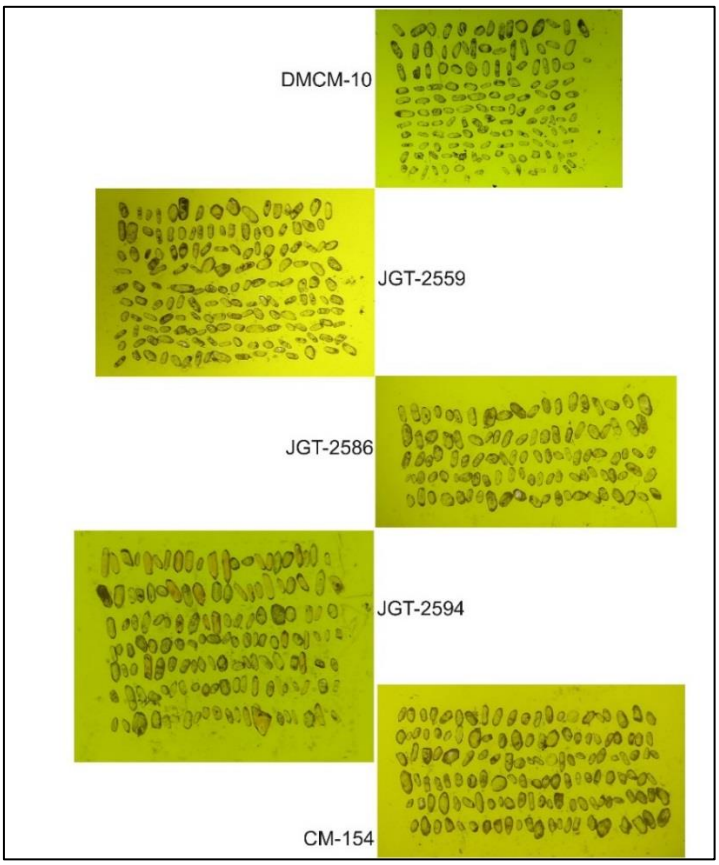


Figura 115. Probeta CC–08 con circones para dataciones U–Pb.

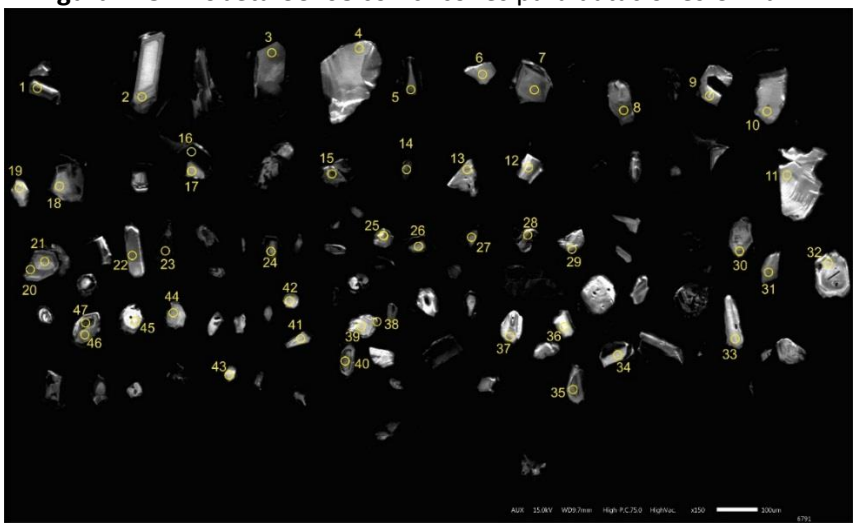


Figura 116. Selección de puntos para ablación láser en imagen de catodoluminiscencia en la muestra JGT–2512 de la probeta CC–06.

- Realización de una comisión de 5,5 días del 18 al 23 de marzo de 2019 a los municipios de Calarcá e Ibagué. El objetivo de la comisión fue el reconocimiento y muestreo de unidades geológicas en la zona de estudio (alrededores de Ibagué): quebradas El Escobo y Monte Bonito, afluentes del río Cocora; río Coello, cuenca del río Combeima y visitas puntuales entre la carretera Ibagué–Calarcá (Ver Figura).

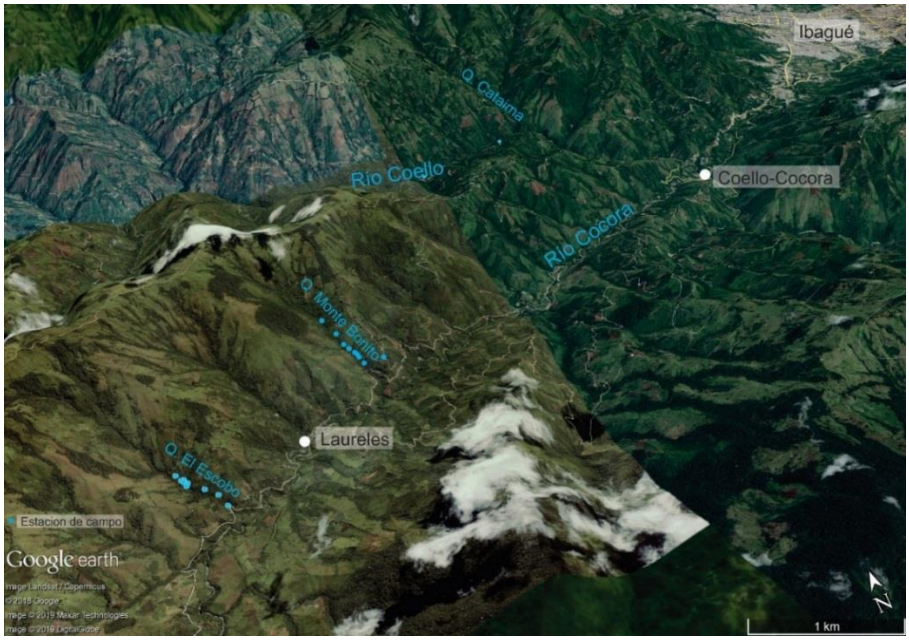


Figura 117. Estaciones de la comisión realizada en marzo de 2019.

- Tratamiento de resultados de los análisis geoquímicos en roca total de 35 muestras colectadas en núcleos de perforación del Túnel de la Línea. Los datos son representados en diagramas de clasificación considerando los elementos mayores y menores (Ver Figura).

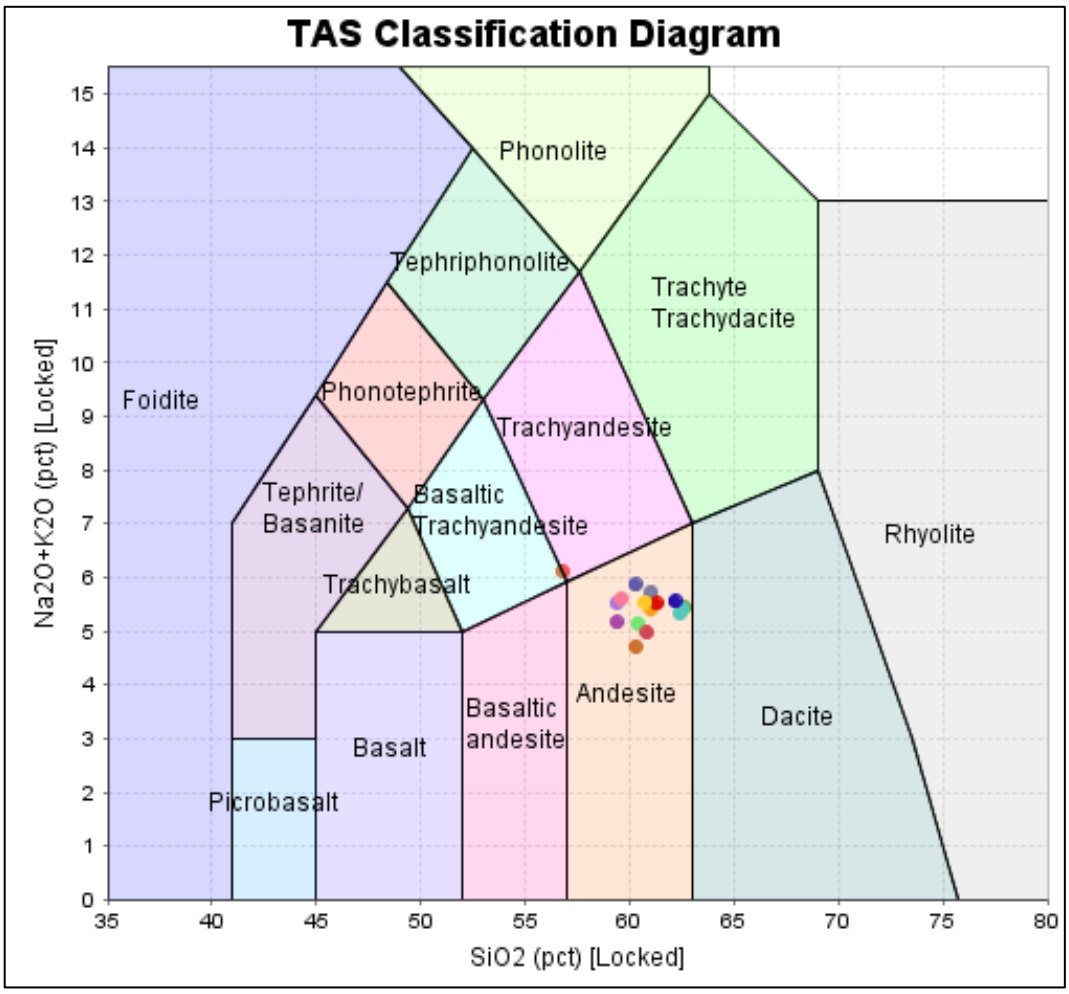


Figura 118. Diagrama de clasificación de óxidos (elementos mayores).

- Consideración preliminar de edades Ar–Ar en unidades litológicas de la zona de estudio.
- Realización de una comisión de 12,5 días del 13 al 25 de mayo de 2019 a los municipios de Cajamarca y Calarcá. El objetivo de la comisión fue el reconocimiento y muestreo de unidades geológicas en la zona de estudio (alrededores del Alto de La Línea): quebradas La Cristalina, Cristales, afluentes del río Bermellón; río Bermellón y margen norte de la carretera Cajamarca–Calarcá (Ver Figura).



Figura 119. Estaciones de la comisión realizada en mayo de 2019.

- Elaboración de la primera versión del mapa geológico de la zona de estudio en alrededores del Túnel de La Línea. Para esto se integró la información recopilada en las comisiones de marzo y mayo de 2019 junto con la fotointerpretación de la zona de interés e identificación de litologías críticas por medio del análisis petrográfico de 4 secciones delgadas. También, se establecieron sitios de interés para visitas posteriores.

- Realización de una comisión de 5,5 días del 22 al 27 de julio de 2019 al municipio de Cajamarca y la ciudad de Ibagué. El objetivo de la comisión fue tomar imágenes a través de un DRON con el fin de refinar la resolución cartográfica del volcán monogenético Alsacia, en Cajamarca. También, se realizó el muestreo de unidades de interés.

- Elaboración de un informe a partir de los datos geoquímicos obtenidos en 35 muestras del Túnel de La Línea. En el informe se presentan las interpretaciones iniciales sobre el ambiente tectónico de formación de las rocas. Estas interpretaciones fueron derivadas de los diagramas de clasificación para elementos mayores y elementos traza.
- Elaboración de un informe a partir de los resultados de dataciones ^{40}Ar–^{39}Ar de 8 muestras de núcleos de perforación, obtenidos previamente del Túnel de La Línea. En dicho informe se recopilan los diagramas de los procedimientos de incremento de

temperatura escalonada (*step heating*) y los diagramas de isócrona inversa con sus respectivas edades.

- Obtención de edades U–Pb en circón de 6 probetas, MGC–02, CC–01, CC–02, CC–03, CC–04 y CC–06, las cuales contienen en total 30 muestras. Como parte de una estrategia para optimizar el tiempo invertido en las etapas de dataciones U–Pb, desde el montaje de la probeta hasta las sesiones de datación en el láser, los miembros del Grupo de Trabajo Mapa Geológico de Colombia han participado activamente en dichos procedimientos (Ver Figura). Los datos de las probetas CC–01 y CC–02 fueron recibidos pero aún no han sido tratados.



Figura 120. Montaje de probeta en la cámara del LASER para proceder con su datación mediante el método.

- Compilación en tablas de los resultados de las dataciones U–Pb de 21 muestras distribuidas en las probetas MGC–02, CC–03, CC–04 y CC–06 luego de ser filtrados sistemáticamente.

- Elaboración de un informe que compila la descripción de los resultados de datación U–Pb en circón de las probetas MGC–02, CC–03, CC–04 y CC–06. En este informe se incluye la descripción de rasgos representativos de los circones datados; los diagramas concordia; la edad promedio y la probabilidad, según sea el caso; y el significado de las edades obtenidas (Ver Figura).

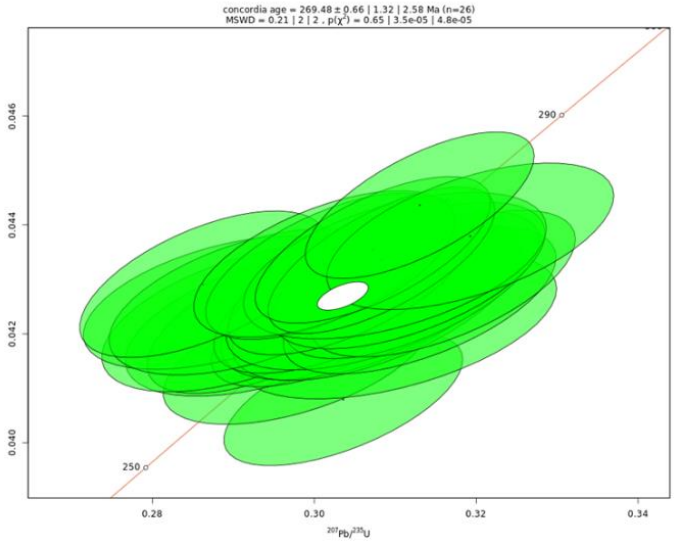


Figura 121. Ejemplo de las gráficas realizadas a partir de los resultados de dataciones U–Pb en circón.

- Realización de una comisión de 12,5 días del 16 al 28 de septiembre de 2019 al municipio de Cajamarca y alrededores del departamento del Tolima. El objetivo de la comisión fue completar la cartografía del área en cercanías al Túnel de La Línea y conocer el marco regional del flanco oriental de la cordillera Central. En esta comisión se realizaron estaciones de campo en la vía entre el portal Quindío del Túnel de La Línea y las localidades de La Galicia y Casa Roja, entre la vía del Alto de la Línea y la base militar Campanario, la quebrada Bolívar, la quebrada la Guala, la quebrada la Arenosa, la quebrada La Vaca y afluentes del río Bermellón en la Finca Córcega.

- Otras estaciones de campo se realizaron en el cerro El Imán, el río Luisa, las quebradas Ospina y Molina, afluentes del río Cucuana; el río Anabá y el río Tetuán.

- Realización de una comisión de 3,5 días del 17 al 20 de octubre de 2019 en los alrededores de Ataco, Tolima. Esta comisión tuvo como objetivo darle una perspectiva regional al proyecto mediante el reconocimiento del registro estratigráfico del Valle Superior del Magdalena.

- Realización de una última comisión en el año 2019 de 12,5 días del 29 de octubre al 10 de noviembre. El objetivo de la comisión fue visitar puntos para completar la versión preliminar de la cartografía de los alrededores del Túnel de La Línea y de la zona de influencia de la Falla Pericos. Además, se hizo el muestreo de sedimentos activos en barras de ríos cuyas cuencas hidrográficas cubren las zonas de interés del proyecto (Ver Figuras). Se realizaron recorridos a lo largo de la quebrada Santa Librada en los alrededores del Alto de La Línea; y a lo largo de las quebradas Zanja Seca y

Chorros Blancos y los caminos que conducen a la vereda Laureles en los alrededores del Valle del río Cocora.

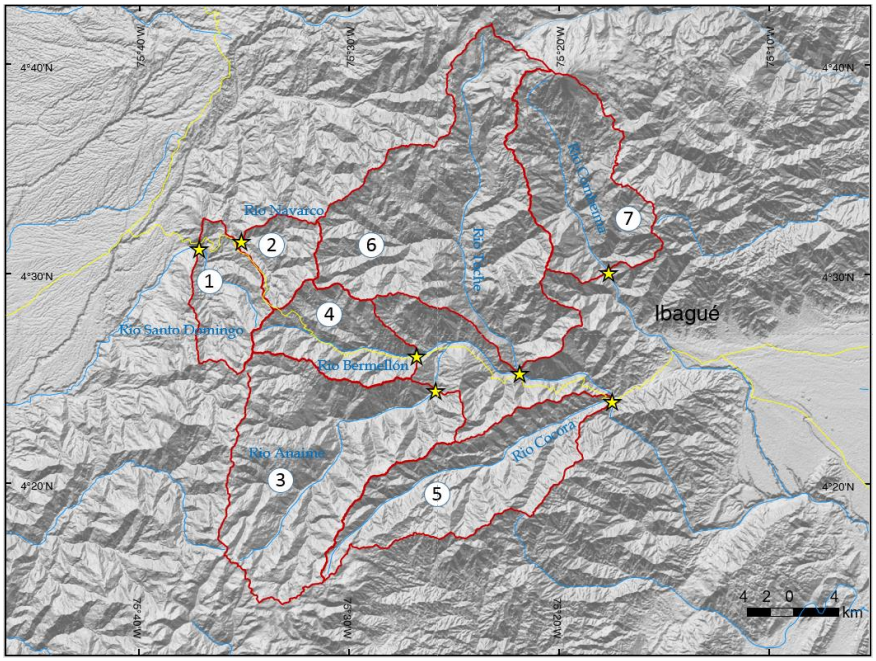


Figura 122. Cuencas hidrográficas de los ríos donde se tomaron muestras de sedimentos activos.

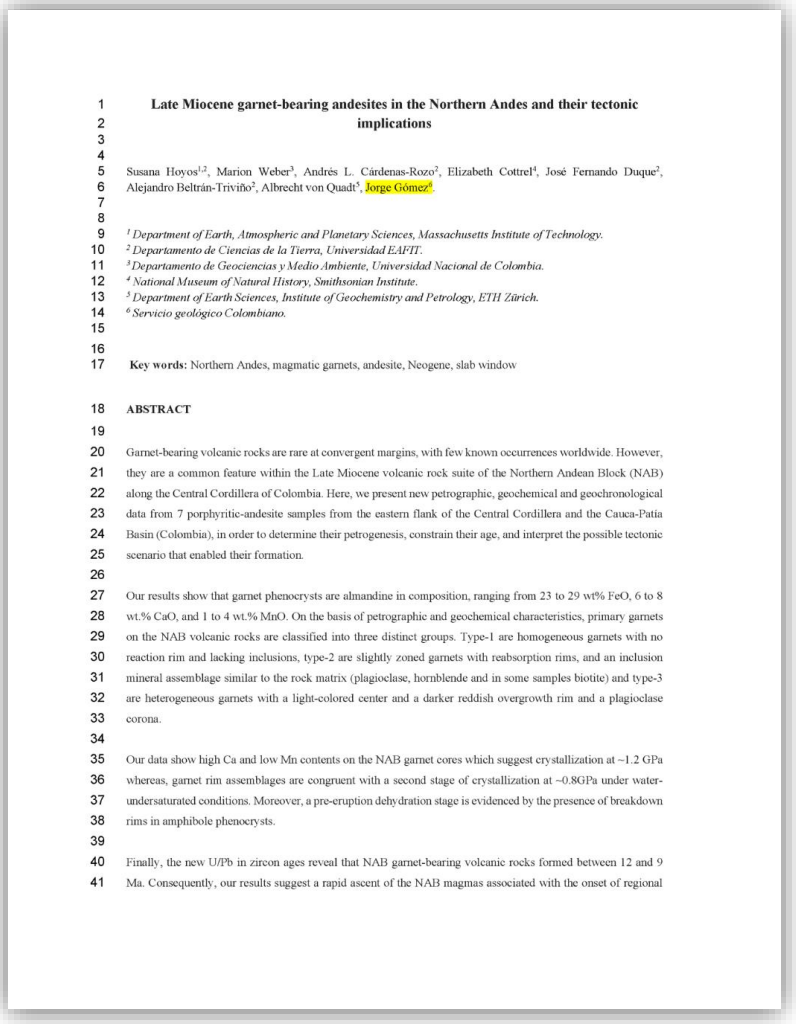


Figura 123. Toma de dato estructural en el Complejo Quebradagrande aflorando en la quebrada Santa Librada.

Otros avances del Grupo Mapa Geológico de Colombia en 2019

Publicaciones

- Contribución a la preparación y sometimiento del artículo “Late Miocene garnet-bearing andesites in the Northern Andes and their tectonic implications” para publicación en la revista *Contributions to Mineralogy and Petrology* (Ver Figura).



Late Miocene garnet-bearing andesites in the Northern Andes and their tectonic implications

Susana Hoyos[1,2], Marion Weber[3], Andrés L. Cárdenas-Rozo[2], Elizabeth Cottrel[4], José Fernando Duque[3], Alejandro Beltrán-Triviño[2], Albrecht von Quadt[5], Jorge Gómez[6].

[1] *Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology.*
[2] *Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad EAFIT.*
[3] *Departamento de Geociencias y Medio Ambiente, Universidad Nacional de Colombia.*
[4] *National Museum of Natural History, Smithsonian Institute.*
[5] *Department of Earth Sciences, Institute of Geochemistry and Petrology, ETH Zürich.*
[6] *Servicio geológico Colombiano.*

Key words: Northern Andes, magmatic garnets, andesite, Neogene, slab window

ABSTRACT

Garnet-bearing volcanic rocks are rare at convergent margins, with few known occurrences worldwide. However, they are a common feature within the Late Miocene volcanic rock suite of the Northern Andean Block (NAB) along the Central Cordillera of Colombia. Here, we present new petrographic, geochemical and geochronological data from 7 porphyritic-andesite samples from the eastern flank of the Central Cordillera and the Cauca-Patía Basin (Colombia), in order to determine their petrogenesis, constrain their age, and interpret the possible tectonic scenario that enabled their formation.

Our results show that garnet phenocrysts are almandine in composition, ranging from 23 to 29 wt% FeO, 6 to 8 wt.% CaO, and 1 to 4 wt.% MnO. On the basis of petrographic and geochemical characteristics, primary garnets on the NAB volcanic rocks are classified into three distinct groups. Type-1 are homogeneous garnets with no reaction rim and lacking inclusions, type-2 are slightly zoned garnets with reabsorption rims, and an inclusion mineral assemblage similar to the rock matrix (plagioclase, hornblende and in some samples biotite) and type-3 are heterogeneous garnets with a light-colored center and a darker reddish overgrowth rim and a plagioclase corona.

Our data show high Ca and low Mn contents on the NAB garnet cores which suggest crystallization at ~1.2 GPa whereas, garnet rim assemblages are congruent with a second stage of crystallization at ~0.8GPa under water-undersaturated conditions. Moreover, a pre-eruption dehydration stage is evidenced by the presence of breakdown rims in amphibole phenocrysts.

Finally, the new U/Pb in zircon ages reveal that NAB garnet-bearing volcanic rocks formed between 12 and 9 Ma. Consequently, our results suggest a rapid ascent of the NAB magmas associated with the onset of regional

Figura 124. Primera página del artículo para la revista Contributions to Mineralogy and Petrology.

- Contribución a la preparación y sometimiento del artículo “The “badland trilogy” (Desierto de la Tatacoa, Upper Magdalena Valley) an intermediate stage of the

badland series: With special reference to geodynamics, neotectonic, parent rocks and climate" para publicación en la revista Catena.

- Actualización y publicación de la versión de divulgación del Mapa Geológico de Colombia: Mapa Geológico de Colombia 2019 a escala 1:2M. Esta versión se actualizó con base en los datos publicados en los capítulos de *The Geology of Colombia* que han sido liberados hasta ahora y en la cartografía regional (1:100 000) del SGC (Ver Figura).

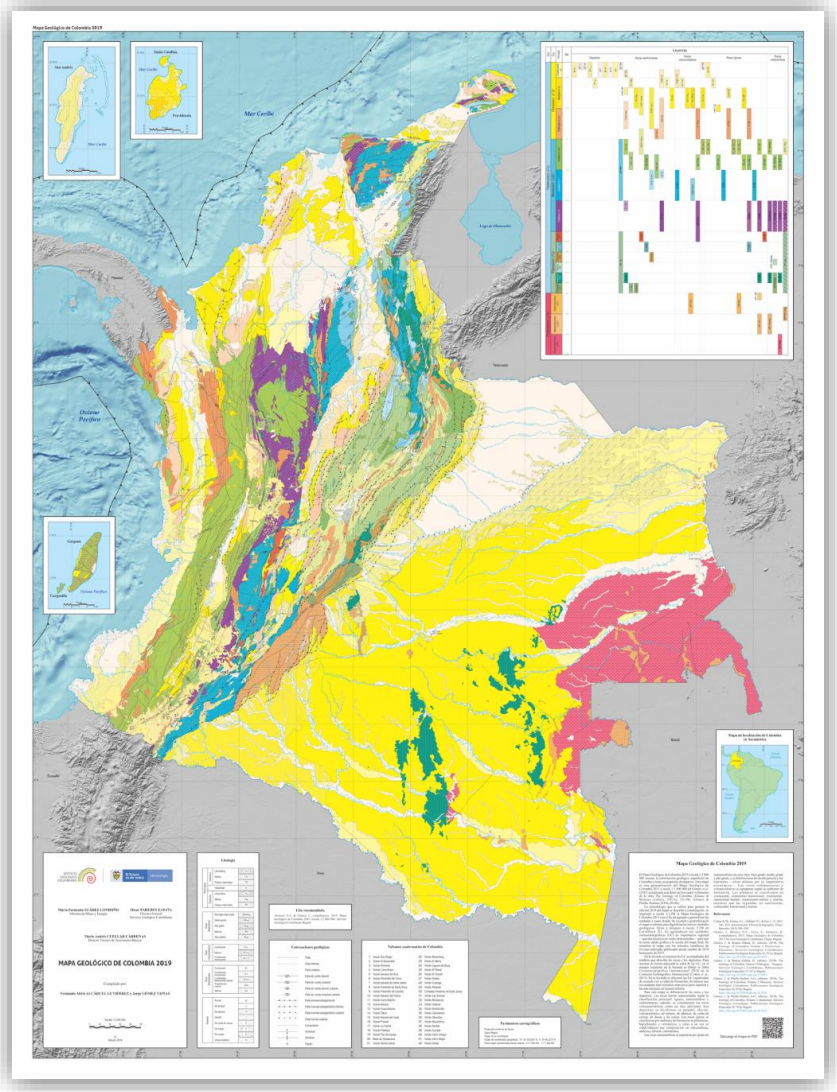


Figura 125. Mapa Geológico de Colombia 2019.

- En el Congreso Internacional de Gobernanza de la Ciencia y la Innovación celebrado en julio de 2019 se gestionó y produjo una nota de radio en el programa Bitácora de la emisora Javeriana Estéreo 91.9 sobre el Mapa Geológico de Suramérica a cargo del geólogo Jorge GÓMEZ TAPIAS. La nota fue emitida el 5 de agosto de 2019 a las 8 p. m.

- El Mapa Geológico de Suramérica se presentó en el Taller sobre Hidrogeología y Cartografía Geológica que se realizó en Río de Janeiro, Brasil del 10 al 13 de septiembre de 2019 (Ver Figura). Este evento fue organizado por la Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanos, ASGMI y el Servicio Geológico de Brasil.



Figura 126. Presentación del Mapa Geológico de Suramérica a escala 1:5 000 000 a cargo del geólogo Jorge GÓMEZ TAPIAS, codirector del proyecto y primer autor del mapa.

- Lanzamiento Internacional del Geological Map of South America at a scale of 1:5 000 000 (Ver Figura). El evento se realizó el 26 de noviembre de 2019. En la mañana se realizó en el Salón Monserrate del Hotel Tequendama con invitados internacionales y en la tarde en las instalaciones del SGC. La ceremonia de la mañana fue presidida por la Ministra de Minas y Energía de Colombia, doctora María Fernanda SUÁREZ LONDOÑO (Ver Figura), y contó con la participación de representantes de la Comisión

del Mapa Geológico del Mundo, el Servicio Geológico de Brasil, el Ministerio de Minas y Energía de Brasil, la ASGMI, el Servicio Geológico de Francia e invitados de la comunidad científica y tomadores de decisión.

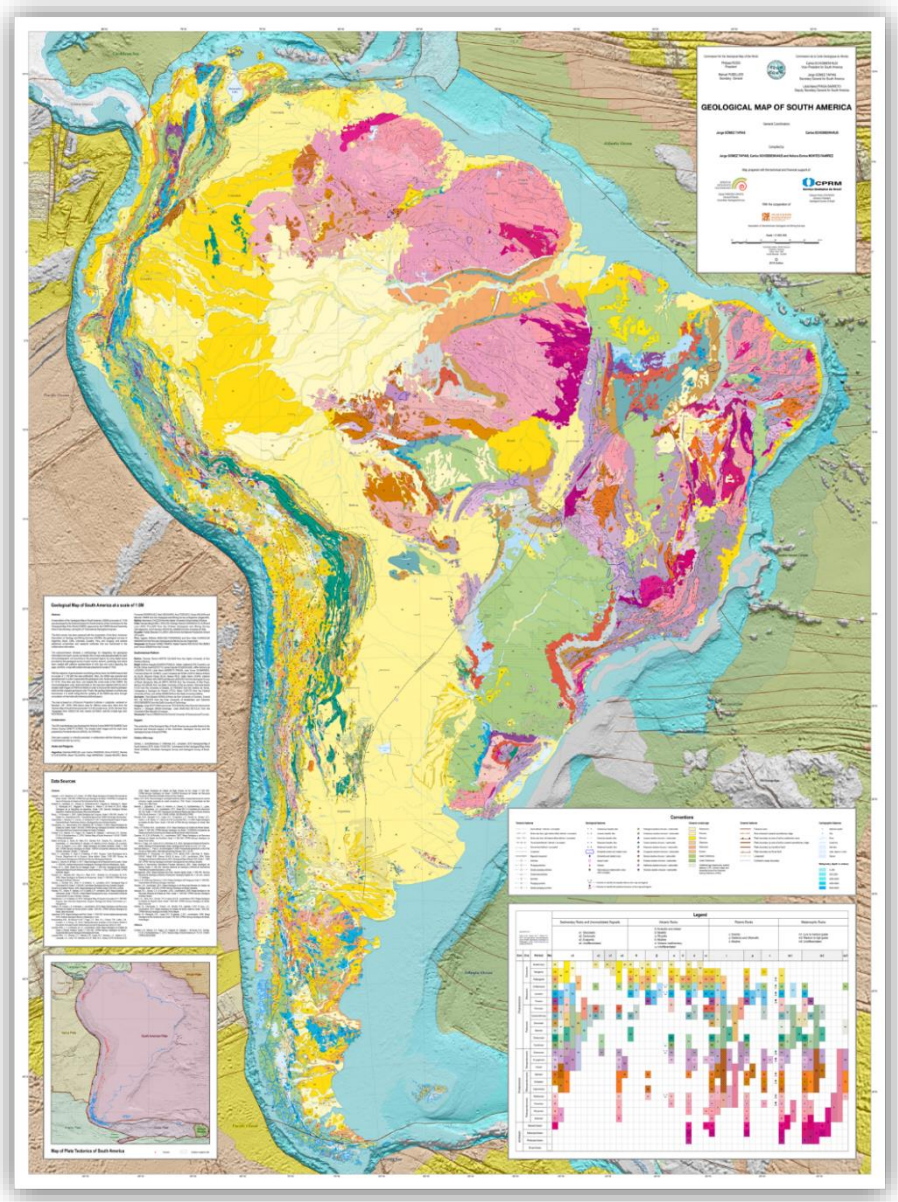


Figura 127. Geological Map of South America.



Figura 128. Lanzamiento Internacional del Mapa Geológico de Suramérica. De izquierda a derecha: Director General del SGC, Oscar PAREDES ZAPATA; Viceministra de Minas, Carolina ROJAS HAYES; Secretario de Geología, Minería y Transformación Minera del Ministerio de Minas y Energía de Brasil, Alexandre VIDIGAL DE OLIVEIRA; Geóloga del Grupo Mapa Geológico de Colombia del SGC, Nohora MONTES RAMÍREZ; Ministra de Minas y Energía, María Fernanda SUÁREZ LONDOÑO; Coordinador del Grupo Mapa Geológico de Colombia del SGC y Vicepresidente para Suramérica de la Comisión del Mapa Geológico del Mundo, Jorge GÓMEZ TAPIAS; Director Presidente del Servicio Geológico de Brasil, Esteves Pedro COLNAGO; y Asesor de la Dirección de Geología y Recursos Minerales del CPRM, Carlos SCHOBBENHAUS.

Durante el evento, se presentó la metodología de elaboración del mapa y un recorrido a través de fotografías de paisaje para conocer la geología suramericana representada en la tercera edición del Mapa Geológico de Suramérica. Durante el evento en el Hotel Tequendama también se suscribió el Memorando de Entendimiento sobre la Cooperación en el Ámbito de la Minería entre el Ministerio de Minas y Energía de Colombia y el Servicio Geológico de Francia (Bureau de Recherches Géologiques et Minières–BRGM).

El Geological Map of South America at a scale of 1:5 000 000 también fue presentado el 2 de diciembre de 2019 en la Universidad Industrial de Santander y en 2020 será presentado en otras universidad y centros de investigación geocientífica del país (Ver Figura).



Figura 129. El geólogo Jorge GÓMEZ TAPIAS, coordinador del Grupo Mapa Geológico de Colombia presentando la conferencia titulada “Mapping the Geology of South America” en la UIS.

Igualmente, el mapa fue presentado el 10 de diciembre de 2019 como parte de la sesión “T21E New Advances on the Geologic and Tectonic Framework of Colombia and its Surrounding Regions II” del AGU Fall Meeting 2019 que se celebró en San Francisco, California, Estados Unidos.

Para el 36° Congreso Internacional de Geología 2020 en Nueva Deli, India, se sometió un resumen para presentar el Geological Map of South America. Este resumen ya fue aceptado.

Grupo de Investigación

Clasificación del Grupo de Investigación Grupo Mapa Geológico de Colombia como de categoría C en la medición de grupos de investigación Convocatoria 833 de 2018. Esta categoría tiene vigencia hasta el 5 de diciembre de 2020 (https://bit.ly/2Xyndg6).

Apoyo a actividades institucionales

Representación del SGC y la Asociación de Servicios de Geología y Minería (ASGMI) en el Foro Tierra Digital en el Tiempo Geológico (Forum on Deep–time Digital Earth, DDE) que se realizó del 25 de febrero al 3 de m

1.4.7. Consolidación y puesta en marcha del sistema de gestión integral del patrimonio geológico y paleontológico

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

Gerente de Proyecto: Marcela Gómez

Objetivo del proyecto

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.

Objetivos específicos Vs productos

- Definir la metodología para la identificación y valoración de patrimonio mueble e inmueble (Producto: 2 Guías metodológicas de identificación y valoración mueble en inmueble, avance 40%)
- Desarrollar los marcos de referencia, categorización y procedimientos para la declaratoria de Zonas de Protección Patrimonial Geológica y Paleontológica. (producto: 1. Lineamientos para la declaratoria de las zonas de protección avance 40%)
- 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. (Documento de investigación del Alto Ricaurte – avance 40%)
- Por medio del análisis de los formularios recopilados, consolidación de la información de 38 colecciones con 190.626 piezas.
- Se concluyeron las caracterizaciones, valoraciones y delimitaciones de 4 bienes de naturaleza inmueble.
- Se finalizó la versión 3 de la metodología de valoración del patrimonio mueble y se ajustó la metodología de valoración del patrimonio inmueble.
- Para el patrimonio mueble se comenzaron a levantar inventarios regionales.
- Diseño de modelos lógicos, físicos y entidad-relación a partir de los campos seleccionados en los formularios para patrimonio inmueble.
- Se avanzó en la construcción de la segunda parte del documento de lineamientos para la declaratoria de Zonas de Protección Patrimonio Geológica y Paleontológica.

Caracterización del Patrimonio Geológico y Paleontológico

De acuerdo con el Decreto 1353 de 2018 y a los objetivos estratégicos del Servicio Geológico Colombiano, se desarrolla este proyecto poner en marcha el Sistema de Gestión Integral de Patrimonio Geológico y Paleontológico. Para llevar a cabo este objetivo, durante el bienio 2019-2020 estamos desarrollando la metodología para la identificación del patrimonio y a su vez la metodología de valoración (Ver Figura.) para así poder realizar un inventario nacional de patrimonio geológico y paleontológico para Colombia (INGEP).

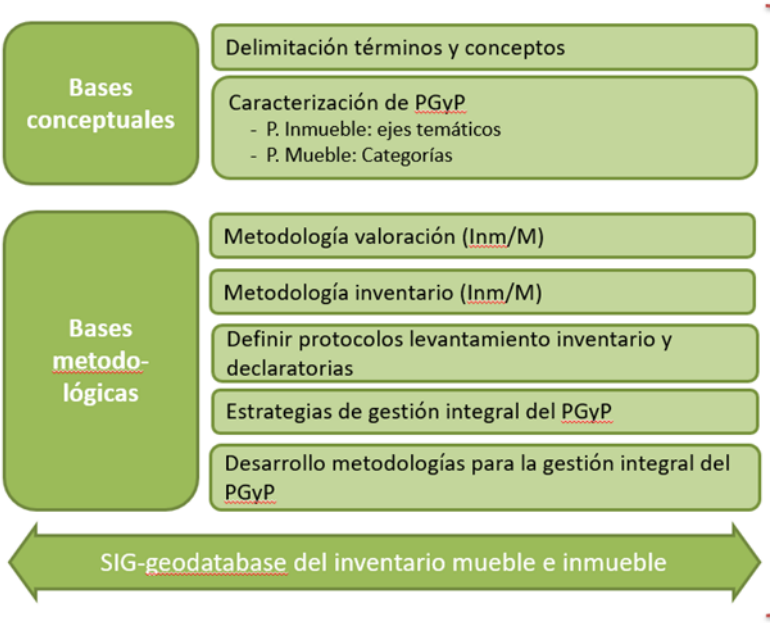


Figura 130. Modelo de trabajo para la implementación del Sistema de Gestión Integral del Patrimonio Geológico y Paleontológico de la Nación

Caracterización Mueble

- El patrimonio mueble está constituido principalmente por colecciones en museos, universidades y particulares. Estas colecciones son de carácter geológico y paleontológico, las cuales se definen como un conjunto de piezas que un individuo o un establecimiento, estatal o privado, se han ocupado de reunir, clasificar, seleccionar y conservar en un contexto de seguridad para comunicarlo a un público.

- La identificación del patrimonio mueble se enfocó en la definición de colección, es necesario que ese término general sea enmarcado con un significado más claro y es por eso que distinguimos las colecciones de museo y de referencia de otros tipos de colecciones ya que la metodología de valoración que desarrollaremos se basa en parámetros de valor científico, didáctico y cultural ajustándose a la definición de

Burcaw, (1997) “los objetos de museo colectados, adquiridos y preservados en razón de su valor ejemplar, su valor de referencia o como objetos de importancia estética o educativa”.

- La caracterización del patrimonio geológico y paleontológico mueble consistió en la identificación del tipo de colección a la que pertenecía y localización geográfica para desarrollar las estrategias regionales de levantamiento de inventario, de esta manera universitarias (conformadas por 32 colecciones en 21 entidades), regionales (constituidas por 27 colecciones) y particulares (integradas por 21 colecciones en 19 entidades); las cuales se encuentran distribuidas en 18 departamentos del país.

- Como primer paso desarrollamos un *Formulario de Identificación de Colecciones Geológicas y Paleontológicas*, el cual contiene campos básicos que proveen información sobre el sitación actual de la colección, además de informar sobre la cantidad y naturaleza de las piezas que la componen, junto con el estado de su inventario (marcado, fotografía, listas y campos de inventario).

- Consolidamos una base de datos con información de 80 colecciones a nivel nacional. Esto representa que el 40% de las colecciones son Universitarias y de referencia, 33,8% regionales y 26,3% particulares. Adicionalmente, se confirmó la inexistencia de colecciones de naturaleza geológica y paleontológica en 7 entidades, donde inicialmente se había reportado presencia de bienes de esta naturaleza.

- Como segundo paso se realizaron visitas a las colecciones con quienes se estableció un plan de trabajo para el levantamiento de inventario de acuerdo con las necesidades del INGEP.

- A la fecha, se ha realizado un acercamiento con el 59% de las colecciones identificadas, que albergan en su conjunto 192.713 piezas, de las cuales el 77.69% son paleontológicas, el 12.18% son mineralógicas y el 7.31% petrográficas. En particular, en las colecciones universitarias y de referencia es donde se encuentra una mayor distribución de los tres tipos de bienes (paleontológicos, mineralógicos y petrográficos), mientras que en las colecciones regionales y particulares priman los bienes paleontológicos.

- Geográficamente las colecciones identificadas hasta el momento se encuentran distribuidas en 17 departamentos del país hay una alta concentración de colecciones en el centro del país, principalmente Bogotá, Cundinamarca, Boyacá, Santander y Antioquia, lo que coincide con ciudades principales, donde se encuentran las universidades de mayor trayectoria del país, y zonas donde se ubican los yacimientos fosilíferos más estudiados

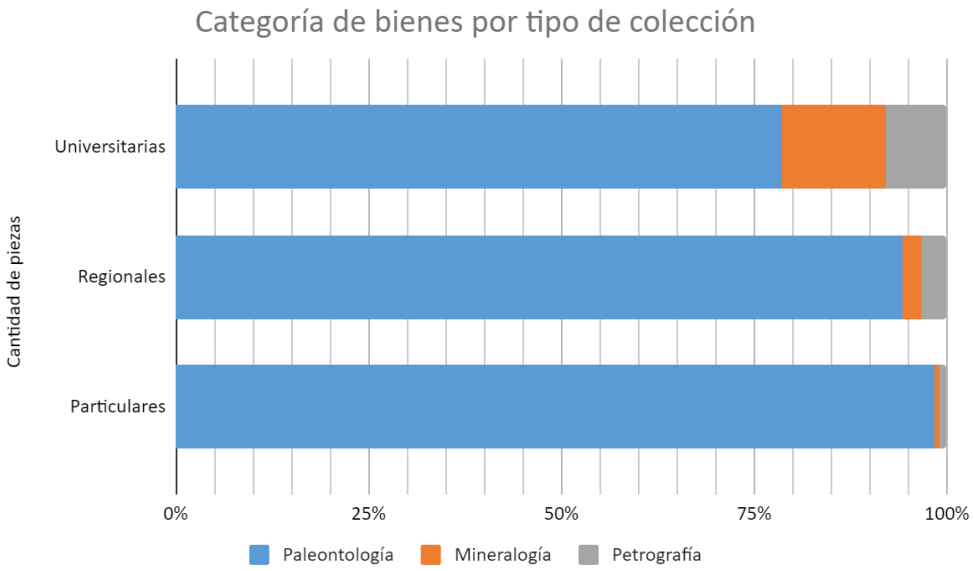
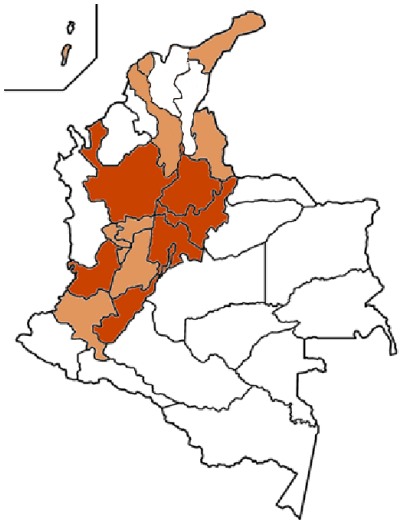


Figura 131. Categorías de bienes por tipo de colección



Departamento	Cantidad colecciones
Boyacá	18
Bogotá D.C.	13
Santander	8
Huila	7
Antioquia	7
Valle del Cauca	6
Cundinamarca	5
Atlántico	4
Norte de Santander	3
Tolima	2
Caldas	2
Guajira	1
Bolívar	1
Quindío	1
Risaralda	1
Cauca	1
San Andrés Islas	1

Figura 132. Presencia de colecciones en el país. En los departamentos resaltados se identificó al menos una colección, siendo en los de color más oscuro donde mayor presencia hay.

Estado de avance en la caracterización de cada una de las categorías de colecciones (Ver figuras):

Colecciones Universitarias y de referencia	Ubicación		Estado	Categorías y números de piezas de la colección			
	Municipio	Departamento	Visita	Paleontología	Mineralogía	Petrografía	TOTAL
Museo Geológico José Royo y Gómez - SGC	Bogotá	Cundinamarca	S	46.000	11.000	3.000	60.000
Donación Germán Duque - Mario Cuellar - DGB	Bogotá	Cundinamarca					
SGC - Sede Medellín	Medellín	Antioquia	S	48	414	230	692
Museo SGC - sede Cali	Cali	Valle del Cauca	S	90	102	97	289
Colección palinomorfos (polen) Donación Dueñas, Litoteca Guatiguará	Piedecuesta	Santander					
Universidad del Rosario (Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario)	Bogotá	Cundinamarca	S	35	0	0	35
U. de la Salle Btá- Museo Universitario	Bogotá	Cundinamarca	S	3.500	578	490	4.568
Universidad de los Andes - Depto. Geociencias	Bogotá	Cundinamarca	S	5.000			5.000
Universidad de los Andes - Depto. Ciencias Biológicas	Bogotá	Cundinamarca	S	5.560	0	0	5.560
U Javeriana (Museo Minerales Inst. Geofísico) (Pontificia U. Javeriana)	Bogotá	Cundinamarca					
UNal - Colección Facultad de Geociencias (Ma. Páramo, Patarroyo, Minerales Kramer, Lab. Rocas)	Bogotá	Cundinamarca	Si	60.000			60.000
UNal - Instituto de ciencias (Yaneth Muñoz)	Bogotá	Cundinamarca	Si				
UNal - Museo Paleontológico de Villa de Leyva, UNal	Villa de Leyva	Boyacá	si				3.148
UNal - Museo de Historia Natural de la UNAL - Bogotá	Bogotá	Cundinamarca	si				
UNal -Museo de Geociencias - Facultad de Minas - Sede Medellín	Medellín	Antioquia	S	7.000	6.000	5.500	18.500
EAFIT, programa de Geología, Ma. ciencias de la Tierra	Medellín	Antioquia	S	2.086	1.265	1.832	5.183
Museo Ciencias Naturales Medellín del Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM)	Medellín	Antioquia	S	1.009	1.034	412	2.455
U. Antioquia - Museo Universitario (MUUA)	Medellín	Antioquia	S	1.760	1.191	471	3.422
U. Antioquia - Herbario							
Universidad Industrial de Santader (UIS)	Bucaramanga	Santander	Si				
Universidad de Santander- UDES	Bucaramanga	Santander	S	27	0	0	26
Universidad del Valle, Facultad de Biología	Cali	Valle del Cauca					
Universidad del Valle, Museo Arqueológico	Cali	Valle del Cauca	Si	1	0	0	1
Universidad ICESI	Cali	Valle del Cauca	S	47	0	0	47
Universidad del Norte - MAPUCA	Barranquilla	Atlántico	S	1.169			1.169
Museo antropológico de la Universidad del Atlántico	Barranquilla	Atlántico	S	33	0	0	33
U cartagena - biblioteca	Cartagena	Bolívar					
Museo Geológico UPTC Sogamoso	Sogamoso	Boyacá	S	226	334	243	803
Universidad de Caldas - Museo Geología y Paleontología	Manizales	Caldas	S	1.973	752	800	3.525
Museo Universidad del Cauca	Popayán	Cauca	S	64	171	283	518
Museo Universidad Surcolombiana- Museo Geológico y del Petróleo	Neiva	Huila	si	110	440	450	1.000
Universidad de Pamplona, Facultad de Ciencias Básicas, Programa de Geología	Pamplona	Norte de Santander	S				

Figura 133. Consolidado de la información de caracterización colecciones universitarias y de referencia.

- Durante la caracterización de colecciones universitarias y de referencia, se identificó que la mayoría de estas se encuentran en las facultades de geología y en las universidades del país que, aunque no tengan programa de geología o afines, cuentan con Museos de Historia Natural. Es por esto que, a partir de las visitas realizadas, se inició el contacto con facultades de biología y se está a la espera de su respuesta.

- Las colecciones regionales en términos generales, se encuentran relacionadas con áreas donde hay yacimientos fosilíferos y se han constituido gracias al material extraído en la zona, éstas dependen en gran medida de entidades territoriales, principalmente alcaldías. También hay otras, parte de la sociedad civil, las cuales se han organizado principalmente para consolidar, conservar y gestionar Museos que abren al público constantemente y que pretenden generar apropiación social con el territorio, como es el caso de Juntas de Acción Comunal, Grupos de Vigías del Patrimonio, o instituciones educativas.

Colecciones Regionales	Ubicación		Estado	Categorías y números de piezas de la colección			
	Municipio	Departamento	Visita	Paleontología	Mineralogía	Petrografía	Total
Museo El Fósil	Villa de Leyva	Boyacá	Si	1.000			1.000
Centro Cultural Comunitario "La piedra del Pliosaurio" - V. Salto y la Lavandera	Villa de Leyva	Boyacá		64			64
Colección municipio de Sáchica	Sáchica	Boyacá	Si	14	0	0	14
Asociación Museo de la Vida (AMV)	Floresta	Boyacá		260		75	335
Colección Paleontológica Firavitoba	Firavitoba	Boyacá					
Museo de Historia Natural La Tatacoa	La Victoria	Huila	Si	2.000	10	50	2.060
Museo Paleontológico de Villavieja	Villavieja	Huila	Visitar	950			950
Institución Educativa Vereda Zaragoza, Municipio Colombia	Colombia	Huila	Si	670	0	0	670
Museo Arqueológico valle Alto del Río Cabrera (Vereda Santa Ana)	Colombia	Huila					
Museo Nacional de Colombia	Bogotá	Cundinamarca					
Planetario de Bogotá	Bogotá	Cundinamarca		0	0	2	2
Museo de Historia Natural de la Sabana Thomas van der Hammen – Peter Creutzberg	Nemocón	Cundinamarca		288	6	20	314
Museo Paleontológico y Arqueológico de Pubenza	Tocaima	Cundinamarca	Si	351	0	0	351
Museo Vittoriano	Gachetá	Cundinamarca					
Museo Paleontológico y Arqueológico de Guane	Guane	Santander					
El Museo Arqueológico Regional Guane de Floridablanca	Floridablanca	Santander					
Colegio rural	Simacota	Santander					
Museo del Río Magdalena	Honda	Tolima					
Museo Paleontológico de Mariquita	Mariquita	Tolima					2.000
INCIVA - Instituto para la Investigación y Preservación del Patrimonio Cultural y Natural del Valle del Cauca	Cali	Valle del Cauca	Si	41	56	53	150
Vijes	Vijes	Valle del Cauca					
Museo histórico del Peñol	El Peñol	Antioquia	Visitar	0	80	0	80
Museo paleontológico de la Peña	Sabanalarga	Atlántico		120	0	0	120
Museo arqueológico de Galapa Museo Interactivo DesQbRe Guajira	Galapa Cerrejón	Atlántico Guajira					
Museo de ciencias naturales de Marsella	Marcella	Risaralda					
Línea	Calarcá	Quindio					

Figura 134. Consolidado de la información de caracterización colecciones regionales.

- El caso de las colecciones particulares es variado, en general son personas o entidades que tienen un interés en la geología y la paleontología y que por lo tanto han consolidado colecciones, algunas abiertas al público y otras no.

Colecciones	Ubicación		Estado	Categorías y números de piezas de la colección			
	Municipio	Departamento	Visita	Paleontología	Mineralogía	Petrografía	Total
Kosmos, Museo del Espacio	Villa de Leyva	Boyacá	si	152	41	42	235
Colección privada German Zubieta	Villa de Leyva	Boyacá					
Colección privada Jorge Muñoz	Villa de Leyva	Boyacá					
Museo prehistórico - Villa de Leyva	Villa de Leyva	Boyacá	Si	273	8	9	290
Centro de investigaciones Paleontológicas - CIP	Villa de Leyva	Boyacá	si	1.275	0	0	1.275
Fundación Santa Teresa de Ávila- La ciudad de Dios	Villa de Leyva	Boyacá	si				268
Mastodonte Familia Medina	Sáchica	Boyacá		1			1
Museo paleontológico del Pantano de Vargas - Sr.	Paipa	Boyacá	Si	220	0	0	220
Colección a cargo del Señor Arturo Acevedo	Pajarito	Boyacá	Si	350		30	380
Museo de los Andes de Socha	Socha	Boyacá		700	0	0	700
Centro Minero Nacional-SENA	Sogamoso	Boyacá					
Catedral de Sal de Zipaquirá	Zipaquirá	Cundinamarca					
Museo de la Sal	Nemocón	Cundinamarca					
Comunidad religiosa, sur Btá. Padre Huertas	Bogotá	Cundinamarca					
Ecopetrol - ICP	Bucaramanga	Santander					
Museo Nacional del Petróleo Samuel Schneider Uribe	eja	Santander					
Museo los Vados	Los Patios	N.Santander		187	0	0	187
Museo paleontológico y arqueológico de Agualinda	Agualinda	N. Santander		45	0	0	45
Museo La Tormenta	Libano	Huila	Si	5.000			5.000
Museo Arqueológico y paleontológico de Aipe	Aipe	Huila	Si	28	0	0	28
Colección privada Municipio de Irca	Irca	Caldas					

Figura 135. Consolidado de la información de caracterización colecciones particulares

Caracterización Inmueble

- El patrimonio inmueble está conformado por los lugares de interés geológico. La identificación fue realizada de acuerdo con lo concluido con el IGME y mediante consulta bibliográfica, principalmente la bibliografía de metodologías empleadas en

España, Gran Bretaña, Ucrania, Grecia, Brasil, Portugal, Rumania y Turquía, además de las iniciativas de ProGEO y el proyecto Geosites del IUGS.

- Solicitud de terceros, la cual consiste en lugares de interés geológico que por solicitud es evaluado como un posible geotopo de relevancia nacional
- Ejes temáticos: Categorías o grupos temáticos en los que es posible clasificar los rasgos o procesos geológicos, de acuerdo con su naturaleza, siendo los definidos para Colombia: Estratigrafía, Paleontología, Mineralogía, Estructural, Petrología, Cosmología, Geoformas y procesos y Tectónica regional.
- Sub-ejes temáticos: Corresponden a las principales áreas temáticas relacionadas con los materiales y/o procesos geológicos que, en conjunto, permiten el entendimiento de la historia geológica de Colombia. Su definición permitirá la selección objetiva y sistemática de los geotopos/geositios más sobresalientes del territorio nacional, desde el punto de vista científico, educativo y cultural.

- Se continuó con la definición de marcos de referencia para la identificación del patrimonio inmueble, consolidando un listado de 164 posibles geotopos, de los cuales 10 fueron caracterizados a partir de información bibliográfica.

- Cómo caso piloto la caracterización del patrimonio geológico y paleontológico inmueble se ha enfocado en la identificación de las localidades fosilíferas y yacimientos paleontológicos de relevancia nacional donde se inició la descripción de los 11 yacimientos fosilíferos identificados *por su abundancia, preservación y diversidad constituyendo yacimientos paleontológicos de relevancia nacional. Se identificaron 11 lugares correspondientes al Alto Ricaurte (Boyacá), el Área de La Venta (Desierto de La Tatacoa, Departamento del Huila), yacimientos de Castilletes (Alta Guajira), Cerrejón (Municipio de Albania, Guajira), Floresta (Municipio de Floresta, Boyacá), correspondientes a los yacimientos de El Mochuelo (localidad de Usme, Bogotá) y Pubenza (municipio de Tocaima, Cundinamarca*

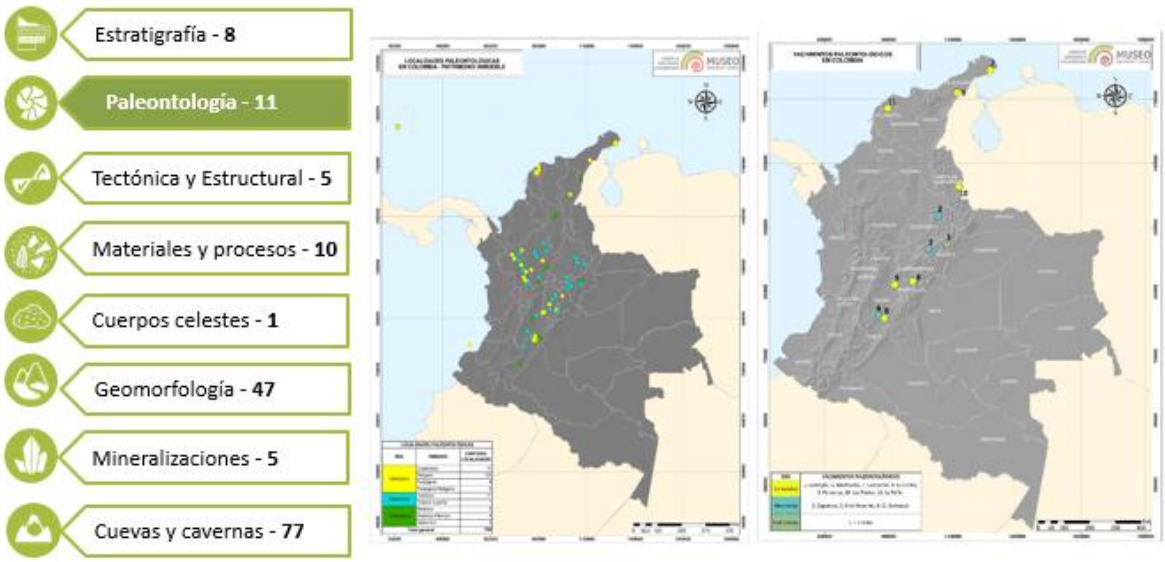


Figura 136. Temas del patrimonio inmueble y respectivo número de rasgos y procesos geológicos identificados. Mapas de localización de los yacimientos paleontológicos en Colombia

Nombre	Floresta.
	
Ubicación	Municipio de Floresta - Boyacá
Edad	Devónico medio
Unidad	Formación Floresta
Ambiente sedimentario	Marino
Tipo de fósiles	Invertebrados marinos (trilobites, braquiópodos, cnidarios, briozoos, crinoideos, ostrácodos, moluscos) y vertebrados (tetrápodos basales).
Diversidad	46 especies y variedades de braquiópodos articulados, 16 especies de trilobites, 4 especies de braquiópodos inarticulados, una especie de crinoideo, 4 especies de bivalvos, fenestelidos diversos sin asignaciones específicas, corales rugosos y tabulados.
Principales hallazgos	Posibles restos de tetrápodos basales (información sin publicar), el género y especie nuevos de trilobite: *Colombianaspis carvalhoae,* el género y especie nuevos de crinoideo: *Bogotacrinus scheibei,* los géneros de braquiópodos nuevos para la ciencia: *Shaleria, Mclearnia, Protomegastrophia, Megastrophia, Cymostrophia, Dictyostrophia, Protoleptostrophia, Nervostrophia, Sulcastrophia, Australostrophia, Rhytistrophia, Strophonelloides, Chemungia, Australospirifer.*

Nombre	Floresta.
Interés	Además de ser uno de los pocos y más ricos yacimientos paleontológicos para el Paleozoico en Colombia, la diversidad y preservación del registro fósil, abren la oportunidad para estudiar la evolución de la paleogeografía Americana durante el Devónico, especialmente las afinidades faunísticas y posibles rutas migratorias que existieron entre el extremo norte de Sudamérica (Colombia y Venezuela) y las provincias boreales (Norte América y Europa) y australes (Malvinokafrica).

Figura 137. Ejemplo de ficha descriptiva con la información general del yacimiento paleontológico de Floresta, Boyacá.

- Como proyecto piloto en la identificación de los yacimientos paleontológicos y su caracterización basado en criterios geológicos, estamos trabajando en el yacimiento paleontológico del Alto Ricaurte, para esto durante el presente año, se desarrollaron dos comisiones a los municipios de Sáchica y Villa de Leyva, Boyacá realizando la cartografía geológica y levantamiento estratigráfico con fines de delimitar el yacimiento fosilífero del Alto Ricaurte y declaratorias de zonas de protección.



Figura 138. Fotografías del trabajo de cartografía geológica realizado a Sachica, Boyacá, como parte de las actividades de caracterización del yacimiento fosilífero del Alto Ricaurte.

- La segunda comisión al municipio de Villa de Leyva, Boyacá, realizando el levantamiento estratigráfico de 415 m de espesor de los miembros inferior y medio de la unidad geológica conocida como Formación Paja, columna estratigráfica que servirá para la correlación en el área de interés por su buena exposición.
- Fueron seleccionadas 100 muestras de arcillolitas, lodolitas y limolitas que fueron enviadas al laboratorio de DRX de la UIS, 3 muestras para análisis de SEM y Geocronología de los laboratorios del SGC.

- Se digitalizaron el mapa geológico de acuerdo a los resultados y comisiones de campo realizadas durante el año y las columnas estratigráficas levantadas en las dos comisiones del año, se hizo una propuesta inicial del polígono para la zona de protección que incluyen los geotopos valorados y también se revisaron las tres muestras enviadas a microscopia electrónica de barrido con el análisis de campos composicionales para cada muestra, elaboración de espectros para cada muestra.

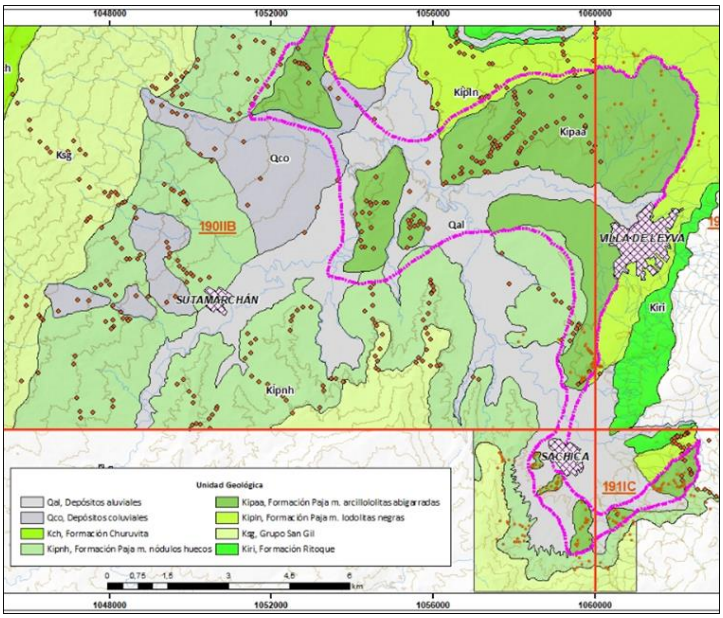


Figura 139. Mapa geológico del área de interés para Zona de Protección Patrimonial Geológica y Paleontológica con propuesta preliminar de polígono y estaciones de campo.

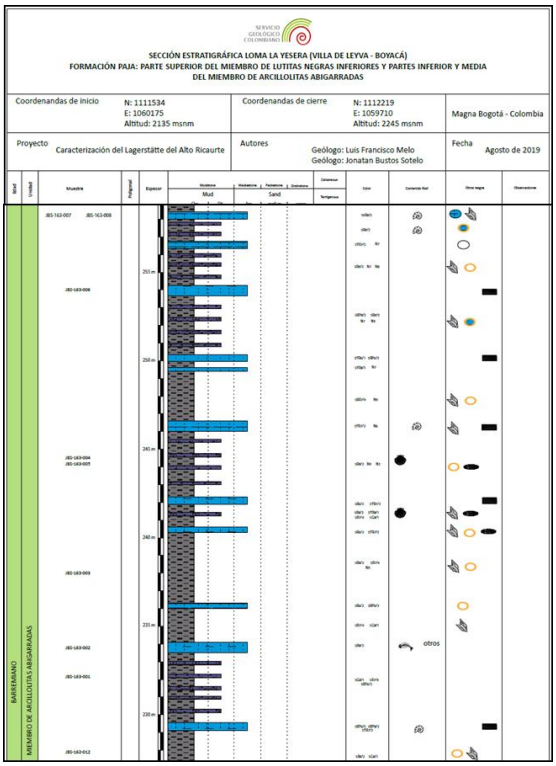


Figura 140. *Ejemplo de columna estratigráfica levantada en Loma La Yesera de la Formación Paja, en el municipio de Villa de Leyva Boyacá*

Revisión y ajuste de las metodologías de valoración mueble e inmueble

- Durante este periodo se realizó el ajuste a los documentos metodológicos teniendo en cuenta el concepto recibido por la Oficina Asesora Jurídica (OAJ) del SGC mediante comunicación interna (No. 20191100045793) como respuesta a la solicitud de aclaraciones jurídicas frente a la normatividad del Patrimonio Geológico y Paleontológico de la Nación.

- Definimos los parámetros que permiten evaluar la representatividad y significación de los bienes de interés geológico y paleontológico mueble y de los Geotopos de patrimonio inmueble. Partiendo de la definición de los valores científico, educativo y cultural. El objetivo para este bienio es oficializar la metodología de valoración para patrimonio mueble y para patrimonio inmueble de acuerdo a los requerimientos del INGEP.

- Las metodologías ya no son carácter cuantitativo sino de tipo argumentativo basado en los parámetros bajo los cuales se realizar la evaluación

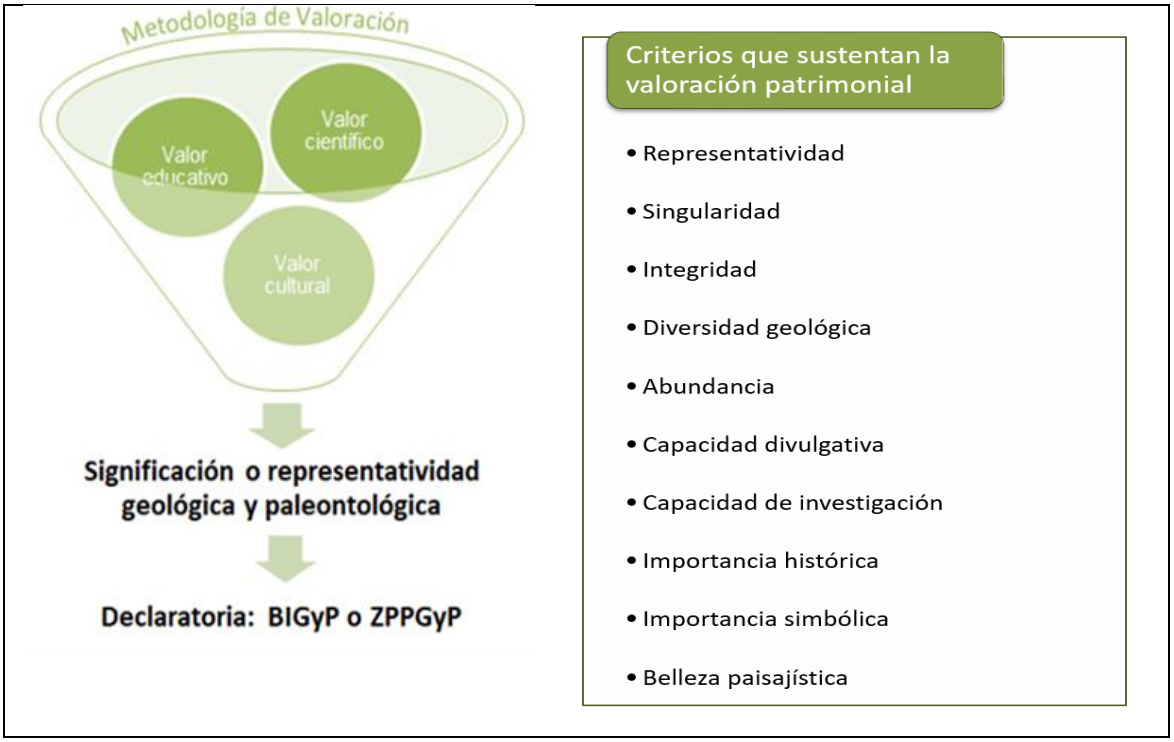


Figura 141. Valores y criterios que sustentan la valoración del Patrimonio Geológico y Paleontológico

Metodología de valoración inmueble

- La metodología de valoración del patrimonio inmueble se definió los ejes temáticos que constituyen el marco de referencia que permitirán evaluar varios de los criterios anteriormente mencionados. Esta propuesta se realiza tomando como referencia las categorías estipuladas por el proyecto Global Geosites, las cuales han sido adaptadas para agrupar la diversidad de rasgos y procesos geológicos presentes en el territorio colombiano.



Figura 142. Propuesta actual de ejes temáticos para Colombia

- Asimismo, se definieron los criterios que sustentan el análisis de susceptibilidad de degradación de los posibles geotopos. Esto, con el fin de establecer las posibles estrategias integrales de gestión a recomendar en el proceso de declaratoria de los bienes. Estas estrategias son:

  - Brindar lineamientos generales de manejo propendiendo por las buenas prácticas de geoconservación
  - Establecer una Zona de Protección Patrimonial Geológica y Paleontológica (ZPPGP) con la respectiva formulación de un Plan de Manejo y Protección.

- Con base en la metodología valoración propuesta durante el primer semestre de 2019, se llevó a cabo la aplicación de la misma a través de 10 casos piloto. Como resultado de varias mesas de trabajo internas para la retroalimentación de la metodología de valoración inmueble, se generó una nueva versión del documento de valoración, el cual se espera socializar con pares académicos en los meses a seguir.



Figura 143. Casos piloto valorados por el grupo de trabajo

- En el caso específico del documento metodológico de valoración del patrimonio inmueble en el último trimestre del año se realizó el ajuste de la terminología empleada acorde al concepto de la OAJ, según el cual son los geotopos o conjunto de geotopos los susceptibles a declaratoria de Zona de Protección Patrimonial Geológica y Paleontológica (ZPPGyP). Acorde con lo establecido desde el punto de vista normativo, las Zona de Protección Patrimonial Geológica y Paleontológica y los Bienes de Interés Geológico y Paleontológico inmuebles son equiparables.

Metodología de valoración mueble

- La metodología de valoración del patrimonio mueble es de carácter argumentativo y tienen en cuenta la definición de colección, la cual ya incluye de por si los valores científicos, educativos y culturales, de esta manera en la metodología de define que es susceptible de ser declarado y que no lo es.

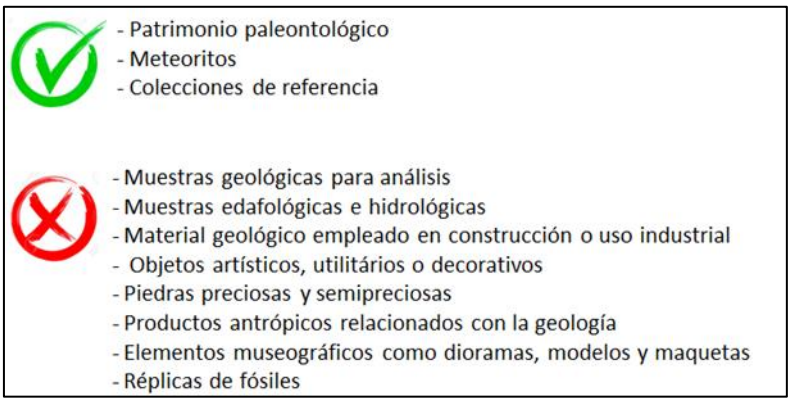


Figura 144. Listado con los casos pertinentes por evaluar y aquellos no necesarios de valoración.

- Adicionalmente, y considerando que las declaratorias deben establecen condiciones de conservación de los BIGyP declarados, y a su vez, la autorización de tenencia genera el compromiso legal para la debida custodia, conservación, salvaguarda y posible difusión científica, así como la garantía de permitir el estudio de los bienes declarados, fue necesario incluir en el proceso de valoración un acercamiento a un diagnóstico sobre la colección de manera tal que se puedan establecer las condiciones de conservación requeridas se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

  - Caracterización del patrimonio a declarar: Breve descripción del patrimonio propuesto para ser declarado, de corresponder a una colección se debe incluir una breve reseña que dé cuenta de su origen y trayectoria. También se puede incluir:
  - Reconocimiento general del estado de conservación: son las condiciones físicas que reflejan las piezas y son resultado de las características del lugar donde se encuentran, el uso, cuidado y mantenimiento prestado. Es importante tener presente que se trata de un reconocimiento general, en el que se podrá hacer una identificación general de deterioros, es decir, deterioros comunes presentes en gran parte de la colección, sustentado en los siguientes 9 agentes de deterioro: a) Fuerzas físicas, b) Iluminación, c) Humedad relativa y temperatura incorrecta, d) Contaminación ambiental, e) Agua, f) Fuego, g) Agentes biológicos, h) Vandalismo y i) Disociación.

- Se distribuyó el documento metodológico al grupo de trabajo y se avanzó en la valoración de 8 casos de estudio para probar la metodología: Museo Geológico SGC - sede Medellín, Museo Paleontológico Unal – Villa de Leyva, Museo Geológico SGC - sede Cali, Colección V. Zaragoza, INCIVA, Museo de Geociencias- Unal – Sede Medellín, Museo de Historia Natural de la Tatacoa y Colección Municipio de Sáchica. Posteriormente se recibió retroalimentación, con base en los casos pilotos asignados, y se realizaron los ajustes pertinentes sobre el documento metodológico.

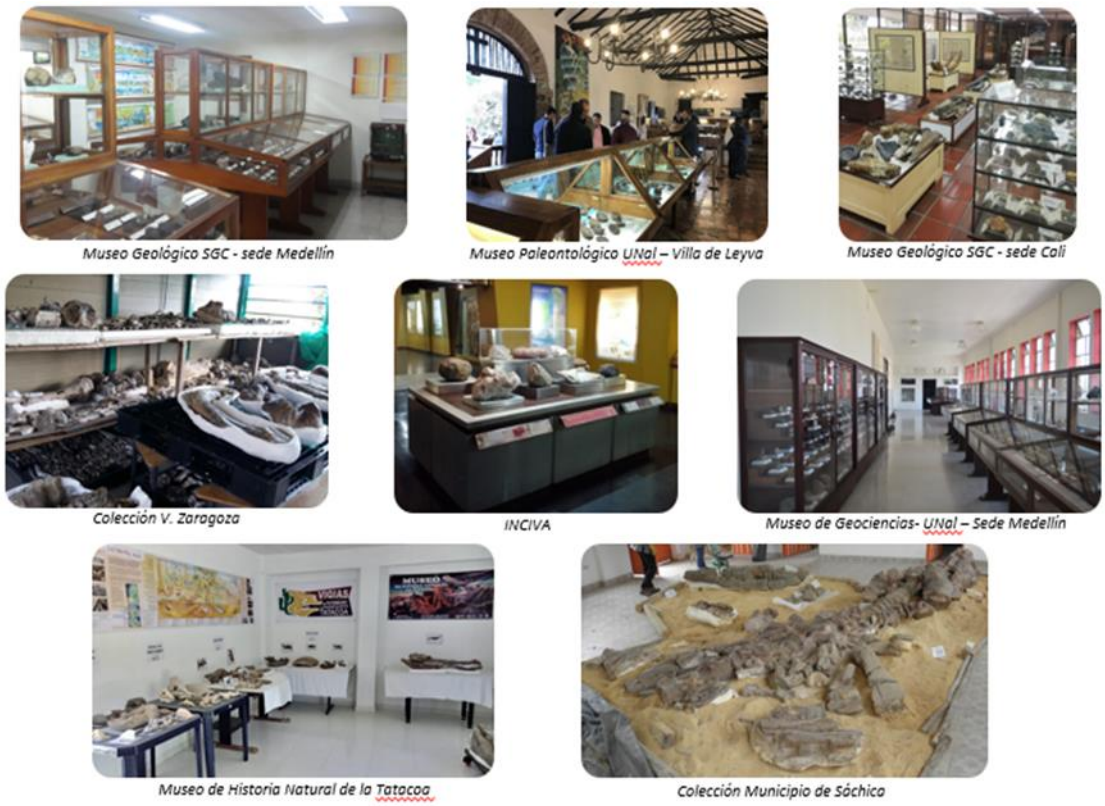


Figura 145. Casos de estudio para la valoración de sus colecciones

A partir de esto, se consolidaron los expedientes de dos colecciones siguiendo la nueva metodología de valoración: Colección Zaragoza, Municipio de Colombia Huila y el 90% del de Museo El Fósil de Villa de Leyva, Boyacá. Con lo cual se espera consolidar el documento final de Metodología de Valoración Mueble, proyectar la resolución y presentar a Jurídica en el 2020 para que haga su trámite respectivo.

Metodologías y herramientas de inventario

Para la consolidación Inventario Nacional Geológico y Paleontológico (INGEP) mueble se toma como base la información de las colecciones del país avanzado en *Caracterización del Patrimonio Geológico y Paleontológico mueble*, y se desarrolló la metodología y herramientas requeridas para establecer planes de trabajo con entidades o personas que custodian el patrimonio, levantar la información requerida y valorar las colecciones de acuerdo con la *Metodología de Valoración Mueble*.

Para el levantamiento del Inventario Nacional Geológico y Paleontológico (INGEP) inmueble se definió que la primera fase se enfocará en los yacimientos paleontológicos, teniendo en cuenta que el conocimiento geológico del territorio nacional se encuentra avanzado en dicha temática y que estos son altamente vulnerables a las actividades antrópicas como el expolio, por lo que constituyen una prioridad para la protección de ese tipo de patrimonio.

Patrimonio Mueble

Para el levantamiento del Inventario Nacional Geológico y Paleontológico (INGEP) mueble se toma como base la información de las colecciones del país avanzado en Caracterización del patrimonio mueble, en el cual se está realizando una matriz donde se identifican las colecciones que posiblemente tienen patrimonio geológico y paleontológico en el país, a partir de eso, se priorizaron la colecciones que requieren atención prioritario, media y baja (Tabla 14).

Tabla 14. Distribución de las colecciones identificadas en el país

Departamento	Cantidad colecciones
Boyacá	18
Bogotá D.C.	13
Santander	8
Huila	7
Antioquia	7
Valle del Cauca	6
Cundinamarca	5
Atlántico	4
Norte de Santander	3
Tolima	2
Caldas	2
Guajira	1
Bolívar	1
Quindío	1
Risaralda	1
Cauca	1
San Andrés Islas	1

De las 80 Colecciones, se confirmó cuales tienen piezas de naturaleza geológica y paleontológica, priorizándolas como de atención alta. La estrategia definida fue enviar una comunicación a las colecciones que se requería confirmar si cuentan con piezas de nuestro interés. A las 25 priorizadas, se les envía una comunicación en la que se busca identificar el nivel y tipo de información que tienen sobre las piezas de su colección, con el fin de proceder a clasificarlas en: colecciones con documentación avanzada, media o incipiente, esto para definir la forma de abordarlas y proceder a adelantar la valoración y declaratoria de las colecciones. Las que tengan información avanzada y media se procede inmediatamente a valorarlas y declararlas, mientras las que estén en nivel incipiente requieren un proceso de asesoría y acompañamiento para poder levantar la información necesaria para el registro de las piezas.

Se definieron los campos mínimos de Registro INGEP y los campos sugeridos para la Ficha básica de Inventario, junto con los requisitos exigidos para marcación y fotografías de las piezas. Con estos requisitos, se definió una estrategia para abordar las colecciones identificadas hasta el momento, en el cual, con las colecciones que tengan adelantado un proceso de documentación de los bienes que conforman su colección, se elaborará un plan de trabajo con el fin de que estas complementen la información requerida para adelantar su registro INGEP. Con aquellas colecciones que no tengan las capacidades

técnicas y operativas para desarrollar su propia documentación, se hará el acompañamiento o levantamiento de la información requerida.

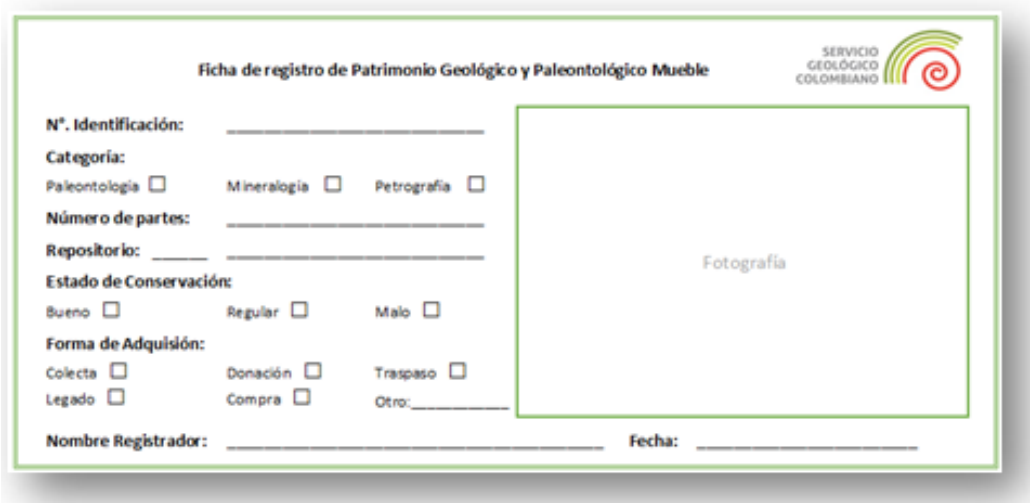


Figura 146. Campos de Ficha de Registro de Patrimonio Geológico y Paleontológico mueble

Con la finalidad de cumplir lo establecido por el Decreto 1353 de 2018 en el que se establecen 5 años para realizar el registro del patrimonio geológico y paleontológico mueble en el INGEP, de la mano con la plataforma de trámites, se organizaron los flujos de trabajo requeridos para el acercamiento a colecciones, cumplimiento de requisitos para así valorar y registrar las colecciones

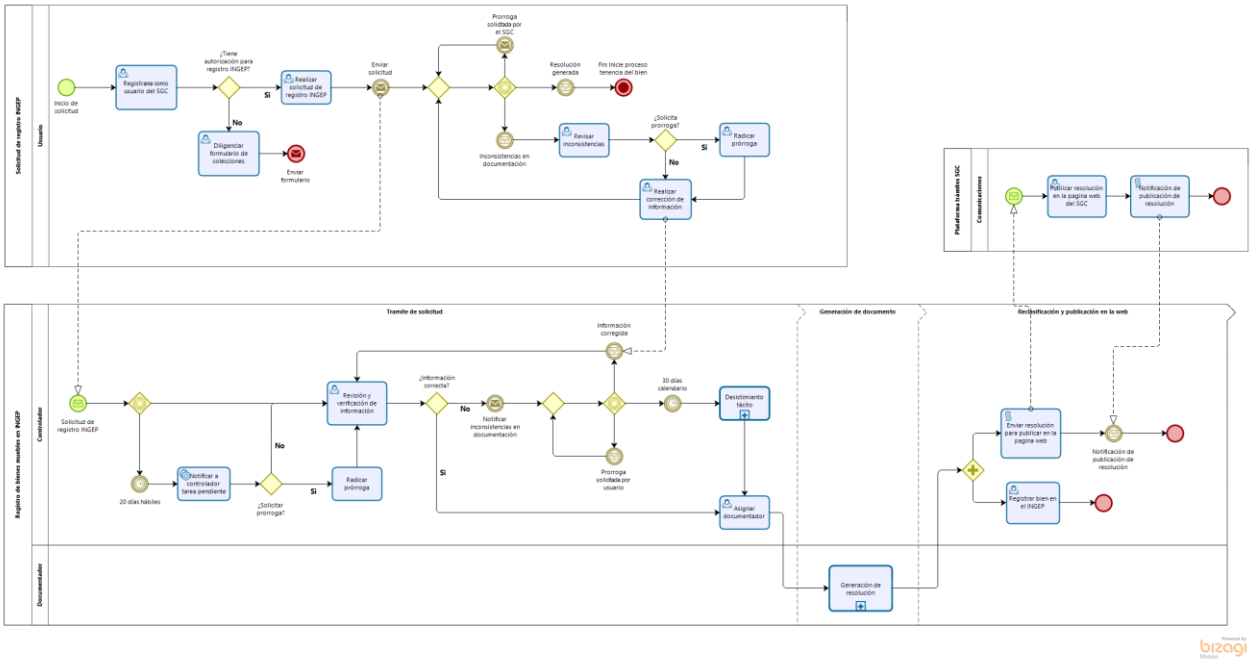


Figura 147. Flujo de trabajo para adelantar INGEP mueble.

De esta forma se estableció la siguiente metodología con sus respectivas herramientas:

- Identificación de colección en *Matriz de colecciones consolidada.*
- Envío de oficio solicitando información sobre existencia de colección y diligenciamiento de *Formulario de Identificación de Colecciones Geológicas y Paleontológicas.*
- Recibo de formulario e inclusión de colección en *Matriz de colecciones por tipo.*
- Visita a entidad para verificar información, socializar requisitos de registro de colección y elaborar Plan de Trabajo, que en algunos casos será acompañamiento a la entidad, en otros entrenamientos y acompañamiento.
- SGC realiza seguimiento a cumplimiento de Plan de Trabajo definido.
- Entidad consolida requisitos para Valoración, siendo éstos:
  - Diligenciamiento *Ficha de registro INGEP* (listado excel con los datos de cada una de las piezas que conforman la colección a ser registrada en el INGEP).
  - Carpeta digital con fotografías de todas las piezas sobre las que se solicita el registro INGEP, las cuales están relacionadas en el listado excel.
  - Marcado permanente de cada una de las piezas con su n° de identificación en la colección.
- SGC realiza visita para verificación de información y datos consignados en *Ficha de registro INGEP,* para esto se seleccionará una muestra con un número representativo de piezas para hacer una revisión aleatoria del cumplimiento de los requisitos, lo que

podrá dar como resultado iniciar la valoración o solicitar la corrección o complementación de la información entregada.
- De cumplir los requisitos se continúa con el Flujo de trabajo de Valoración y registró INGEP.

Siguiendo esta metodología, en el último trimestre del año se logró:

- Identificaron 8 nuevas colecciones.
- Descartó la existencia de colección en 6 entidades.
- Enviaron 26 oficios a colecciones solicitando el diligenciamiento del *Formulario de Identificación de Colecciones de Patrimonio Geológico y Paleontológico*
- Se visitaron 28 colecciones y se estableció plan de trabajo con 26 de ellas.
- Se realizaron 6 entrenamientos para cumplir con los requisitos del registro (levantamiento de inventario, marcación y registro fotográfico). 4 presenciales en la zona del Alto Ricaurte y 3 virtuales).

De acuerdo con la organización por tipo de colecciones, se avanzó con 26 de las 32 colecciones universitarias, de las cuales con 22 se logró concretar el diligenciamiento del *Formulario de identificación de colecciones* y se concretaron planes de trabajo. De colecciones regionales y particulares, se priorizaron las ubicadas en dos de los yacimientos fosilíferos más importantes del país, siendo las de la zona del sur del Alto Ricaurte y Tatacoa. Del Alto Ricaurte se avanzó reunión con reuniones con 7 de las colecciones y entrenamiento y levantamiento de inventario de 4. En la zona de Tatacoa se avanzó en reunión con todas las colecciones y establecimiento de plan de trabajo con una, el resto hay que desarrollar entrenamiento de levantamiento de inventario en 2020.

Patrimonio Inmueble

Para el levantamiento del Inventario Nacional Geológico y Paleontológico (INGEP) inmueble se definió en el primer semestre del año que la primera fase se desarrollará a través de un inventario seleccionando sitios de interés propuesto por diferentes expertos.

En el caso del INGEP, los sitios se han comenzado a elegir a partir de información recolectada de encuestas a expertos y literatura preexistente sobre sitios de interés geológico en Colombia, específicamente los trabajos de Hermelin (2015) y Palacio et al. (2016). Como resultado de la depuración de esta información se consolidó un listado de 168 posibles Geotopos, distribuidos en 26 departamentos los siguientes ejes temáticos.

Para el levantamiento del Inventario Nacional Geológico y Paleontológico (INGEP) se consolidó un directorio de pares académicos en los diferentes temas de las geociencias que este abordará, con el fin de realizar consultas específicas a externos durante el levantamiento del inventario. El directorio se construyó a partir de los perfiles

académicos y profesionales de profesores de instituciones universitarias con programas de geología, geociencias e ingeniería geológica para un total de 12 instituciones consultadas.

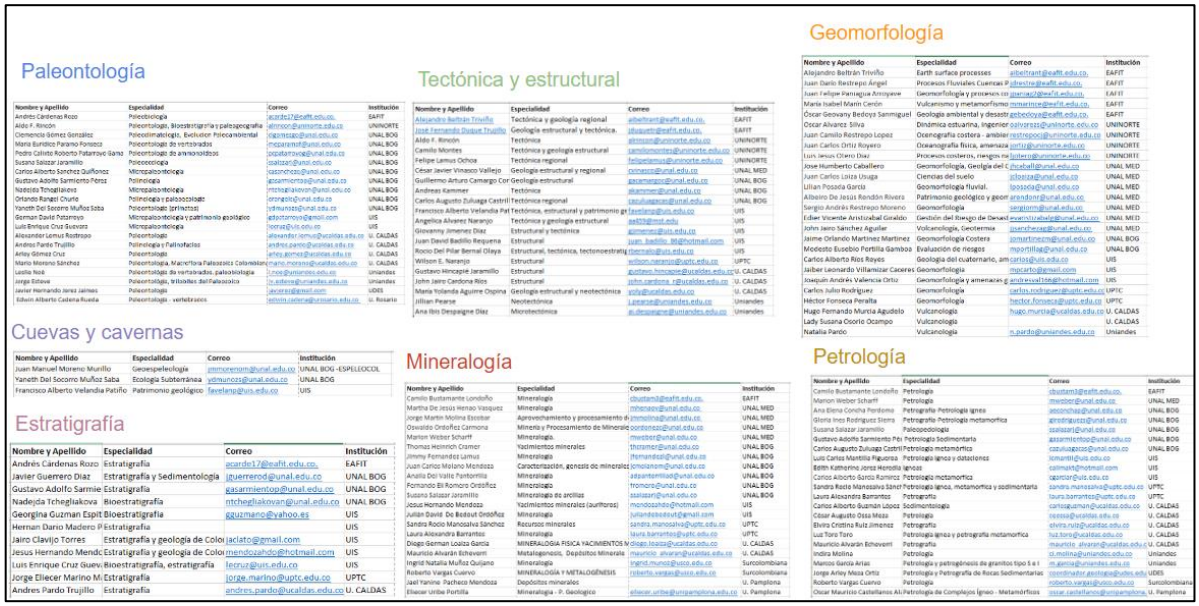


Figura 148. Directorio de pares académicos para el abordaje de 7 temas de las geociencias contemplados en el INGEP

Con base en los casos piloto abordados por el grupo, se define conveniente proceder con el inventario de los yacimientos paleontológicos, teniendo en cuenta que las todas las temáticas la paleontología es una de las líneas de investigación más avanzadas no solo del Museo sino en general de las geociencias en el país. Adicionalmente, los elementos paleontológicos son el foco de acción del Decreto 1353 de 2018, por lo que se ve la necesidad de priorizar y articular la protección tanto de los rasgos inmuebles como de los elementos muebles de ese tipo de patrimonio. Por lo tanto, se espera avanzar en los meses a seguir en el inventario de los 11 yacimientos paleontológicos identificados hasta la fecha.

Desarrollo de una geodatabase

Dentro de los objetivos de Estrategias de Geoconservación del Territorio Colombiano, se encuentra el desarrollo de una base de datos geográfica que incorpore el inventario nacional Geológico y Paleontológico, para los bienes muebles e inmuebles del país. La finalidad de la Geodatabase es almacenar los datos georreferenciados de las zonas declaradas a través de la plataforma INGEP (Inventario Nacional Geológico y Paleontológico) y posteriormente vincular la información al Geovisor del Servicio Geológico Colombiano

En el desarrollo de una geodatabase para el inventario nacional de patrimonio geológico y paleontológico se tomó como base las metodologías actuales para patrimonio mueble e inmueble, y así poder avanzar en la creación de esta herramienta SIG, para lo cual se han realizado las siguientes acciones:

- Selección de las capas de bases de datos Nacionales como SIAC, SICAT, SIGOT, SINAP, MIIG, DANE, que serán incorporadas dentro de la evaluación metodológica para patrimonio inmueble. De un total de 219 feature class se escogieron 33 que incluyen información cartográfica base (Vías, Construcciones, drenajes), Unidades Geológicas, Densidad Poblacional, Títulos Mineros, amenazas distintos eventos, Municipios, Veredas, Departamentos, entre otros.

- Se diseñaron modelos Entidad-relación, para definir los preliminarmente los campos que va a contener la Geodatabase.

- Localización de museos que contengan información Geológica y Paleontológica con el fin de ubicar geográficamente lugares de interés para patrimonio Inmueble.

- Se establecieron dos formularios base para el registro de las colecciones y la ficha de inventario de bienes Muebles de la Nación. Se establecieron campos de carácter obligatorio con los cuales se desarrolló el formato para la recopilación de la información en Museos y Entidades que contengan colecciones Geológicas, y que permite el cargue masivo de a la Geodatabase.

- Reporte de las incidencias en la plataforma de trámites y servicios del patrimonio geológico y paleontológico de la Nación, la cual se debe articular con la GDB para permitir el cargue masivo de almacenamiento. se desarrollaron nuevos flujos de trabajo para mejorar la interfaz de la plataforma de patrimonio geológico y paleontológico, para de esta forma poder tener una comunicación con los dominios que esta posee y los incorporados a la GDB. A continuación, se muestran los flujos de valoración y registro de los bienes de interés geológico y paleontológico mueble. Además, se crearon los subprocesos de recurso de reposición, generación de resolución, solicitud de prórroga desistimiento táctico.

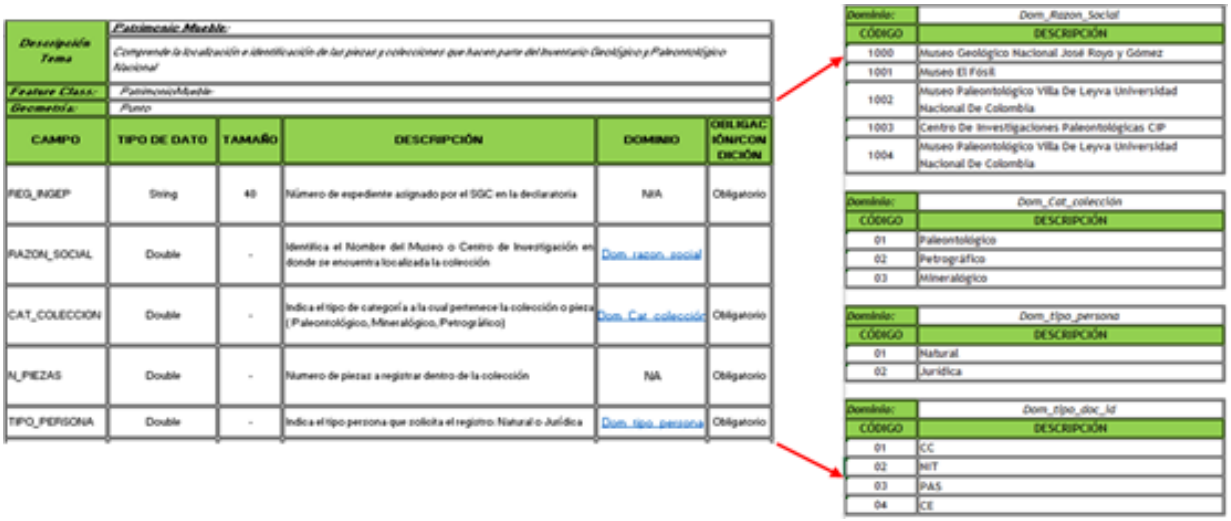
- Revisión y modificación de flujos de trabajo para la plataforma de trámites y servicios de patrimonio geológico y paleontológico para implementar nuevos desarrollos que se ajusten mejor a la interfaz de sharepoint, para de esta manera suplir las problemáticas que se presentan en la plataforma.

- A partir de la metodología ajustada de valoración de los bienes inmuebles de la nación seleccionaron los campos para el almacenamiento de la información en la base de datos geográfica.

- Se realizaron ajustes a los modelos relacionales, de acuerdo a los ajustes realizados en la ficha de inventario INGEP, se modificaron los modelos relacionales y los atributos para patrimonio mueble.

- Actualización al modelo lógico de patrimonio inmueble, de acuerdo a los ajustes realizados a la metodología de valoración, definición de ejes temáticos, en los cuales se definieron campos de importancia para la GDB.

Así mismo, se ha estado adelantando el diccionario de datos para la explicación de las capas, dominios y atributos que contendrá la Geodatabase.



Descripción Tema	Patrimonio Mueble: Comprende la localización e identificación de las piezas y colecciones que hacen parte del Inventario Geológico y Paleontológico Nacional
Feature Class:	PatrimonioMueble
Geometría:	Punto

CAMPO	TIPO DE DATO	TAMAÑO	DESCRIPCIÓN	DOMINIO	OBLIGACIÓN/CONDICIÓN
PEG_INGEP	String	40	Número de expediente asignado por el SGC en la declaratoria	NA	Obligatorio
RAZON_SOCIAL	Double	-	Identifica el Nombre del Museo o Centro de Investigación en donde se encuentra localizada la colección	Dom_razon_social	
CAT_COLECCION	Double	-	Indica el tipo de categoría a la cual pertenece la colección o pieza (Paleontológico, Mineralógico, Petrográfico)	Dom_Cat_colección	Obligatorio
N_PIEZAS	Double	-	Numero de piezas a registrar dentro de la colección	NA	Obligatorio
TIPO_PERSONA	Double	-	Indica el tipo persona que solicita el registro: Natural o Jurídica	Dom_tipo_persona	Obligatorio

Dominio:	Dom_Razon_Social
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
1000	Museo Geológico Nacional José Royo y Gómez
1001	Museo El Fósil
1002	Museo Paleontológico Villa De Leyva Universidad Nacional De Colombia
1003	Centro De Investigaciones Paleontológicas CIP
1004	Museo Paleontológico Villa De Leyva Universidad Nacional De Colombia

Dominio:	Dom_Cat_colección
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
01	Paleontológico
02	Petrográfico
03	Mineralógico

Dominio:	Dom_tipo_persona
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
01	Natural
02	Jurídica

Dominio:	Dom_tipo_doc_Id
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
01	CC
02	NIT
03	PAS
04	CE

Figura 149. Vista de diccionario de datos que se está desarrollando para descripción de la GDB.

En cuanto al desarrollo de una base de datos geográfica para las zonas de protección, se ha revisado información cartográfica suministrada por otras Entidades del estado para el proyecto piloto Alto Ricaurte. A la fecha se ha incorporado y generado cartografía secundaria de información suministrada por CORPOBOYACÁ, ICANH, ANH, ANM y Restitución de Tierras.

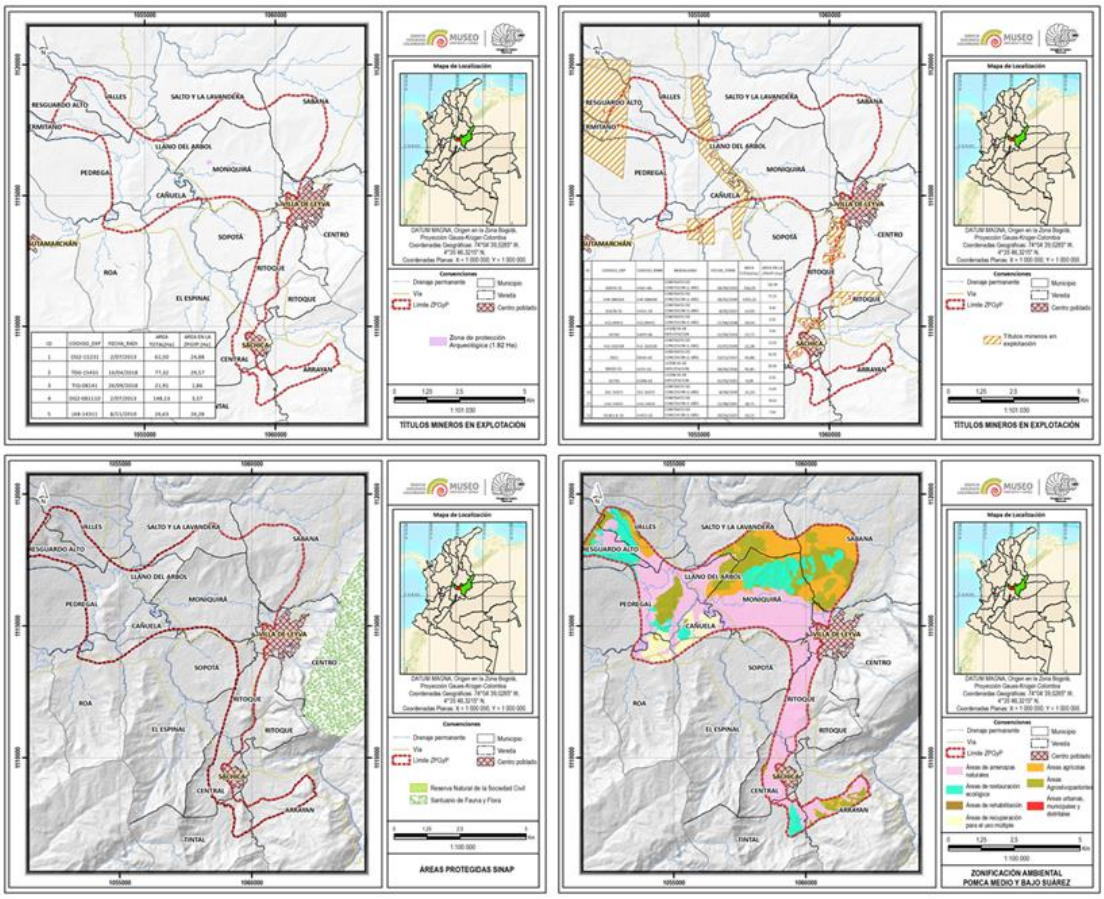


Figura 150. Información para incorporación en GDB para ZPGyP del Alto Ricaurte.

Desarrollo de lineamientos para formular planes de manejo mueble e inmueble

Planes de manejo mueble

Dentro del desarrollo de Planes de Manejo (PM) para Bienes de Interés mueble se decidió iniciar con un piloto en la zona del Alto Ricaurte, en el municipio de Sáchica (Boyacá): el PM de los pliosaurios de Sáchica. La formulación de este plan está enmarcada en el Convenio Marco Interadministrativo No.26-2017 para “Aunar esfuerzos técnicos, administrativos, financieros y humanos dirigidos a promover la protección, conservación y divulgación del patrimonio geológico y paleontológico del municipio de Sáchica” y es una actividad conjunta entre el Servicio Geológico Colombiano (SGC) y la Alcaldía del municipio.

Para esta labor, considerando la inexistencia de antecedentes de formulación de planes de manejo para patrimonio geológico y paleontológico mueble en el país, desde el SGC, se adelantó el primer borrador de los lineamientos para la formulación de un PM de

patrimonio mueble y se proyectaron los requerimientos en cuanto a contenidos y personal necesario para la formulación del plan.

En el mes de abril, se realizó una primera mesa de trabajo, donde se contó con la participación de todo el equipo que hace parte de la formulación del Plan de Manejo. Esta reunión se realizó en el municipio de Sáchica y en ella se presentó el cronograma y los contenidos generales relativos al plan y se acotó el rol de los profesionales involucrados en cada una de las etapas.



Figura 151. Modelo de Plan de Manejo de Patrimonio mueble

Adicionalmente, dentro del proceso de participación y socialización del plan, se realizó un primer taller donde se dio a conocer a la comunidad general del municipio de Sáchica, y en particular a la vereda Llanitos, el trabajo que se está adelantando, para fomentar el conocimiento y la apropiación social de patrimonio paleontológico del municipio. Este taller se convocó y desarrolló en el mes de mayo en articulación con la alcaldía de Sáchica, contando con la participación de 49 adultos y aproximadamente 20 niños, con quienes se logra un intercambio de saberes y el encuentro de puntos en común para la planeación, diseño e implementación del Plan de Manejo.



Figura 152. Primer taller de socialización del PM de los pliosaurios de Sáchica, desarrollado en el salón comunal de la vereda Arrayán, sector Llanitos

Gracias al trabajo adelantado por el equipo, a la fecha se ha realizado una identificación de las problemáticas actuales de la colección, junto con las posibles causas y consecuencias asociadas a éstas y, con base en las segundas entregas de información por parte de los profesionales involucrados, se consolida el documento de diagnóstico.

Considerando que en el primer semestre se desarrolló un documento de lineamientos para la formulación de planes de manejo para el patrimonio geológico y paleontológico mueble, y se comenzó su aplicación en una prueba piloto, con la Colección Paleontológica de Sáchica, Boyacá (antes identificado como pliosaurios de Sáchica). En el tercer trimestre, se tomó la decisión de concluir el avance del año sólo con la formulación del diagnóstico, considerando que para elaborar la Propuesta Integral es necesario concertar acciones con la Alcaldía de Sáchica, siendo ellos los custodios del patrimonio paleontológico hallado en el municipio, es así, que considerando que en el 2020 hay cambio de administración, se decidió espera hasta que se posesionen y así lograr la concertación requerida.

Por lo tanto, y para avanzar en ese aspecto, el 10 de diciembre se realizó una reunión con el Alcalde electo de Sáchica y dos de sus futuros secretarios para presentarles los avances obtenidos en el 2019 y discutir los requerimientos para la el Plan de Manejo protección de los Pliosaurios para el 2020. Reunión en la que se definió que se haría una reunión a principios del 2020 para concretar acciones y que la nueva alcaldía defina su rol en la protección del patrimonio paleontológico local.

Planes de manejo inmueble

El avance de este producto viene estrechamente ligado al avance en la revisión de la metodología de valoración para patrimonio inmueble. En ese sentido, el ajuste de los campos de la valoración en términos de los valores científico, educativo y cultural, así como la identificación de los factores de riesgo más importantes que operarían sobre el sitio, permitirán proponer los campos y diferentes componentes que deberá contener el plan de manejo de los Bienes inmuebles. Sin embargo, luego de las reuniones

adelantadas con la OAJ del SGC se define que planes de manejo para patrimonio inmueble solo contendrá la ZPPGP.

De manera paralela, se ha venido trabajando en un caso piloto, Peñol de Guatapé (Antioquia) donde se adelantó una caracterización geológica y una evaluación de los factores de riesgo y amenaza sobre el sitio. Con base en esta información, se propuso un primer esquema de plan de manejo para este posible geotopo que serviría de piloto para su evaluación.

Para lograr la gestión integral del Peñol de Guatapé, resulta interesante adoptar un enfoque de conservación orientado desde la ecología del paisaje en los términos propuestos por Carl Troll (1963). Se debe entender que los paisajes son herencia del pasado, que se debe gestionar para el futuro, pues estos son un recurso ambiental por derecho propio, y constituyen el marco a partir del cual evaluar y planificar la sostenibilidad teniendo en cuenta los componentes económicos, sociales, culturales y ecológicos (Phillips, 2002).

Se presentan algunas consideraciones y recomendaciones puntuales que el SGC ofrece a las administraciones municipales del territorio, a las comunidades interesadas y a la autoridad ambiental CORNARE, para que estas sean aplicadas en pro de la conservación del inselberg Peñol de Guatapé y su gestión integral en conexión con el paisaje y otros valores del patrimonio natural y cultural.

Lineamientos declaratoria zonas de protección patrimonial geológica y paleontológica

Se presentó ante la Oficina Asesora Jurídica una propuesta de declaratoria de Bienes de Interés Geológico y Paleontológico de carácter inmueble como estrategia alterna de protección para bienes inmuebles, adicional a la categoría ya existente de Zona de Protección Patrimonial Geológica y Paleontológica. Esta propuesta fue avalada y constituye una base jurídica a tener en cuenta para el desarrollo de los lineamientos para la declaratoria de Zonas de Protección Patrimonio Geológica y Paleontológica en el país y la formulación de los correspondientes Planes de Manejo.

Igualmente, los avances que se llevan en la actividad de Caracterización del PGyP inmueble, han sido base para iniciar con los posibles enfoques de geoconservación a partir de la caracterización de los ejes temáticos. Hasta la fecha se han planteado enfoques de geoconservación, posibles problemáticas y soluciones para los ejes temáticos de paleontología y mineralogía; estos enfoques están basados en la metodología principalmente usada por los ingleses, sin embargo, se presentarán modificaciones de acuerdo con la necesidad de conservación de nuestro territorio.

En el segundo trimestre se abordó el tema con una presentación al Grupo Museo sobre los lineamientos para los planes de manejo de los diferentes tipos de áreas protegidas que existen en el país (áreas arqueológicas protegidas, Bienes de Interés Cultural

inmuebles y Parques Nacionales Naturales). Igualmente, se revisaron los procedimientos de declaratoria de estas áreas en el país realizadas por las siguientes entidades: ICANH, Mincultura y Parques Nacionales Naturales de Colombia, con el fin de tenerlas en cuenta como referente y antecedentes del manejo de áreas protegidas en el contexto nacional. A partir de esto, se culminó la construcción de la primera parte del documento de lineamientos para la declaratoria de Zonas de Protección Patrimonio Geológica y Paleontológica, con la identificación de los antecedentes relevantes para este caso, entre los cuales están las declaratorias de áreas de protección en el país (áreas arqueológicas protegidas, Bienes de Interés Cultural inmuebles y Parques Nacionales Naturales) y los referentes de geoconservación y marco normativo para el documento.

Así pues, se planteó un nuevo flujo para el procedimiento inmueble contenido en cuatro (4) grandes etapas: identificación, valoración, declaratoria y manejo y gestión, como se puede observar en el siguiente gráfico. En ese sentido, la Zona de Protección se propone como una de varias estrategias de protección y gestión de un bien inmueble, mas no la única. Lo anterior, respondió a la lectura juiciosa de la normatividad vigente, así como al análisis de las implicaciones que la declaratoria de una zona de protección tiene sobre el territorio en términos de restricciones del uso del suelo, ordenamiento territorial, desarrollo de actividades productivas, entre otros; haciendo inviable la declaratoria de un número muy elevado de zonas de protección en el país.

Para el desarrollo de esta actividad también se tienen en cuenta los avances en el proyecto de caracterización geológica del Alto Ricaurte, ya que esta región será piloto para la implementación de estos lineamientos y declaratoria para Zonas de Protección Patrimonial Geológica y Paleontológica (ZPPGyP).

Durante el tercer trimestre del año Se culminó la construcción del documento de lineamientos para la declaratoria de Zonas de Protección Patrimonio Geológica y Paleontológica, para iniciar con mesas de trabajo internas para realizas ajustes, comentarios y completar ese documento desde la visión de la conservación del patrimonio geológico y paleontológico. El documento cuenta varios capítulos que inician con la definición bases jurídicas, el objetivo y procedimiento de declaratoria, las diferentes fases de aprestamiento, formulación y finalmente la declaratoria.

En ese sentido, las ZPPGP plantean una escala de análisis, protección y gestión diferente a la de los Bienes de Interés Geológico y Paleontológico, constituyendo áreas o polígonos debidamente definidos las cuales pueden comprender uno o un conjunto de Bienes de Interés, así como geotopos. A continuación, se presentan los lineamientos puntuales para su definición, declaratoria y manejo.

Durante el último trimestre del año 2019 se concluyó el proceso de redacción del documento de lineamientos para la declaratoria de Zonas de Protección Patrimonial

Geológica y Paleontológica en Colombia. Este documento se ajustó y complementó a partir de los resultados de las discusiones con el grupo de trabajo inmueble del Grupo Museo y la coordinadora, así como en el concepto de la Oficina Asesora Jurídica en referencia a las declaratorias para patrimonio inmueble. Este documento consta de los siguientes componentes:

1 ANTECEDENTES NORMATIVOS Y MARCOS DE REFERENCIA PARA ÁREAS PROTEGIDAS EN COLOMBIA
1.1 Definición de patrimonio inmueble
1.2 Antecedentes sobre la declaratoria de áreas protegidas en Colombia
1.2.1 Bienes de Interés Cultural – BIC de carácter inmueble
1.2.2 Parques Nacionales Naturales de Colombia
1.2.3 Áreas Arqueológicas Protegidas
1.2.4 Conclusiones
2 EL PATRIMONIO GEOLÓGICO Y PALEONTOLÓGICO INMUEBLE
2.1 Definición de patrimonio natural universal
2.2 Geoconservación y áreas protegidas
2.3 Marco normativo colombiano
2.4 El patrimonio geológico y paleontológico inmueble en Colombia
3 ZONAS DE PROTECCIÓN PATRIMONIAL GEOLÓGICA Y PALEONTOLÓGICA – ZPPGP
3.1 Definición y bases jurídicas
3.2 Objetivo y visión de la declaratoria
3.3 Valoración patrimonial
3.4 Procedimiento para la declaratoria
3.4.1 Fase 1. Preparación o Aprestamiento
3.4.2 Fase 2. Formulación
3.4.2.1 Etapa 1
3.4.2.2 Etapa 2
3.4.2.3 Etapa 3
3.4.2.4 Etapa 4
3.4.2.5 Etapa 5
3.4.3 Fase 3. Declaratoria
3.5 Plan de Manejo y Protección
3.5.1 Esquema para el Plan de Manejo y Protección
3.5.1.1 Parte 1: Diagnóstico y caracterización
3.5.1.1.1 Introducción
3.5.1.1.2 Objetivo y Visión de la ZPPGP
3.5.1.1.3 Objetivos del plan
3.5.1.1.4 Caracterización del área y sus bienes patrimoniales
3.5.1.1.5 Caracterización territorial
3.5.1.1.6 Justificación de la declaratoria
3.5.1.2 Parte 2. Ordenamiento

3.5.1.2.1 Delimitación de la zona de protección y su zona de influencia
3.5.1.3 Parte 3. Plan Estratégico de Manejo
3.5.1.3.1 Estrategias de manejo
3.5.1.3.2 Proyectos
3.5.1.3.3 Acciones
3.5.1.3.4 Indicadores de monitoreo
3.5.1.3.5 Cronograma
3.5.1.3.6 Presupuesto
3.5.1.3.7 Esquema de gestión
3.5.1.3.8 Sostenibilidad financiera
3.5.1.3.9 Bibliografía
3.5.1.3.10 Anexos
3.6 Intervenciones en ZPPGP
3.7 Monitoreo y seguimiento
4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

En el marco del proceso para la declaratoria del Alto Ricaurte como caso piloto de una Zona de Protección Patrimonial Geológica y Paleontológica, durante el último trimestre del año 2019 se realizó la caracterización territorial como capítulo del Plan de Manejo y Protección respectivo. Para esto se realizó revisión de fuentes secundarias, se estableció contacto con entidades del orden nacional, regional y local, visita de reconocimiento en campo y análisis de la información.

Este documento da cuenta de los aspectos más relevantes que deben tenerse en cuenta para la delimitación de los polígonos de la declaratoria y la definición de usos del suelo en la zona. Así mismo, identifica los posibles conflictos de uso del suelo y tensiones institucionales que deben considerarse.

Dicho documento consta de los siguientes apartados:
1 METODOLOGÍA
2 ACTORES INSTITUCIONALES
2.1 Identificación de actores institucionales e información relevante
2.2 Información territorial
2.2.1 Alcaldía municipal de Villa de Leyva
2.2.2 Alcaldía municipal de Sáchica
2.2.3 Alcaldía municipal de Sutamarchán
2.2.4 Gobernación de Boyacá
2.2.5 Corporación Autónoma Regional de Boyacá – CORPOBOYACÁ
2.2.6 Agencia Nacional de Minería – ANM
2.2.7 Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH
2.2.8 Parques Nacionales Naturales de Colombia
2.2.9 Instituto Colombiano de Antropología e Historia – ICANH

2.2.10 Ministerio del Interior
2.2.11 Agencia Nacional de Tierras – ANT
2.2.12 Ministerio de Cultura
2.2.13 Agencia Nacional de Infraestructura – ANI
2.2.14 Departamento Nacional de Planeación – DNP
2.2.15 Presidencia de la República
2.2.16 FONTUR
2.2.17 Ministerio de Minas y Energía
2.2.18 Otros actores sociales
2.2.19 Identificación de usos del suelo en el área de interés
2.2.19.1 Lomas Miembro Arcillolitas Abigarradas (Área directa)
2.2.19.2 Zona de influencia
2.3 Tensiones y posibles conflictos en el uso del suelo

Proyecto de Gestión ID 1001307: Investigaciones Geológicas y Paleontológicas del Territorio Nacional

Gerente de Proyecto: Marcela Gómez

Caracterización Geológica y Paleontológica de colecciones

Como parte de la implementación de buenas prácticas para la protección de colecciones geológicas y paleontológicas se realizaron durante el año 2019 las siguientes actividades relacionadas con identificación, inventario, registro y conservación de colecciones.

Implementación de prácticas de protección de colecciones

Durante este año se realizó la identificación, registro fotográfico, así como la correspondiente edición, marcación y ubicación digital de los archivos fotográficos y diligenciamiento en la plantilla de inventario de un total de 7.302 piezas geológicas y paleontológicas que se encuentran en la colección del Museo Geológico Nacional (ver Figura)

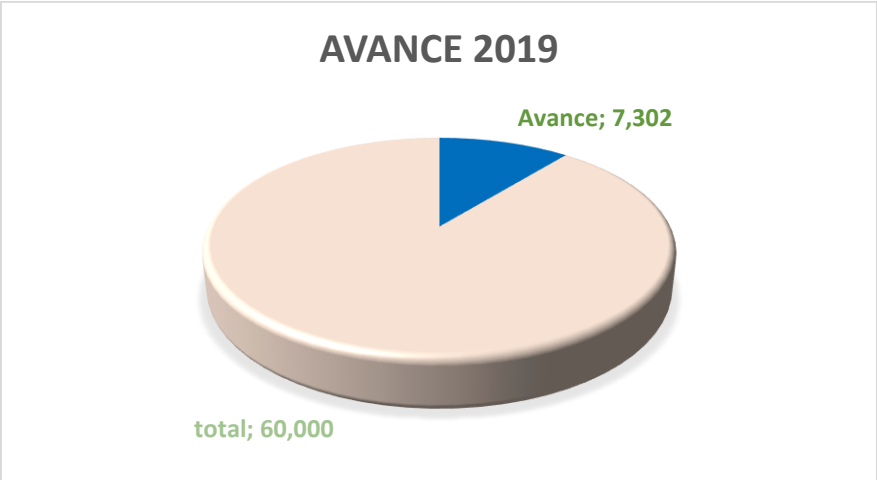


Figura 153. Avance 2019 en levantamiento y sistematización del inventario de las colecciones del Museo Geológico Nacional

Cuidado y conservación de colecciones: se llevó a cabo el proceso de limpieza superficial de las 7.302 piezas que fueron inventariadas.

Adicionalmente en el segundo semestre se inició la implementación del Programa de Control Medioambiental del Museo, el cual consiste en registro constante de las condiciones de Humedad Relativa y temperatura que se presentan al interior de las diferentes vitrinas del Museo (No. 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53 y 138). Se pudo identificar rangos de temperatura exilan entre 18°C y 45,6°C; así como rangos de humedad relativa entre 18,9 y 65%.

Fue necesario llevar a cabo procesos de conservación de emergencia, limpieza y reubicación temporal de 101 piezas que se encontraban en la vitrina No. 128 del Museo, debido a los problemas de filtración de agua que se presentaron en la sala central del mismo. De igual forma, fue necesario proteger temporalmente la estructura de la vitrina, mientras se solucionaba la filtración.

Producto de las actividades de Conservación Preventiva se realizó limpieza, organización y desecho de basura del Laboratorio 1, ya que nuevamente se encontraba en desorden y acumulación de desechos y elementos que no deben encontrarse en el lugar.

Durante el periodo se llevaron a cabo actividades de apoyo a prácticas de gestión de colecciones, así:

- Inventario INGEP, limpieza, marcación y embalaje de 670 colección vereda Zaragoza del municipio de Colombia Huila.
- Inventario INGEP, limpieza, marcación y embalaje de 1.340 piezas pertenecientes al Museo El Fósil, vereda Monquirá del municipio de Villa de Leyva, Bogotá.
- Capacitación, inventario INGEP y marcación de 287 piezas pertenecientes al Museo Luis Alberto Acuña del municipio de Villa de Leyva.
- Capacitación, inventario INGEP y marcación de 218 piezas pertenecientes al Museo Kosmos del municipio de Villa de Leyva.

Durante el periodo reportado se tramitaron y atendieron 88 consultas de material geológico y paleontológico, perteneciente a las colecciones del Museo, solicitadas por investigadores internos (29) y externos (59).

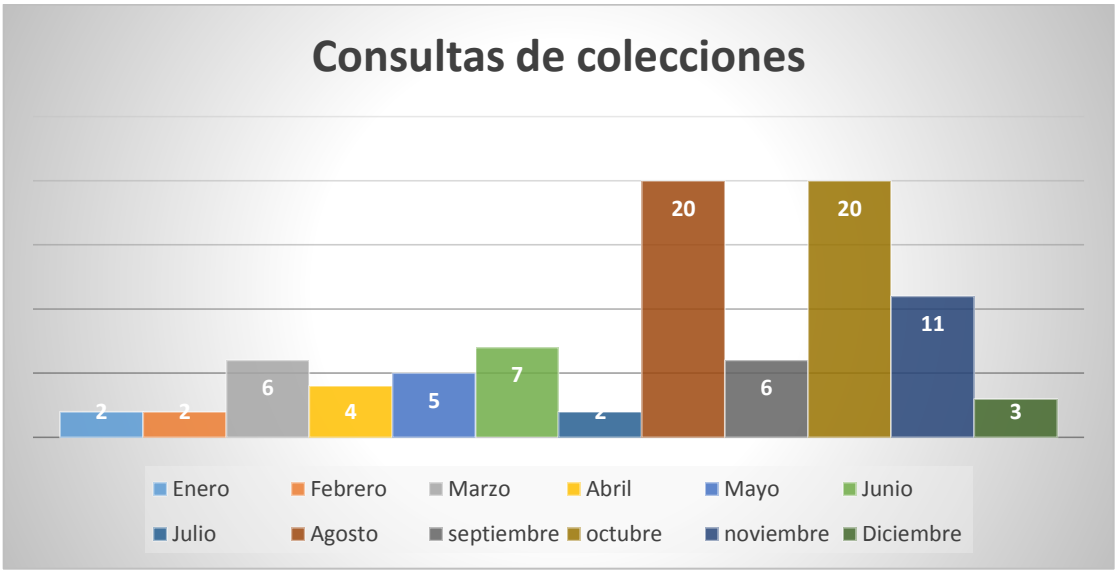


Figura 154. Consulta de colecciones año 2019

Finalmente, se realizó lo respectivo a conceptualización, logística, construcción de agenda, inscripciones y recepción de ponencias para el Primer encuentro de museos y colecciones geológicas y paleontológicas del país, el cual se llevó a cabo los días 5 y 6 de septiembre. En el marco de estas actividades se llevaron a cabo reuniones con el Programa de Fortalecimiento del Museo Nacional, el cual ha apoyado en lo referente a la realización del evento.

Adicionalmente asistieron 40 personas representando a 20 Instituciones y Colecciones Geológicas a nivel nacional lo que permitió la creación de la Red Temática de Museos y Colecciones Geológicas y Paleontológicas.

Atender hallazgos fortuitos de patrimonio geológico y paleontológico

Las excavaciones llevadas a cabo durante 2019 fueron en su mayoría relacionadas con hallazgos fortuitos. Sin embargo, se llevaron a cabo dos excavaciones programadas: una en el municipio de Anolaima, Cundinamarca, en el yacimiento de megafauna continental reportado en 2017 en un predio de la Institución Educativa Departamental Carlos Giraldo; y otra en el municipio de Sáchica, Boyacá, en la que se extrajeron restos de un reptil marino. Esta última pudo ser culminada con éxito, habiendo colectado únicamente restos craneales del reptil.

Por su parte, la excavación de Anolaima permitió el hallazgo de nuevos restos de especies antes no reportadas en este yacimiento (perezosos gigantes). Adicionalmente, se pudo entender mejor el yacimiento e interpretar su magnitud, confirmando que este requerirá de un plan de acción a largo plazo para completar la colección del material que allí permanece.

Durante el año 2019 se recibieron reportes de hallazgos fortuitos, de los cuales cinco requirieron de atención presencial por parte de los paleontólogos del SGC. Estos ocurrieron en los municipios de Aipe (Huila), Moniquirá (Boyacá) y Villa de Leyva (Boyacá). La mayoría de los hallazgos se hicieron en lugares que requerían una atención inmediata, debido a que se encontraban obstaculizando labores de obras en carreteras.

Entre los fósiles rescatados con éxito se encuentran una tortuga (Aipe), un reptil marino (Villa de Leyva) y dos troncos fosilizados (Villa de Leyva). Un tronco fosilizado hallado en Aipe no pudo ser rescatado debido a problemas de accesibilidad, ya que se encontraba a una gran altura y no se le permitió al personal acceder sin tener la capacitación correspondiente. Por otro lado, un reptil marino hallado en Moniquirá pudo ser rescatado sólo parcialmente, debido a que este se halló en un talud de carretera y su excavación requiere de una planeación más detallada, la cual está siendo desarrollada con el apoyo de personal de Geoamenazas del SGC. Se espera que esta última excavación pueda ser culminada en el año 2020.

Las excavaciones llevadas a cabo durante 2019 fueron en su mayoría relacionadas con hallazgos fortuitos. Sin embargo, se llevaron a cabo dos excavaciones programadas: una en el municipio de Anolaima, Cundinamarca, en el yacimiento de megafauna continental reportado en 2017 en un predio de la Institución Educativa Departamental Carlos Giraldo; y otra en el municipio de Sáchica, Boyacá, en la que se extrajeron restos de un reptil marino. Esta última pudo ser culminada con éxito, habiendo colectado únicamente restos craneales del reptil.

Por su parte, la excavación de Anolaima permitió el hallazgo de nuevos restos de especies antes no reportadas en este yacimiento (perezosos gigantes). Adicionalmente, se pudo entender mejor el yacimiento e interpretar su magnitud, confirmando que este requerirá de un plan de acción a largo plazo para completar la colección del material que allí permanece.

Durante el año 2019 se recibieron reportes de hallazgos fortuitos, de los cuales cinco requirieron de atención presencial por parte de los paleontólogos del SGC. Estos ocurrieron en los municipios de Aipe (Huila), Moniquirá (Boyacá) y Villa de Leyva (Boyacá). La mayoría de los hallazgos se hicieron en lugares que requerían una atención inmediata, debido a que se encontraban obstaculizando labores de obras en carreteras.

Entre los fósiles rescatados con éxito se encuentran una tortuga (Aipe), un reptil marino (Villa de Leyva) y dos troncos fosilizados (Villa de Leyva). Un tronco fosilizado hallado en Aipe no pudo ser rescatado debido a problemas de accesibilidad, ya que se encontraba a una gran altura y no se le permitió al personal acceder sin tener la capacitación correspondiente. Por otro lado, un reptil marino hallado en Moniquirá pudo ser rescatado sólo parcialmente, debido a que este se halló en un talud de carretera y su excavación requiere de una planeación más detallada, la cual está siendo desarrollada con el apoyo de personal de Geoamenazas del SGC.

Se espera que esta última excavación pueda ser culminada en el año 2020.



Figura 155. Excavación de un plesiosauroideo reportado en la vereda Salto y La lavandera del Municipio de Villa de Leyva

Trámites del sistema de gestión de patrimonio geológico y paleontológico

En el año 2019 se realizaron declaratorias de patrimonio geológico en el país en lo referente a patrimonio mueble, es decir Bienes de Interés Geológico y Paleontológico.

En total se declararon y registraron en el Inventario Nacional Geológico y Paleontológico (INGEP), 124 Bienes de Interés Geológico y Paleontológico, los cuales se especifican en la Tabla 14, se autorizaron 91 solicitudes de Tenencia temporal de Bienes de Interés

Geológico y Paleontológico Tabla 15, y se autorizó una solicitud de Movilización y/o Exhibición de Bienes de Interés Geológico y Paleontológico dentro del territorio nacional correspondiente de 91 Bienes de Interés Geológico y Paleontológico para su exhibición en una exposición temporal en el Parque Explora Tabla 16.

Durante el año 2019 se llevaron a cabo 124 declaratorias de Bienes y de Interés Geológico y Paleontológico, de las cuales 30 habían sido recibidas entre los meses de noviembre y diciembre del año 2018, y las restantes 94 entre abril y octubre del año 2019.

De las piezas declaradas, 31 pertenecen a la colección del Museo Geológico Nacional José Royo y Gómez, de las cuales 18 corresponden a decomisos, 2 se encuentran en el Smithsonian Tropical Research Institute, y 11 se encuentran en comodato con el Museo Nacional, 92 pertenecen a la colección de la Fundación Vigías del Patrimonio Paleontológico La Tatacoa, y 1 hace parte de un decomiso de la Fiscalía General de la Nación.

Del total de los Bienes de Interés Geológico y Paleontológico declarados, 113 corresponden a piezas paleontológicas, lo cual representa >90% del total declarados, y 11 son piezas petrográficas.

A continuación, se muestra la descripción general de cada uno de los Bienes de Interés Geológico y Paleontológico, y el acto administrativo mediante el cual se declaró.

Tabla 15. Bienes de Interés Geológico y Paleontológico

No. de trámite	Resolución	Tipo de pieza	Descripción pieza	Radicado ingreso ORFEO
53	Resolución No. DGB-001 del 27/02/2019	Petrográfica	Toba Porfirítica densa	20182610089112
54	Resolución No. DGB-002 del 27/02/2019	Petrográfica	Andesita Hornblendica	20182610089122
55	Resolución No. DGB-003 del 27/02/2019	Petrográfica	Cuarcita	20182610089132
56	Resolución No. DGB-004 del 27/02/2019	Petrográfica	Basalto feldespático	20182610089142
58	Resolución No. DGB-005 del 27/02/2019	Petrográfica	Carbón	20182610089192
59	Resolución No. DGB-006 del 27/02/2019	Petrográfica	Chert	20182610089202
60	Resolución No. DGB-007 del 27/02/2019	Petrográfica	Siderita arcillosa areniscosa (Arenisca arcillosa-calcárea limonitizada)	20182610089242
61	Resolución No. DGB-008 del 27/02/2019	Petrográfica	Dacita	20182610089292

No. de trámite	Resolución	Tipo de pieza	Descripción pieza	Radicado ingreso ORFEO
62	Resolución No. DGB-009 del 27/02/2019	Petrográfica	Dacita	20182610089302
63	Resolución No. DGB-010 del 27/02/2019	Petrográfica	Gneis diorítico alterado (Andesita hornbléndica)	20182610089312
64	Resolución No. DGB-011 del 27/02/2019	Petrográfica	Toba Caliza (Travertino)	20182610089332
32	Resolución No. DGB-012 del 4/03/2019	Paleontológica	Paradracaena colombiana	20182610084532
12	Resolución No. DGB-013 del 6/05/2019	Paleontológica	Fragmento de plastrón de tortuga	20182610082042
33 36	Resolución No. DGB-014 del 6/05/2019	Paleontológica	Fragmentos mandibulares de Astrapoterio	20182610086932 20182610087172
34	Resolución No. DGB-015 del 6/05/2019	Paleontológica	Fragmento de rama mandibular con tercer molar inferior (m3) de *Granastrapotherium snorki*	20182610086962
35	Resolución No. DGB-016 del 6/05/2019	Paleontológica	Vértebra con procesos trasversos de caimán	20182610087092
37-45	Resolución No. DGB-017 del 6/05/2019	Paleontológica	Fragmentos de caparazón de tortuga	20182610087272 20182610087852
38	Resolución No. DGB-018 del 6/05/2019	Paleontológica	Diente de caimán	20182610087382
39	Resolución No. DGB-019 del 6/05/2019	Paleontológica	Diente de caimán gigante (Purussaurus)	20182610087422
40	Resolución No. DGB-020 del 6/05/2019	Paleontológica	Costilla de mamífero (manatí)	20182610087432
41	Resolución No. DGB-021 del 6/05/2019	Paleontológica	Fragmento de caparazón de tortuga (Chelus)	20182610087502
42	Resolución No. DGB-022 del 6/05/2019	Paleontológica	Fragmento de cintura pélvica de tortuga	20182610087802
43	Resolución No. DGB-023 del 6/05/2019	Paleontológica	Fragmento de caparazón de tortuga	20182610087812
44	Resolución No. DGB-024 del 6/05/2019	Paleontológica	Fragmento de caparazón de tortuga	20182610087822
46	Resolución No. DGB-025 del 6/05/2019	Paleontológica	Fragmento de caparazón de tortuga (Chelus?)	20182610087872
47	Resolución No. DGB-026 del 6/05/2019	Paleontológica	Fragmento de caparazón de tortuga	20182610087922
48	Resolución No. DGB-027 del 6/05/2019	Paleontológica	Fragmento de caparazón de tortuga	20182610088002
49	Resolución No. DGB-028 del 6/05/2019	Paleontológica	Fragmento de cráneo de pez	20182610088052
50	Resolución No. DGB-029 del 6/05/2019	Paleontológica	Segundo Molar Superior de Granastrapotherium snorki	20182610088282
51	Resolución No. DGB-030 del 6/05/2019	Paleontológica	Hueso frontal/parietal de crocodiliforme	20182610088342
143	Resolución No. DGB-031 del 16/05/2019	Paleontológica	Gerhardtia veleziensis	20192600043172

No. de trámite	Resolución	Tipo de pieza	Descripción pieza	Radicado ingreso ORFEO
126	Resolución No. DGB-032 del 6/06/2019	Paleontológica	Angiospermae indet	20192600035412
127	Resolución No. DGB-033 del 6/06/2019	Paleontológica	Fabaceae indet	20192600035432
188	Resolución No. DGB-034 del 12/11/2019	Paleontológica	osteodermo de *Purussaurus*	20192600101472
188	Resolución No. DGB-035 del 12/11/2019	Paleontológica	coprolito indeterminado	20192600101472
188	Resolución No. DGB-036 del 12/11/2019	Paleontológica	xilópalo indeterminado	20192600101472
188	Resolución No. DGB-037 del 12/11/2019	Paleontológica	hueso escamoso de *Mourasuchus*	20192600101472
188	Resolución No. DGB-038 del 12/11/2019	Paleontológica	diente de *Langstonia*	20192600101472
188	Resolución No. DGB-039 del 12/11/2019	Paleontológica	diente de *Langstonia*	20192600101472
188	Resolución No. DGB-040 del 12/11/2019	Paleontológica	diente de *Langstonia*	20192600101472
188	Resolución No. DGB-041 del 12/11/2019	Paleontológica	diente de *Langstonia*	20192600101472
188	Resolución No. DGB-042 del 12/11/2019	Paleontológica	dientes de Gliptodonte	20192600101472
188	Resolución No. DGB-043 del 12/11/2019	Paleontológica	osteodermo de *Mourasuchus*	20192600101472
188	Resolución No. DGB-044 del 12/11/2019	Paleontológica	osteodermo de *Mourasuchus*	20192600101472
188	Resolución No. DGB-045 del 12/11/2019	Paleontológica	osteodermo de *Mourasuchus*	20192600101472
188	Resolución No. DGB-046 del 12/11/2019	Paleontológica	osteodermo de *Mourasuchus*	20192600101472
188	Resolución No. DGB-047 del 12/11/2019	Paleontológica	osteodermo de *Pampatherium*	20192600101472
188	Resolución No. DGB-048 del 12/11/2019	Paleontológica	Vertebras de Pampatherio	20192600101472
188	Resolución No. DGB-049 del 12/11/2019	Paleontológica	dientes de cachama	20192600101472
188	Resolución No. DGB-050 del 12/11/2019	Paleontológica	dientes de cachama	20192600101472
188	Resolución No. DGB-051 del 12/11/2019	Paleontológica	restos de *Miocochilius*	20192600101472
188	Resolución No. DGB-052 del 12/11/2019	Paleontológica	vértebra de *Miocochilius*	20192600101472
188	Resolución No. DGB-053 del 12/11/2019	Paleontológica	restos óseos de *Miocochilius*	20192600101472
188	Resolución No. DGB-054 del 12/11/2019	Paleontológica	placas neurales de tortuga	20192600101472
188	Resolución No. DGB-055 del 12/11/2019	Paleontológica	placa neural de tortuga	20192600101472

No. de trámite	Resolución	Tipo de pieza	Descripción pieza	Radicado ingreso ORFEO
188	Resolución No. DGB-056 del 12/11/2019	Paleontológica	placa neural de tortuga	20192600101472
188	Resolución No. DGB-057 del 12/11/2019	Paleontológica	placa neural de tortuga	20192600101472
188	Resolución No. DGB-058 del 12/11/2019	Paleontológica	osteodermos de cocodrilo indeterminados	20192600101472
188	Resolución No. DGB-059 del 12/11/2019	Paleontológica	osteodermo de cocodrilo indeterminado	20192600101472
188	Resolución No. DGB-060 del 12/11/2019	Paleontológica	osteodermo de cocodrilo indeterminado	20192600101472
188	Resolución No. DGB-061 del 12/11/2019	Paleontológica	osteodermo de cocodrilo indeterminado	20192600101472
188	Resolución No. DGB-062 del 12/11/2019	Paleontológica	osteodermos de gliptodonte	20192600101472
188	Resolución No. DGB-063 del 12/11/2019	Paleontológica	osteodermo de gliptodonte	20192600101472
188	Resolución No. DGB-064 del 12/11/2019	Paleontológica	osteodermo de gliptodonte	20192600101472
188	Resolución No. DGB-065 del 12/11/2019	Paleontológica	dactilopoditos de cangrejo tricodactílido	20192600101472
188	Resolución No. DGB-066 del 12/11/2019	Paleontológica	quelípedo articulado de cangrejo	20192600101472
188	Resolución No. DGB-067 del 12/11/2019	Paleontológica	dactilopodito de cangrejo	20192600101472
188	Resolución No. DGB-068 del 12/11/2019	Paleontológica	dientes de gavial	20192600101472
188	Resolución No. DGB-069 del 12/11/2019	Paleontológica	diente de gavial	20192600101472
188	Resolución No. DGB-070 del 12/11/2019	Paleontológica	diente de gavial	20192600101472
188	Resolución No. DGB-071 del 12/11/2019	Paleontológica	diente de *Purussaurus*	20192600101472
188	Resolución No. DGB-072 del 12/11/2019	Paleontológica	diente de *Purussaurus*	20192600101472
188	Resolución No. DGB-073 del 12/11/2019	Paleontológica	diente de *Purussaurus*	20192600101472
188	Resolución No. DGB-074 del 12/11/2019	Paleontológica	diente de *Purussaurus*	20192600101472
188	Resolución No. DGB-075 del 12/11/2019	Paleontológica	diente de *Purussaurus*	20192600101472
188	Resolución No. DGB-076 del 12/11/2019	Paleontológica	escamas de pirarucú	20192600101472
188	Resolución No. DGB-077 del 12/11/2019	Paleontológica	escama de pirarucú	20192600101472
188	Resolución No. DGB-078 del 12/11/2019	Paleontológica	escama de pirarucú	20192600101472
188	Resolución No. DGB-079 del 12/11/2019	Paleontológica	escama de pirarucú	20192600101472

No. de trámite	Resolución	Tipo de pieza	Descripción pieza	Radicado ingreso ORFEO
188	Resolución No. DGB-080 del 12/11/2019	Paleontológica	osteodermos de armadillo	20192600101472
188	Resolución No. DGB-081 del 12/11/2019	Paleontológica	osteodermos de armadillo	20192600101472
188	Resolución No. DGB-082 del 12/11/2019	Paleontológica	osteodermos de *Purussaurus*	20192600101472
188	Resolución No. DGB-083 del 12/11/2019	Paleontológica	osteodermo de *Purussaurus*	20192600101472
188	Resolución No. DGB-084 del 12/11/2019	Paleontológica	osteodermo de *Purussaurus*	20192600101472
188	Resolución No. DGB-085 del 12/11/2019	Paleontológica	opérculo de pez	20192600101472
188	Resolución No. DGB-086 del 12/11/2019	Paleontológica	opérculo de pez (bagre)	20192600101472
188	Resolución No. DGB-087 del 12/11/2019	Paleontológica	opérculo de bagre	20192600101472
188	Resolución No. DGB-088 del 12/11/2019	Paleontológica	opérculo de bagre	20192600101472
188	Resolución No. DGB-089 del 12/11/2019	Paleontológica	opérculo de bagre	20192600101472
188	Resolución No. DGB-090 del 12/11/2019	Paleontológica	diente de toxodonte	20192600101472
188	Resolución No. DGB-091 del 12/11/2019	Paleontológica	diente de toxodonte	20192600101472
188	Resolución No. DGB-092 del 12/11/2019	Paleontológica	diente de toxodonte	20192600101472
188	Resolución No. DGB-093 del 12/11/2019	Paleontológica	diente de toxodonte	20192600101472
188	Resolución No. DGB-094 del 12/11/2019	Paleontológica	diente de toxodonte	20192600101472
188	Resolución No. DGB-095 del 12/11/2019	Paleontológica	fragmento de cráneo Bagre (Brachyplatystoma)	20192600101472
188	Resolución No. DGB-096 del 12/11/2019	Paleontológica	vértebra de pez	20192600101472
188	Resolución No. DGB-097 del 12/11/2019	Paleontológica	vértebra de pez	20192600101472
188	Resolución No. DGB-098 del 12/11/2019	Paleontológica	fragmento de aleta pectoral de pez siluriforme	20192600101472
188	Resolución No. DGB-099 del 12/11/2019	Paleontológica	fragmento de aleta pectoral de pez	20192600101472
188	Resolución No. DGB-100 del 12/11/2019	Paleontológica	diente perezoso	20192600101472
188	Resolución No. DGB-101 del 12/11/2019	Paleontológica	falange de Mamifero	20192600101472
188	Resolución No. DGB-102 del 12/11/2019	Paleontológica	vértebra de cingulado	20192600101472
188	Resolución No. DGB-103 del 12/11/2019	Paleontológica	astrágalo de *Miocochilius*	20192600101472

No. de trámite	Resolución	Tipo de pieza	Descripción pieza	Radicado ingreso ORFEO
188	Resolución No. DGB-104 del 12/11/2019	Paleontológica	elemento articular de mamífero	20192600101472
188	Resolución No. DGB-105 del 12/11/2019	Paleontológica	falange ungueal de tortuga	20192600101472
188	Resolución No. DGB-106 del 12/11/2019	Paleontológica	fragmento de plastron de tortuga	20192600101472
188	Resolución No. DGB-107 del 12/11/2019	Paleontológica	coprolito	20192600101472
188	Resolución No. DGB-108 del 12/11/2019	Paleontológica	molar de roedor	20192600101472
188	Resolución No. DGB-109 del 12/11/2019	Paleontológica	falange ungueal de perezoso	20192600101472
188	Resolución No. DGB-110 del 12/11/2019	Paleontológica	osteodermo de raya	20192600101472
188	Resolución No. DGB-111 del 12/11/2019	Paleontológica	osteodermos de *Neoglytatelus*	20192600101472
188	Resolución No. DGB-112 del 12/11/2019	Paleontológica	vértebra de cocodrilo	20192600101472
188	Resolución No. DGB-113 del 12/11/2019	Paleontológica	osteodermo de gliptodonte indeterminado	20192600101472
188	Resolución No. DGB-114 del 12/11/2019	Paleontológica	placa neural de *Chelus colombiana*	20192600101472
188	Resolución No. DGB-115 del 12/11/2019	Paleontológica	fragmento de plastrónde tortuga Podocnemididae	20192600101472
188	Resolución No. DGB-116 del 12/11/2019	Paleontológica	placa periférica de tortuga Podocnemididae	20192600101472
188	Resolución No. DGB-117 del 12/11/2019	Paleontológica	placa suprapigal de tortuga Podocnemididae	20192600101472
188	Resolución No. DGB-118 del 12/11/2019	Paleontológica	cráneo de pez pulmonado	20192600101472
188	Resolución No. DGB-119 del 12/11/2019	Paleontológica	cola *Boreostema acostae*	20192600101472
188	Resolución No. DGB-120 del 12/11/2019	Paleontológica	defensa superior de *Granastrapotherium*	20192600101472
188	Resolución No. DGB-121 del 12/11/2019	Paleontológica	fragmento craneal con molares de *Pericotoxodon*	20192600101472
188	Resolución No. DGB-122 del 12/11/2019	Paleontológica	dactilópodo de cangrejo	20192600101472
188	Resolución No. DGB-123 del 12/11/2019	Paleontológica	diente de cocodrilomorfo	20192600101472
188	Resolución No. DGB-124 del 12/11/2019	Paleontológica	diente de *Purussaurus*	20192600101472

Autorización para la Tenencia temporal de Bienes de Interés Geológico y Paleontológico.

En el mes de octubre mediante radicado 20192600101472, se recibió la solicitud de Registro en el Inventario Nacional Geológico y Paleontológico, y solicitud de Autorización para la Tenencia temporal de Bienes de Interés Geológico y Paleontológico de 91 piezas paleontológicas de la colección de la Fundación Vigías del Patrimonio Paleontológico La Tatacoa, a través de su representante legal Andrés Felipe Vanegas Vanegas.

Las solicitudes fueron resueltas a favor del peticionario mediante los siguientes actos administrativos:

Tabla 16. Autorizaciones para la tenencia temporal de Bienes de Interés Geológico y Paleontológico

No. de trámite	Resolución	BIGyP	Radicado ingreso ORFEO
188	Resolución No. DGB-034 del 12/11/2019	INGEP-M-34	20192600101472
188	Resolución No. DGB-035 del 12/11/2019	INGEP-M-35	20192600101472
188	Resolución No. DGB-036 del 12/11/2019	INGEP-M-36	20192600101472
188	Resolución No. DGB-037 del 12/11/2019	INGEP-M-37	20192600101472
188	Resolución No. DGB-038 del 12/11/2019	INGEP-M-38	20192600101472
188	Resolución No. DGB-039 del 12/11/2019	INGEP-M-39	20192600101472
188	Resolución No. DGB-040 del 12/11/2019	INGEP-M-40	20192600101472
188	Resolución No. DGB-041 del 12/11/2019	INGEP-M-41	20192600101472
188	Resolución No. DGB-042 del 12/11/2019	INGEP-M-42	20192600101472
188	Resolución No. DGB-043 del 12/11/2019	INGEP-M-43	20192600101472
188	Resolución No. DGB-044 del 12/11/2019	INGEP-M-44	20192600101472
188	Resolución No. DGB-045 del 12/11/2019	INGEP-M-45	20192600101472
188	Resolución No. DGB-046 del 12/11/2019	INGEP-M-46	20192600101472
188	Resolución No. DGB-047 del 12/11/2019	INGEP-M-47	20192600101472
188	Resolución No. DGB-048 del 12/11/2019	INGEP-M-48	20192600101472
188	Resolución No. DGB-049 del 12/11/2019	INGEP-M-49	20192600101472
188	Resolución No. DGB-050 del 12/11/2019	INGEP-M-50	20192600101472
188	Resolución No. DGB-051 del 12/11/2019	INGEP-M-51	20192600101472
188	Resolución No. DGB-052 del 12/11/2019	INGEP-M-52	20192600101472
188	Resolución No. DGB-053 del 12/11/2019	INGEP-M-53	20192600101472
188	Resolución No. DGB-054 del 12/11/2019	INGEP-M-54	20192600101472
188	Resolución No. DGB-055 del 12/11/2019	INGEP-M-55	20192600101472
188	Resolución No. DGB-056 del 12/11/2019	INGEP-M-56	20192600101472
188	Resolución No. DGB-057 del 12/11/2019	INGEP-M-57	20192600101472
188	Resolución No. DGB-058 del 12/11/2019	INGEP-M-58	20192600101472
188	Resolución No. DGB-059 del 12/11/2019	INGEP-M-59	20192600101472
188	Resolución No. DGB-060 del 12/11/2019	INGEP-M-60	20192600101472
188	Resolución No. DGB-061 del 12/11/2019	INGEP-M-61	20192600101472
188	Resolución No. DGB-062 del 12/11/2019	INGEP-M-62	20192600101472
188	Resolución No. DGB-063 del 12/11/2019	INGEP-M-63	20192600101472

No. de trámite	Resolución	BIGyP	Radicado ingreso ORFEO
188	Resolución No. DGB-064 del 12/11/2019	INGEP-M-64	20192600101472
188	Resolución No. DGB-065 del 12/11/2019	INGEP-M-65	20192600101472
188	Resolución No. DGB-066 del 12/11/2019	INGEP-M-66	20192600101472
188	Resolución No. DGB-067 del 12/11/2019	INGEP-M-67	20192600101472
188	Resolución No. DGB-068 del 12/11/2019	INGEP-M-68	20192600101472
188	Resolución No. DGB-069 del 12/11/2019	INGEP-M-69	20192600101472
188	Resolución No. DGB-070 del 12/11/2019	INGEP-M-70	20192600101472
188	Resolución No. DGB-071 del 12/11/2019	INGEP-M-71	20192600101472
188	Resolución No. DGB-072 del 12/11/2019	INGEP-M-72	20192600101472
188	Resolución No. DGB-073 del 12/11/2019	INGEP-M-73	20192600101472
188	Resolución No. DGB-074 del 12/11/2019	INGEP-M-74	20192600101472
188	Resolución No. DGB-075 del 12/11/2019	INGEP-M-75	20192600101472
188	Resolución No. DGB-076 del 12/11/2019	INGEP-M-76	20192600101472
188	Resolución No. DGB-077 del 12/11/2019	INGEP-M-77	20192600101472
188	Resolución No. DGB-078 del 12/11/2019	INGEP-M-78	20192600101472
188	Resolución No. DGB-079 del 12/11/2019	INGEP-M-79	20192600101472
188	Resolución No. DGB-080 del 12/11/2019	INGEP-M-80	20192600101472
188	Resolución No. DGB-081 del 12/11/2019	INGEP-M-81	20192600101472
188	Resolución No. DGB-082 del 12/11/2019	INGEP-M-82	20192600101472
188	Resolución No. DGB-083 del 12/11/2019	INGEP-M-83	20192600101472
188	Resolución No. DGB-084 del 12/11/2019	INGEP-M-84	20192600101472
188	Resolución No. DGB-085 del 12/11/2019	INGEP-M-85	20192600101472
188	Resolución No. DGB-086 del 12/11/2019	INGEP-M-86	20192600101472
188	Resolución No. DGB-087 del 12/11/2019	INGEP-M-87	20192600101472
188	Resolución No. DGB-088 del 12/11/2019	INGEP-M-88	20192600101472
188	Resolución No. DGB-089 del 12/11/2019	INGEP-M-89	20192600101472
188	Resolución No. DGB-090 del 12/11/2019	INGEP-M-90	20192600101472
188	Resolución No. DGB-091 del 12/11/2019	INGEP-M-91	20192600101472
188	Resolución No. DGB-092 del 12/11/2019	INGEP-M-92	20192600101472
188	Resolución No. DGB-093 del 12/11/2019	INGEP-M-93	20192600101472
188	Resolución No. DGB-094 del 12/11/2019	INGEP-M-94	20192600101472
188	Resolución No. DGB-095 del 12/11/2019	INGEP-M-95	20192600101472
188	Resolución No. DGB-096 del 12/11/2019	INGEP-M-96	20192600101472
188	Resolución No. DGB-097 del 12/11/2019	INGEP-M-97	20192600101472
188	Resolución No. DGB-098 del 12/11/2019	INGEP-M-98	20192600101472
188	Resolución No. DGB-099 del 12/11/2019	INGEP-M-99	20192600101472
188	Resolución No. DGB-100 del 12/11/2019	INGEP-M-100	20192600101472
188	Resolución No. DGB-101 del 12/11/2019	INGEP-M-101	20192600101472
188	Resolución No. DGB-102 del 12/11/2019	INGEP-M-102	20192600101472
188	Resolución No. DGB-103 del 12/11/2019	INGEP-M-103	20192600101472
188	Resolución No. DGB-104 del 12/11/2019	INGEP-M-104	20192600101472
188	Resolución No. DGB-105 del 12/11/2019	INGEP-M-105	20192600101472
188	Resolución No. DGB-106 del 12/11/2019	INGEP-M-106	20192600101472
188	Resolución No. DGB-107 del 12/11/2019	INGEP-M-107	20192600101472
188	Resolución No. DGB-108 del 12/11/2019	INGEP-M-108	20192600101472
188	Resolución No. DGB-109 del 12/11/2019	INGEP-M-109	20192600101472

No. de trámite	Resolución	BIGyP	Radicado ingreso ORFEO
188	Resolución No. DGB-110 del 12/11/2019	INGEP-M-110	20192600101472
188	Resolución No. DGB-111 del 12/11/2019	INGEP-M-111	20192600101472
188	Resolución No. DGB-112 del 12/11/2019	INGEP-M-112	20192600101472
188	Resolución No. DGB-113 del 12/11/2019	INGEP-M-113	20192600101472
188	Resolución No. DGB-114 del 12/11/2019	INGEP-M-114	20192600101472
188	Resolución No. DGB-115 del 12/11/2019	INGEP-M-115	20192600101472
188	Resolución No. DGB-116 del 12/11/2019	INGEP-M-116	20192600101472
188	Resolución No. DGB-117 del 12/11/2019	INGEP-M-117	20192600101472
188	Resolución No. DGB-118 del 12/11/2019	INGEP-M-118	20192600101472
188	Resolución No. DGB-119 del 12/11/2019	INGEP-M-119	20192600101472
188	Resolución No. DGB-120 del 12/11/2019	INGEP-M-120	20192600101472
188	Resolución No. DGB-121 del 12/11/2019	INGEP-M-121	20192600101472
188	Resolución No. DGB-122 del 12/11/2019	INGEP-M-122	20192600101472
188	Resolución No. DGB-123 del 12/11/2019	INGEP-M-123	20192600101472
188	Resolución No. DGB-124 del 12/11/2019	INGEP-M-124	20192600101472

Autorización para la movilización y/ exhibición de Bienes de Interés Geológico y Paleontológico dentro del territorio nacional

Respecto a los Bienes de Interés Geológico y Paleontológico sobre los cuales se autorizó la tenencia temporal consignada en la se elevó solicitud de Autorización para la movilización y/ exhibición de Bienes de Interés Geológico y Paleontológico dentro del territorio nacional de los 91 Bienes de Interés Geológico y Paleontológico, con el fin de ser movilizados hasta, y exhibidos en el Parque Explora ubicado en la Carrera 52 No. 73-75 de la ciudad de Medellín, Antioquia, desde el 19 de noviembre de 2019 hasta el 15 de abril de 2020 en cooperación con el Museo de Historia Natural La Tatacoa, con el propósito de desarrollar una exposición museográfica temporal sobre la paleontología en Colombia con énfasis en los fósiles de “La Tatacoa.

La solicitud fue resuelta a favor del señor Andrés Felipe Vanegas Vanegas de la Fundación Vigías Del Patrimonio Paleontológico La Tatacoa mediante el acto administrativo que se menciona en la figura.

Tabla 17. Autorizaciones para la movilización y/ exhibición de Bienes de Interés Geológico y Paleontológico dentro del territorio nacional

No. de trámite	Resolución	BIGyP	Radicado ingreso ORFEO
201	Resolución No. DGB-125 del 21/11/2019	INGEP-M-34, INGEP-M-35, INGEP-M-36, INGEP-M-37, INGEP-M-38, INGEP-M-39, INGEP-M-40, INGEP-M-41, INGEP-M-42, INGEP-M-43, INGEP-M-44, INGEP-M-45, INGEP-M-46, INGEP-M-47, INGEP-M-48, INGEP-M-49, INGEP-M-50, INGEP-M-51, INGEP-M-52, INGEP-M-53, INGEP-M-54,	20192600116562

No. de trámite	Resolución	BIGyP	Radicado ingreso ORFEO
		INGEP-M-55, INGEP-M-56, INGEP-M-57, INGEP-M-58, INGEP-M-59, INGEP-M-60, INGEP-M-61, INGEP-M-62, INGEP-M-63, INGEP-M-64, INGEP-M-65, INGEP-M-66, INGEP-M-67, INGEP-M-68, INGEP-M-69, INGEP-M-70, INGEP-M-71, INGEP-M-72, INGEP-M-73, INGEP-M-74, INGEP-M-75, INGEP-M-76, INGEP-M-77, INGEP-M-78, INGEP-M-79, INGEP-M-80, INGEP-M-81, INGEP-M-82, INGEP-M-83, INGEP-M-84, INGEP-M-85, INGEP-M-86, INGEP-M-87, INGEP-M-88, INGEP-M-89, INGEP-M-90, INGEP-M-91, INGEP-M-92, INGEP-M-93, INGEP-M-94, INGEP-M-95, INGEP-M-96, INGEP-M-97, INGEP-M-98, INGEP-M-99, INGEP-M-100, INGEP-M-101, INGEP-M-102, INGEP-M-103, INGEP-M-104, INGEP-M-105, INGEP-M-106, INGEP-M-107, INGEP-M-108, INGEP-M-109, INGEP-M-110, INGEP-M-111, INGEP-M-112, INGEP-M-113, INGEP-M-114, INGEP-M-115, INGEP-M-116, INGEP-M-117, INGEP-M-118, INGEP-M-119, INGEP-M-120, INGEP-M-121, INGEP-M-122, INGEP-M-123 e INGEP-M-124	

Autorización para el desarrollo de actividades de excavación e intervención de carácter paleontológico

De conformidad con lo establecido en el Artículo 2.2.5.10.2.1. del Decreto 1353 de 2018, y el Artículo 16 de la Resolución 732 de 2018, Nacional que cuenten con el programa aprobado de geología, ingeniería geológica, geociencias o biología, así como los centros de investigación geológica y paleontológica acreditados por Colciencias, tienen autorización para el desarrollo de las actividades previstas en el presente artículo, estando obligadas a informar previamente de la realización de la actividad. Es por este motivo, que en el año 2019 se recibieron 7 informes previos, los cuales se muestran en la tabla 18

Tabla 18. Informes previos de realización de actividades de excavación

solicitante	Entidad/Institución	Resumen	Localización	Radicado ingreso ORFEO
Andrés Cárdenas	Universidad EAFIT	Colección de fósiles y expedición en el área para hacer cartografía geológica de alta resolución en la Formación la Victoria	Desierto de la Tatacoa	20182610075922
Andrés Cárdenas	Universidad EAFIT	Colecta de fósiles, colecta de muestras de roca y trabajo de campo que comprenderá el desarrollo de un mapa	Gachetá, Cundinamarca	20192600011332

solicitante	Entidad/Institución	Resumen	Localización	Radicado ingreso ORFEO
		geológico estructura de la Formación Gachetá		
Yaneth del Socorro	Universidad Nacional de Colombia	Recolecta de material fósil de vertebrado, polen fósil, macrofósiles vegetales y material sedimentológico	Desierto de la Tatacoa	20192600030952
Andrés Link	Universidad de los Andes	Colecta de fósiles y muestras de roca de la Formación La Victoria y la Formación Villavieja	Desierto de la Tatacoa	20192600044582
Edwin Cadena	Universidad del Rosario SGC	Exploración y colecta de fósiles y muestras de roca de los depósitos cuaternarios	Pubenza, Cundinamarca	20192600081132
Monica Carvalho	Universidad del Rosario	Exploración, búsqueda y colecta de fósiles de plantas de la Formación Bogotá, Regadera y Lisama	Bogotá y alrededores, La Calera, Guasca, Guatavita, Sesquilé, Chocontá, Cogua, Nemocón, Ubaté y Guachetá (Cundinamarca); Tunja (Boyacá); Rionegro, Lebrija, Girón, Betulia, y San Vicente de Chucurí (Santander).	20192600089982
Dirley Cortés	McGill University	Prospección y colecta de vertebrados del Cretácico inferior de la Formación Paja de Villa de Leyva, Boyacá	Villa de Leyva	20192600105232

Solicitudes generales asociadas a los trámites de patrimonio geológico y paleontológico

Durante el año 2019 se recibieron solicitudes de información general referente a los trámites de patrimonio geológico, y solicitudes para la salida del país de muestras geológicas para estudio y análisis.

Solicitudes de salida del país de muestras geológicas para análisis

Se recibieron 12 solicitudes de autorización para la salida del país de muestras geológicas para estudio mediante análisis destructivos, las cuales se resolvieron haciendo una evaluación de la información suministrada por los usuarios, y en la totalidad se determinó que las piezas no eran susceptibles de ser declaradas como bienes de interés geológico y paleontológico de la Nación, puesto que eran muestras sin interés patrimonial, por lo tanto no están sometidas a las

autorizaciones contempladas en el Decreto 1703 de 2015 adicionado por el Decreto 1353 de 2018, y en la Resolución 732 de 2018. En la tabla 18 se encuentra la información referente a las solicitudes:

Tabla 19. Solicitudes de salida del país para estudio y análisis de piezas no susceptibles de declaratoria

Solicitante	Entidad/Institución	Resumen	Destino	Radicado ingreso ORFEO
Jaime Escobar	Universidad del Norte	Solicitud salida 132 muestras de roca sedimentarias para análisis isotópico de carbono	Universidad de Florida, Estados Unidos	20192600011352
Edwin Cadena	Universidad del Rosario	Solicitud envío de 2 muestras de roca sedimentarias para análisis de geocronología	Universidad de California, Estados Unidos	20192600011342
Josue Mora	Hocol	Solicitud de muestras de zanja o ripios de pozos exploratorios	Universidad de Rochester, Estados Unidos	20192600030072
Hernando Martínez Sacristán	Investigador	Rocas del complejo vulcano-sedimentario instruido de Triásico-Jurásico	Estados Unidos	20192600031582 20192600031712
Jaime Escobar	Universidad del Norte	Solicitud salida 50 muestras de roca para análisis isotópico de oxígeno y carbono	Universidad de Rochester, Estados Unidos	20192600031732
Igor Ruiz	IDOM	Solicitud información para exportación e muestras de suelo y aguas subterráneas	Holanda	20191200005572
Alonso Méndez	Golden Partner	Solicitud información para envío de muestras de mineral molido al exterior para análisis cualitativo	-	20191200005752
Jaime Escobar	Universidad del Norte	Solicitud salida 325 muestras de roca para análisis isotópico de carbono	Universidad de Florida, Estados Unidos	20192600078212
MARCOS GARCIA-ARIAS Idael Francisco Blanco Quintero	Universidad de los Andes	10 muestras de rocas metamórficas de la cordillera Central y Occidental	Universidad de Alicante, España	20192600058532
		9 muestras de rocas para realizar láminas delgadas y análisis geoquímicos de elementos mayores y traza		20192600081142
Jorge Moreno	Universidad del Norte	Solicitud salida 80 muestras de esmaltes de dientes de crocodilianos para análisis isotópico de estroncio, oxígeno y carbono	Universidad de Florida, Estados Unidos	20192600089972
Marcos García	Universidad de los Andes	Solicitud de permiso para extraer muestras de 4 minerales fuera de Colombia (Pirita y esmeraldas)	España	20192600122702

Solicitante	Entidad/Institución	Resumen	Destino	Radicado ingreso ORFEO
Verónica Ramírez	Universidad de Sao Paulo	Solicitud de exportación de muestras sin devolución, de material geológico con fines académicos, correspondiente a espeleotemas colectados en cavernas de la región Caribe y sur de Colombia	Universidad de Sao Paulo, Brasil	20192600137112

Solicitudes generales de información

Durante el año 2019 se recibieron 7 solicitudes generales sobre información relacionada con los trámites de patrimonio geológico y paleontológico, la cual se muestra en la tabla 19.

Tabla 20. Solicitudes generales de información

Solicitante	Entidad/Institución	Resumen	Radicado ingreso ORFEO
Dubban Atuesta	Particular	Invitación a la socialización de las actividades realizadas relacionadas con el patrimonio geológico del municipio de Barichara, Santander	20192600031082
Ricardo Alberto Sepúlveda	Museo Internacional de la Esmeralda	Solicitud de acompañamiento para el registro de la colección Sepúlveda	20192600046002
José Vicente García	Alcaldía de Valparaíso, Caquetá	Solicitud de declaratoria como patrimonio cultural el meteorito ubicado en la vereda Paujila	MC05390S2019
Álvaro Rodríguez	INCIVA	Informe de la existencia de una pequeña colección de geología y para de paleontología en el Laboratorio de paleobotánica y arqueología dentro del Museo Departamental de Ciencias Naturales -IMCN-. Cali	20192600056332
Juan Pablo Castañeda	Particular	Solicitud de información para realizar el trámite de Registro en el Inventario Nacional Geológico y Paleontológico	20191000055112

Solicitante	Entidad/Institución	Resumen	Radicado ingreso ORFEO
Diego Zafra	Particular	Solicitud de información sobre el procedimiento para realizar el trámite de Registro en el Inventario Nacional Geológico y Paleontológico, de 20 piezas de fósiles pertenecientes al municipio de Zapatoca	20192600078222
Luis Alberto Jiménez	Particular	Solicitud de inclusión en el programa de participación ciudadana participacionciudadana@ecopetrol.com.co. con el ind e participar en el hallazgo de fósiles y yacimientos petroleros en Arauca y Caparrapi Cundinamarca	20191200006142

Flujos de trabajo de los trámites de patrimonio geológico y paleontológico

Se estableció como objetivo del año 2019 la actualización de los flujos de trabajo asociados a los trámites de patrimonio geológico y paleontológico en la plataforma, así como los formularios de solicitud.

Se priorizó la actualización del trámite de Registro en el Inventario Nacional Geológico y Paleontológico, para lo cual se han realizado una serie de reuniones con ingenieros de la Dirección de Gestión de la Información con el fin de obtener orientación en la correcta actualización de los flujos de trabajo. Durante estas reuniones se determinó que la elaboración de un Diagrama de estado es lo más adecuado para los trámites.

Para el trámite de Registro INGEP se agilizó la realización del proceso dividiéndolo en dos fases: Valoración y Registro, lo cual genera una mayor eficiencia en las solicitudes y evita el incumplimiento en los términos de respuesta. En la figura se muestra la actualización del flujo de trabajo para el trámite de Registro INGEP.

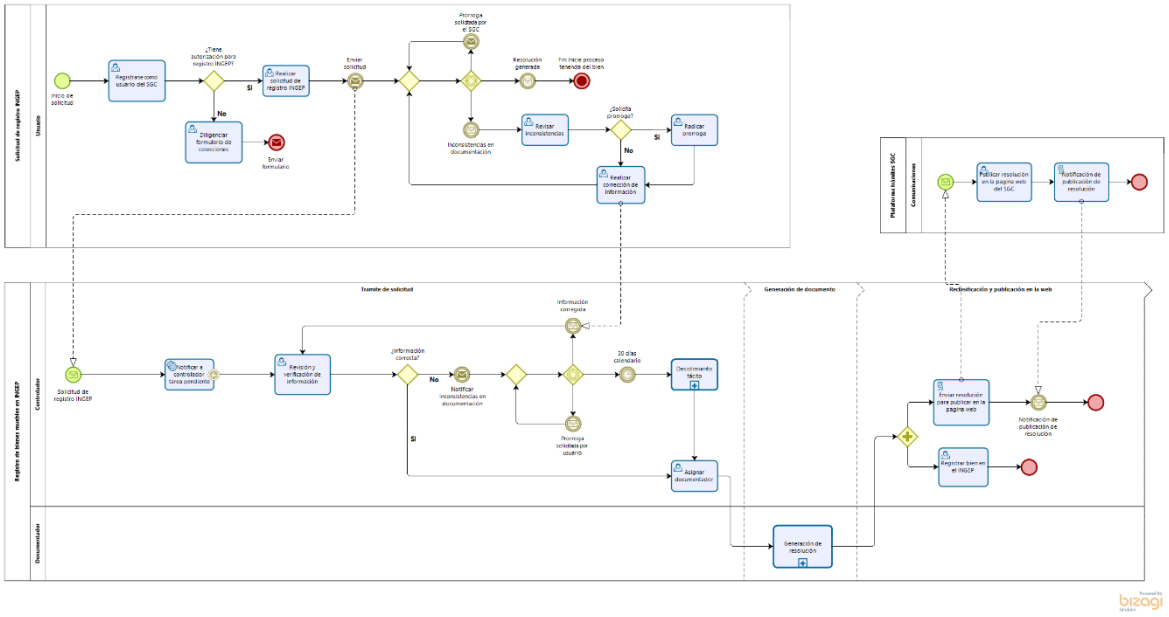


Figura 156. Diagrama de estado trámite Registro INGEP

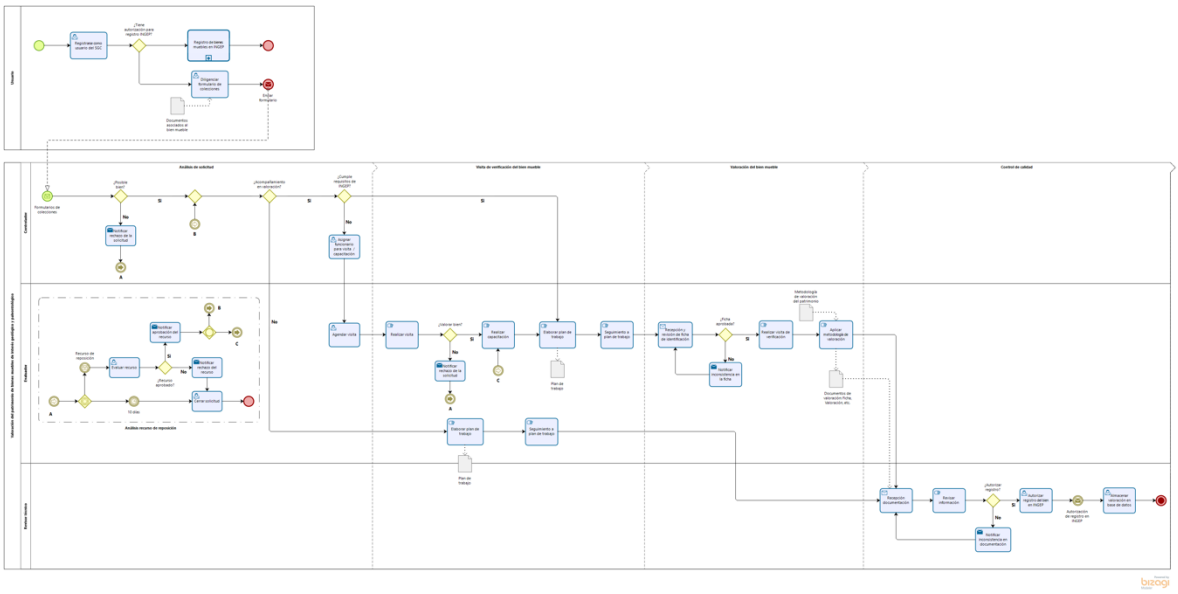


Figura 157. Diagrama de estado fase de valoración Registro INGEP

Junto con la actualización del flujo de trabajo se actualizó el formulario de solicitud, el cual se adaptará posterior a la actualización de la metodología de valoración, la cual se espera se realice para colecciones. El nuevo formulario se realiza en 6 secciones que se enumeran a continuación:

1. Datos de identificación de la colección
2. Datos de contacto

3. Ubicación de la colección
4. Datos específicos de la colección
5. Inventario de la colección
6. Autorizaciones

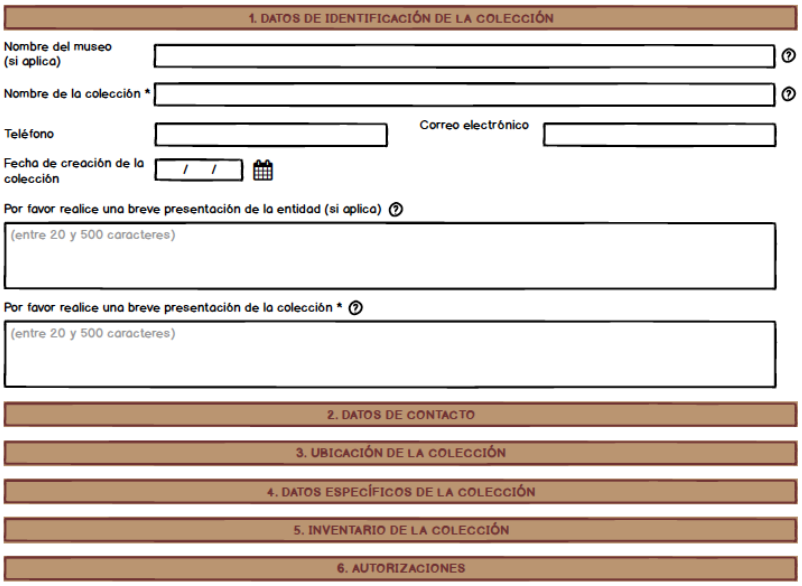


Figura 158. Datos de identificación de la colección



Figura 159. Datos de contacto

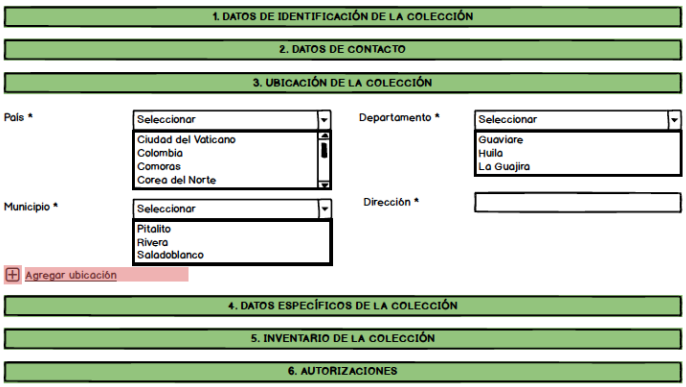


Figura 160. Ubicación de la colección

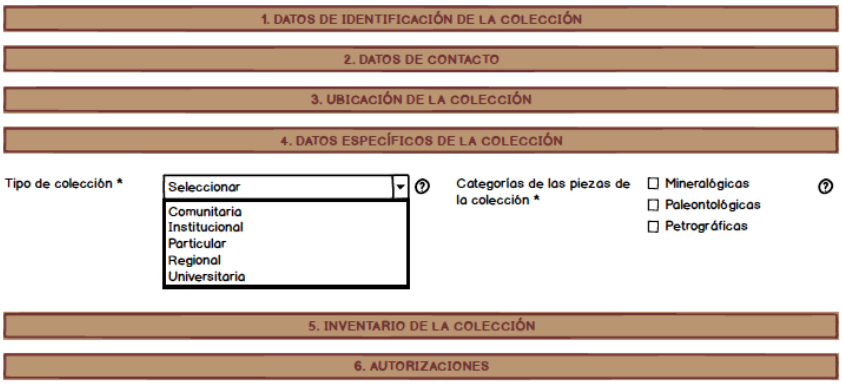


Figura 161. Datos específicos de la colección

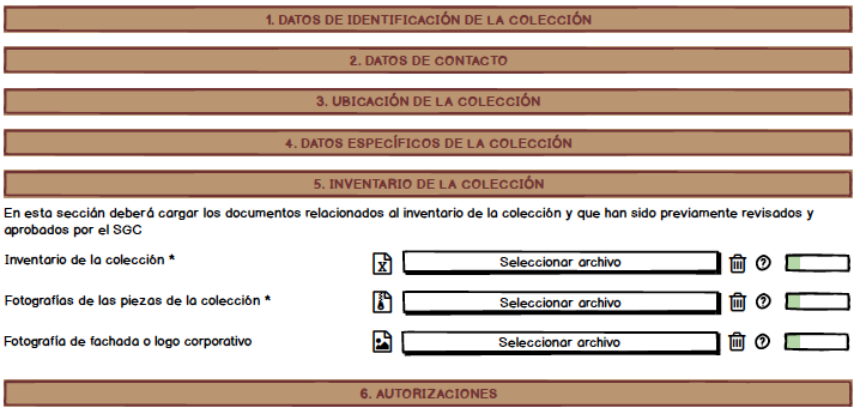


Figura 162. Inventario de la colección

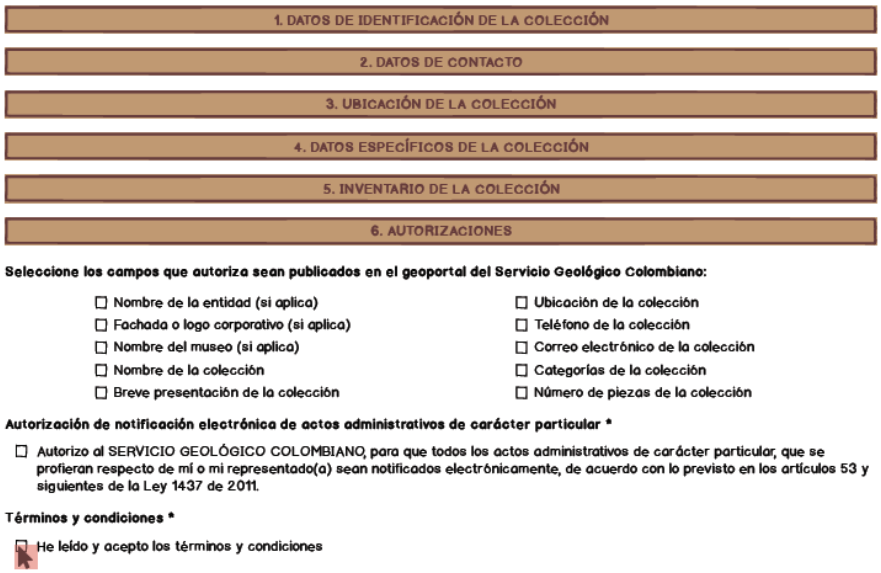


Figura 163. Autorizaciones

Transmisión de conocimiento para identificación y protección del patrimonio geológico

Durante el 2019 el Museo Geológico Nacional José Royo y Gómez recibió 11717 visitantes en total. Del total de visitantes 7299 pertenecen a público flotante, 1532 a público universitario, 1846 a público de colegios y 1040 a público mixto. El promedio de visitantes diario para el 2019 fue de 48.

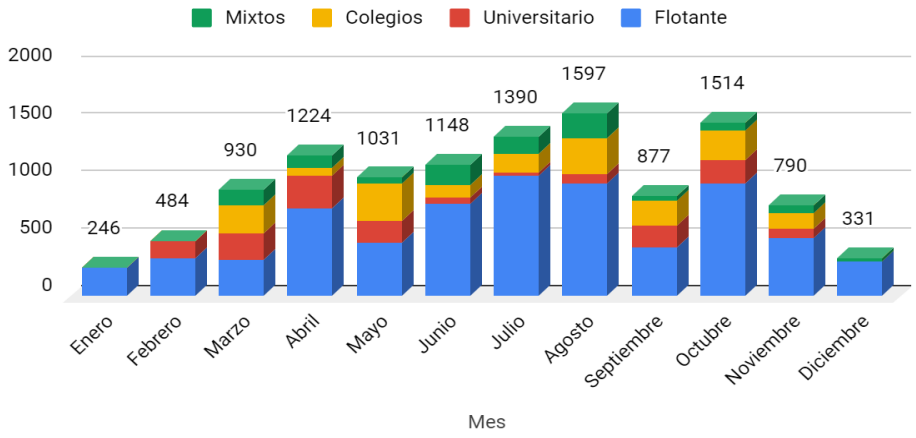


Figura 164. En la gráfica se observan los totales de visitantes mes a mes discriminado según el tipo de público

Programa Expositivo

Exposiciones permanentes

- José Royo y Gómez (1895 - 1961), precursor del Museo Geológico Nacional.
- Geodiversidad en el Ministerio de Minas y Energía
- El Ruiz. Lecciones de un desastre para Colombia y el mundo a realizarse en el parque Temático Omaira Sánchez por invitación del OVSM.

Exposiciones itinerantes

- Museo Geológico José Royo y Gómez, patrimonio de todos
- "Ciencia, conocimiento y mujer" de la Unidad de Gestión del Riesgo de Desastres UNGRD.
- Estamos en preparación de la exposición Fauna de la Venta: de la Diversidad al Desierto y una exposición relacionada al tema de tráfico de Ilícito

Programa educativo

Trabajo conjunto con el Programa de Fortalecimiento de Museos del Museo Nacional de Colombia:

Se coordinaron las charlas para varios participantes de universidades y del SGC en temas de museología, comunicación y la conformación de la Red de Museos y Colecciones Geológicas y Paleontológicas.
Talleres para colegios
Con el ánimo de prestar un mejor servicio a colegios, el museo esta implementado talleres para complementar las clases.



Programa Divulgativo

Conmemoración 80 años del Museo Geológico Nacional
Esta actividad se realizó el 28 de marzo de 2019 y tuvo como objetivo celebrar 80 años del museo.

Día Latinoamericano del Geoturismo
Uno de los programas de la UNESCO es el de geoparques los cuales a partir patrimonio geológico desarrolla oportunidades económicas como por ejemplo el turismo. El Día latinoamericano del Geoturismo es un evento que se desarrolla en Latinoamérica y el Caribe con la finalidad de divulgar los geoparques mundiales de la Unesco e iniciativas de geoparque.

Día Internacional de los Museos
El Museo se unió a esta celebración internacional participando en diferentes actividades en las que se promovió la innovación y la tradición.
Geovacaciones (mitad y final de año)
Una oferta de actividades enfocadas a transmitir el conocimiento geocientífico.

Día del Geólogo
Se resaltó a los geólogos que hacen parte del SGC, mediante publicaciones en digitales

Mes del Patrimonio-1er Encuentro de Museos y colecciones
El encuentro permitió conformar la red temática nacional de museos y colecciones geológicas y paleontológicas.

Mes de los Niños
Realizaron actividades de charlas y visitas comentadas al público asistente durante el mes de octubre.

Conmemoración tragedia de Armero
El Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales llevó a cabo la conmemoración número 35 de la tragedia de Armero. Para esta actividad se contó con testimonios de dos sobrevivientes y una presentación a cargo de del geólogo Cristian López.
Participación en el Congreso Nacional de Geología
Enfocados en dar a conocer el trabajo realizado en el desarrollo de las metodologías de identificación y valoración de patrimonio geológico y paleontológico.

EnRoyados
Tiene como objetivo transmitir las actividades del Museo Geológico Nacional. Esta publicación se empezó a con una pieza diaria con diferentes temáticas.

Aplicación móvil para teléfonos sobre las colecciones del museo
Aquí se destacan algunas de las localidades fosilíferas del Pais, es un trabajo en desarrollo.

1.4.8 Estudios Geológicos especiales

Gerente del proyecto: Gabriel Rodríguez

- **Integrantes y tipo de vinculación**

Gabriel Rodríguez - Coordinador
Gloria Obando - planta
Tomas Correa R.- Planta
Juan ramón Peláez - Planta
Ana María Correa M.- Contratista
Milton Obando - Contratista
Diego Ramírez - Contratista
Juan Pablo Zapata – Contratista
Francy Ortiz - Contratista
Mónica Tobón – Contratista
Carlos Sabrica – Contratista
Faustino Mosquera – Planta
Manuel Castro – Planta
Ana Leyda Restrepo - Planta

Proyectos del área de conocimiento vs Presupuesto

ÁREA DE CONOCIMIENTO	PROYECTO	PROGRAMA	ID	PROYECTOS DE GESTIÓN	ASIGNACIÓN PRESUPUESTAL
3. Ampliación del conocimiento geocientifico Básico e integral del territorio Nacional	3. Ampliación del conocimiento geocientifico básico del territorio Nacional.	3.1. Modelo tectónico de Colombia.	1001278	Modelo Tectónico de Colombia 2019-2022	$ 3.366.258.030
		3.2. Fortalecimiento de la investigación y exploración de los sistemas acuíferos estratégicos del país.	1001273	Exp. de aguas subterráneas acuíferos estratégicos	$ 4.421.808.287
		3.3. Investigación Geotérmica de Colombia	1001176	Investigación geotérmica de Colombia	$ 2.450.031.588
			1000716	Perforaciones de gradiente térmico en Paipa	$ 2.892.000.000
		3.4. Cartografía y estratigrafía volcánicas y de investigaciones vulcanológicas, así como la Investigación del Vulcanismo Monogenético en Colombia.	1000676	Mapa geológico del Complejo Volcánico Galeras	$ 1.309.851.199
			1000702	Modelamiento petrogenético volcán Doña Juana	$ 50.000.000
			1000754	Caracterización del vulcanismo del NE de Caldas	$ 350.238.726
			1001386	Investigación metodológica para la elaboración del estándar en cartografía geológica en ambientes volcánicos	$ 332.501.317
			1001088	Investigación marítima, costera e insular	$ 5.285.680.422
		3.5. Cartografía Geológica e Investigación geológica y geomorfológica en Colombia.	1000782	Granitoides Occidente Colombiano - Plutón_Mistrato	$700.000.000
			1000722	Cartografía Geológica Orinoquia y/o Amazonia.	$ 900.000.000
		3.6. Transectas geológicas del antearco al antepaís a través del orógeno acrecionario colombiano –MGC.	1000667	Evolución geológica de la cordillera Central	$ 950.596.123
		3.7. Consolidación y puesta en marcha del sistema de gestión integral del patrimonio geológico y paleontológico.	1001286	Estrategias de geoconservación en el territorio colombiano	$ 798.944.974
			1001307	Investigaciones geológicas y paleontológicas del territorio nacional.	$ 1.360.365.767
		3.8. Estudios geológicos especiales.	1001016	Cartografía borde W de la plancha 166 escala 1:50m	$ 572.035.501
			1001274	Ortoneises de la Cordillera Central	$ 645.061.309
		3.9. Estratigrafía del paleozoico, jura-triásico y cretácico de la cordillera oriental y macizos sedimentarios paleozoicos de la cordillera central.	1000578	Estratigrafía paleozoico,juratriasico,cretácico	$ 1.226.062.221
			1001277	Geología de rescate 2019-2020	$ 817.374.814
		3.10. Gestionar integralmente la Ampliación Del Conocimiento geocientífico Básico.	1001333	Investigaciones integrales del conocimiento geocientifico para la formulación de nuevos proyectos y apropiación social del conocimiento en geociencias básicas del territorio nacional.	$ 1.721.189.722
TOTAL PROYECTO					$ 30.150.000.000

Objetivos propuestos vs. Avances de los proyectos con corte al 31 de diciembre de 2019

Proyecto de Gestión 1001016: Cartografía del borde occidental de la Plancha 146 – Medellín Occidental a escala 1:50.000

- El proyecto presenta avance de acuerdo al cronograma (95%)

Proyecto de Gestión 1001016: Ortoneises de la Cordillera Central

- El proyecto presenta avance de acuerdo al cronograma (29%)

Productos y / o entregables (parciales y finales).

Proyecto Magmatismo Jurásico de la Sierra Nevada de Santa Marta

- Informe final. Se encuentra en el trámite de preoficialización y oficialización
- Catálogo estratigráfico Batolito Central. En proceso de preoficialización
- Catálogo estratigráfico Batolito de Pueblo Bello. En proceso de preoficialización
- Catálogo estratigráfico Batolito Atánquez. En proceso de preoficialización
- Catálogo estratigráfico Batolito de Patillal. En proceso de preoficialización
- **I**nforme final de la Cartografía del Borde Occidental de la plancha 146. En proceso de revisión por pares**.**

Publicaciones en revistas científicas

- David M. Buchs, Andrew C. Kerr, Joanna C. Brims, Juan Pablo Zapata-Villada, Tomás Correa-Restrepo, Gabriel Rodríguez, 2018. Evidence for subaerial development of the Caribbean oceanic plateau in the Late Cretaceous and palaeo-environmental implications. Earth and Planetary Science Letters.
- Correa Martínez, A. M., Rodríguez, G., Arango, M. I. y Zapata-García, G. (2019). Petrografía, geoquímica y geocronología U-Pb de las rocas volcánicas y piroclásticas de la Formación Noreán al NW del Macizo de Santander, Colombia. *Boletín de Geología*, 41(1), 29-54.
- Rodríguez–García, G., Correa–Martínez, A.M., Zapata–Villada, J.P. & Obando–Erazo, G. (2019). Fragments of a Permian arc on the western margin of the Neoproterozoic basement of Colombia. In: Gómez, J. Y Mateus–Zabala, D. (editors), The Geology of Colombia, Volume 1 Proterozoic – Paleozoic. Servicio Geológico Colombiano, Publicaciones Geológicas Especiales 35, 34 p. Bogotá. https://doi.org/10.32685/pub.esp.35.2019.10.
- Rodríguez, G., Correa Martínez, A. M., Zapata, G., Arango, M. I., Obando Erazo, G., Zapata-Villada, J. P., Bermúdez, J. G. (2019b). Diverse Jurassic magmatic arcs of the

Colombian Andes: Constraints from petrography, geochronology and geochemistry (Accepted). Volumen 2 pp 101-132, Libro de Geología de Colombia. Bogotá

- Cetina, Lina.Marí., Gaeta Tassinari, C.C., García, Gabriel.Rodrí., Correa Restrepo, Tomá., Origin of pre-mesozoic xenocrystic zircons in cretaceous sub-volcanic rocks of the northern Andes (Colombia): Paleogeographic implications for the region, *Journal of South American Earth Sciences* (2019), doi: https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.102363.

1.4.9 Estratigrafía del Paleozoico, juratriásico y crétacico de la cordillera oriental y macizos sedimentarios

Proyecto de Gestión ID 100578: Estratigrafía del paleozoico, triásico, jurásico y cretácico de la parte central de la cordillera Oriental.

Objetivo

Revisar, actualizar y formalizar las unidades estratigráficas que sean utilizadas en los mapas geológicos hechos por el Servicio Geológico Colombiano en sus aspectos: litológicos, bioestratigráficos, geocronológicos y otros; además, de las unidades estratigráficas nuevas que surjan de los trabajos geológicos que adelante el Servicio Geológico Colombiano.

Objetivo específico

En este proyecto se establece la estratigrafía física de las unidades que conforman el Grupo Quetame, Farallones y Cáqueza, y formalizar estas unidades estratigráficas.

Cartografía geológica.

Se viene adelantando el proceso de cartografía geológica de las planchas escala 1:25.00, para presentación en 1:50.000, 247- IIIA, 247-IIIB, 247 IIC, 247 IIIID. En estas planchas se localizan áreas tipo de algunas sucesiones sedimentarias de los grupos: Cáqueza y Guadalupe.

Levantamiento de columnas estratigráficas

Se realizaron las siguientes actividades

- Total de metros descritos: 1770, distribuidos así: Paleozoico (250), Berriasiano (990 m) y Valanginiano (520m); incluyen además muestreos petrográficos y paleontológicos**.**

- Muestreo de TOC distribuido en 4000 m de secuencia cretácica, para un total de 100 muestras envidas para análisis.
- Gama espectrometría corrida en 3150 metros de secuencia cretácica y en 700 metros de la sucesión paleozoica**.**
- Análisis de laboratorio químico: Se tienen 4 probetas de circones, además de 15 muestras para picar los circones. 1 muestra fue enviada para datación Ar/Ar.
- Digitalización de columnas: En el año 2019, se tiene a diferentes escalas la digitalización de las unidades levantadas: Quetame, Gutiérrez, Berriasiano (San Juanito,), Berriasiano (El Tigre); Valanginiano (Fm. Macanal).

Redacción de informes

Se avanzó en la redacción de las siguientes unidades: Formación Areniscas de Gutiérrez (paleozoico), y unidades cretácicas con las Formaciones Macanal (valangiano) y Berriasiana (Figura 3). Para estos informes se hacen descripciones litológicas detalladas, elaboración de figuras, análisis de información y para las rocas de grano grueso se hacen mallas y tienen tratamiento estadístico.

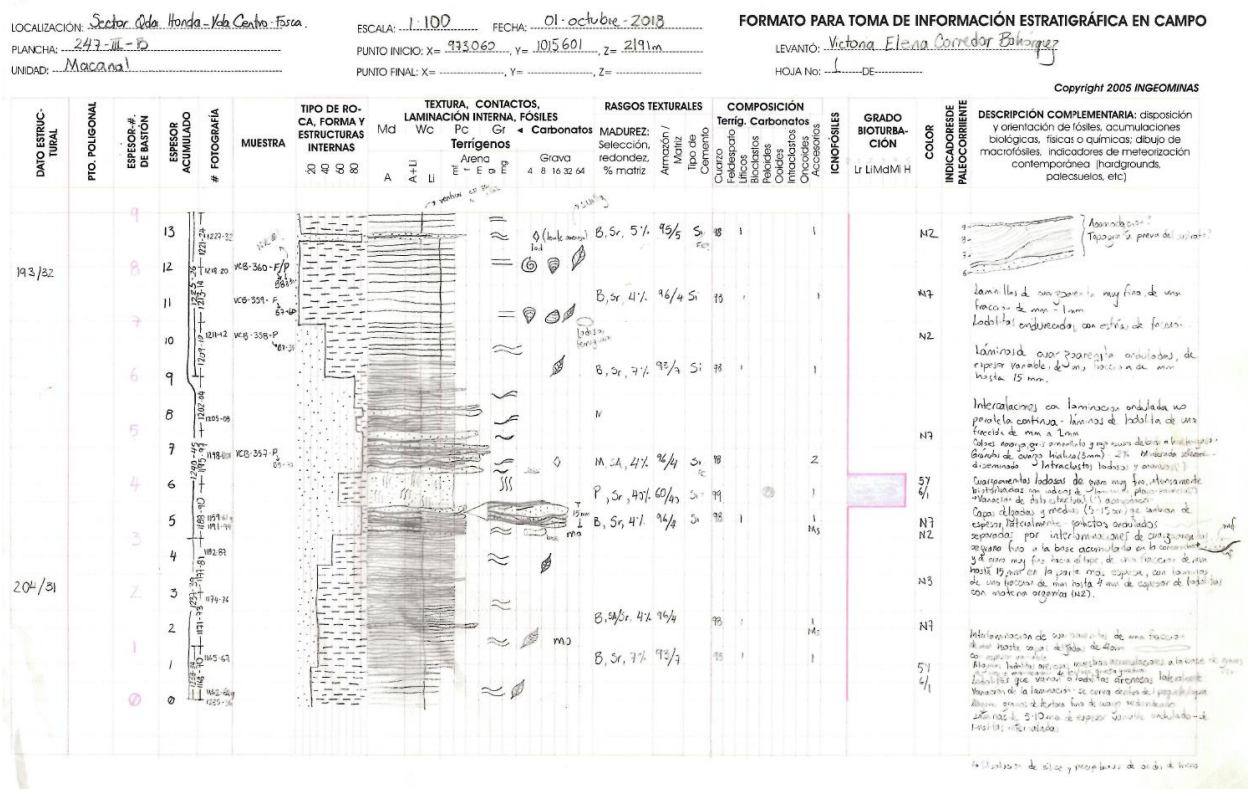


Figura 165. Formato de campo, donde se consigna la información litológica, petrográfica, paleontológica recolectada en campo.

Otras actividades:

- Se realizó un entrenamiento en puesto de trabajo para 15 geólogos en el quehacer sedimentario-estratigráfico, buscando unificar criterios en la toma de datos; con una duración de 15 días.

- Edición de Libro: Se tiene el Libro: Estudios geológicos y paleontológicos sobre el Cretácico en la región del embalse del río Sogamoso. Valle Medio del Magdalena. Este libro hace parte de la Compilación de los Estudios Geológicos y Paleontológicos Oficiales de Colombia. En él se describen 1850 metros en las secciones tipo o de referencia de esta región, soportado en cartografía geológica de 900 km2 a escala 1:50.000, además de soporte paleontológico y petrográfico. Se entrega además 10 anexos (Ver Figura).
- Socialización. En San Juanito se realizaron varias jornadas de socialización, se entregaron tres plegables: el primero alusivo a quehacer de un geólogo, el segundo que es un mapa y por último que es la estratigrafía (Ver Figura).

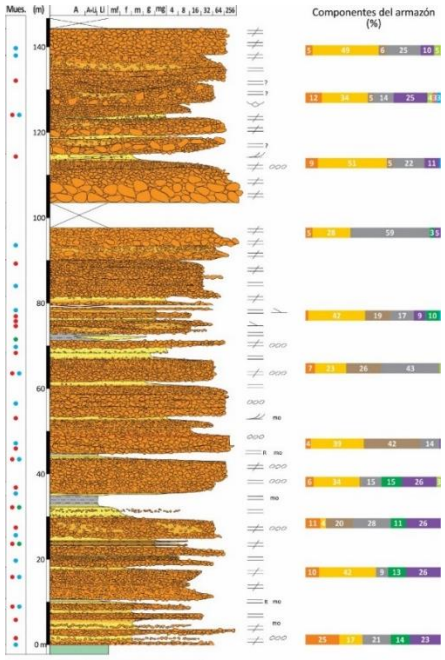


Figura 166. Ejemplo de las columnas digitalizadas para tamaño carta, corresponde a una unidad donde además se realiza tratamiento estadístico**.**



Figura 167. Panorámicas de algunas secciones levantadas. La fotografía superior corresponde a una facies conglomerática del berriasiano, y la fotografía inferior corresponde a la unidad valanginiana



Figura 168. Caja para los anexos al Libro: Estudios geológicos y paleontológicos sobre el Cretácico en la región del embalse del río Sogamoso. Valle Medio del Magdalena



Figura 169. Plegable que explica las actividades adelantadas en la estratigrafía

Proyecto ID 1001277: Geología de rescate 2019-2020

Gerente del Proyecto: Diana Montoya

Objetivo

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

Elaboración de Informes. Oficialización de cuatro informes:

- Corredor Vial Mocoa - San Francisco (Putumayo). Elaboración del informe técnico referente al levantamiento estratigráfico de la Formación Pepino (medición, descripción e interpretación de los miembros Inferior, Medio y Superior de la unidad.

- Corredor Vial Guataquí - Nariño (Cundinamarca). Elaboración del informe técnico referente al levantamiento estratigráfico de la Formación Lidita Superior del Nivel de

Lutitas y Arenas, y de la Formación La Tabla": medición, descripción e interpretación de estas unidades.

- Corredor vial Transversal del Libertador: Tramo Totoró - La Plata (Cauca - Huila). a). Descripción litológica de los afloramientos de las unidades Grupo Cajamarca Ortogranito de La Plata, Metasedimentitas de Vitoncó, Batolito de Ibagué, Fm. Yaví, Fm. Coquiyú, Fm. Popayán y depósitos recientes. b). Levantamiento estratigráfico (escala 1:200), de las unidades del Grupo Gualanday, con interpretación preliminar del ambiente de depósito. c). Anexo con levantamiento geológico de los afloramientos de la Fm. Saldaña, en el carreteable del Distrito de riego mediana escala Tesalia – Paicol (Huila).) Ver Figura
- Corredor Vial Ruta del Sol - Sector 3: Doble calzada Bosconia - Valledupar (Cesar). Elaboración de informe con: a). Levantamiento estratigráfico de la unidad en revisión “Calizas y shales cretácicas indiferenciadas" a escala 1:100 b). Levantamiento geológico de los afloramientos de las unidades Grupo Guatapurí y Riodacita de Los Tábanos (Ver Figura)

Elaboración de Informes nuevos. Después de las comisiones de campo se viene elaborando los informes próximos a oficializar:

- Autopista Conexión Pacífico I (Corredor Vial Amagá – Bolombolo – Antioquia. Esta vía inicia en Ancón Sur al sur del municipio de Medellín hasta Bolombolo; el trayecto donde se están haciendo obras va desde Amagá hasta Bolombolo; son aproximadamente 30 Km lineales; las actividades en la comisión de campo: a) Descripción litológica y estructural de las unidades: Grupo Cajamarca, Diorita de Pueblito, Formación Quebradagrande (Mb. Volcánico), Formación Amagá, Formación Combia y Diques y Silos Basálticos (ver Figura).
- Corredor vial Cimitarra - Landázuri (Departamento de Santander). Esta vía es trazada desde Vélez (Santander) hasta Puerto Araujo (Santander), los kilómetros lineales que fueron estudiados en detalle comunican a Landázuri con Cimitarra, son aproximadamente 30 km lineales localizados en la plancha 150 (Cimitarra). Las actividades fueron: a). Revisión y descripción de los nuevos afloramientos de las unidades del Cretácico Superior. b). Levantamiento estratigráfico detallado de la parte superior de la Fm. La Luna y de la parte inferior de la Fm. Umir. c). Revisión descripción y muestreo de los afloramientos de las Fms. Tablazo y Paja en el corredor vial Landázuri – Vélez (Santander). d). Inicio del procesamiento de la información (digitalización de poligonales y columnas), edición del registro fotográfico y elaboración de tablas de muestreo.

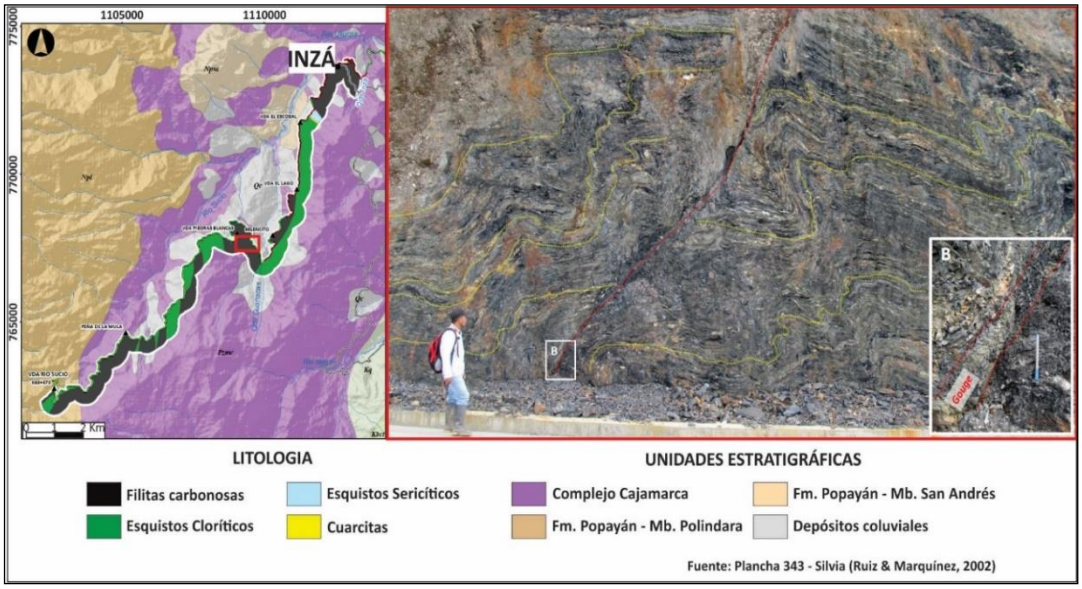


Figura 170. Afloramiento de filitas carbonosas en el Corredor vial Transversal del Libertador (Cauca). La franja de colores que resalta en el mapa muestra el detalle del levantamiento geológico.

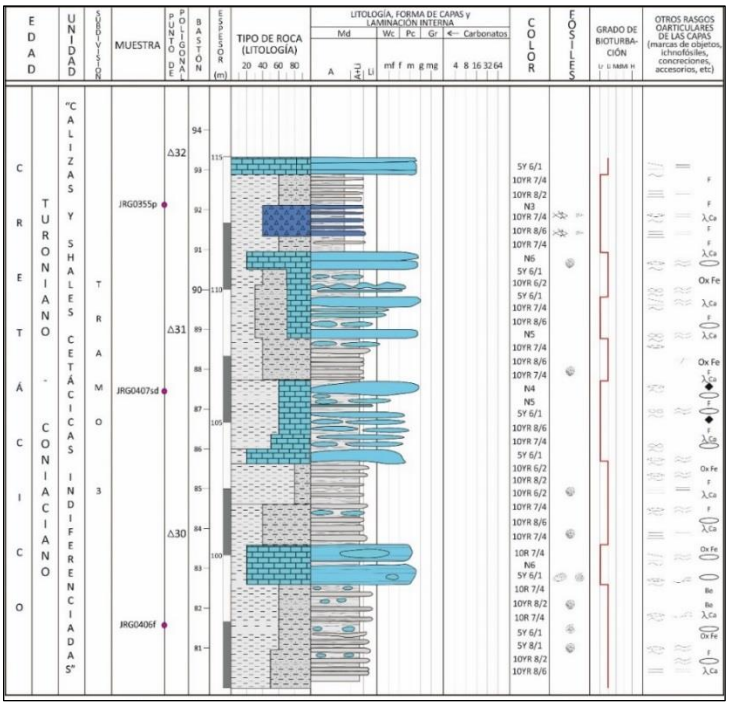


Figura 171. Columna estratigráfica de la Formación Calizas y shales cretácicas indiferenciadas, la figura inferior representa los metros superiores en afloramiento. Corredor Vial Ruta del Sol - Sector 3: Doble calzada Bosconia - Valledupar

- Corredor Plan vial Fase II, tramo Salamina-San Félix (Departamento de Caldas). Se realizó levantamientos estratigráficos de 290 m de las formaciones Quebradagrande y Abejorral.

- Corredor vial Simití-San Pablo. Se realizó el levantamiento estratigráfico de 330 metros sobre rocas del Cretácico Superior.

- Corredor vial Ruta de Cacao. Flanco occidental del Sinclinal de Nuevo Mundo. Levantamiento de 460 metros correspondientes a las formaciones Umir y Lisama

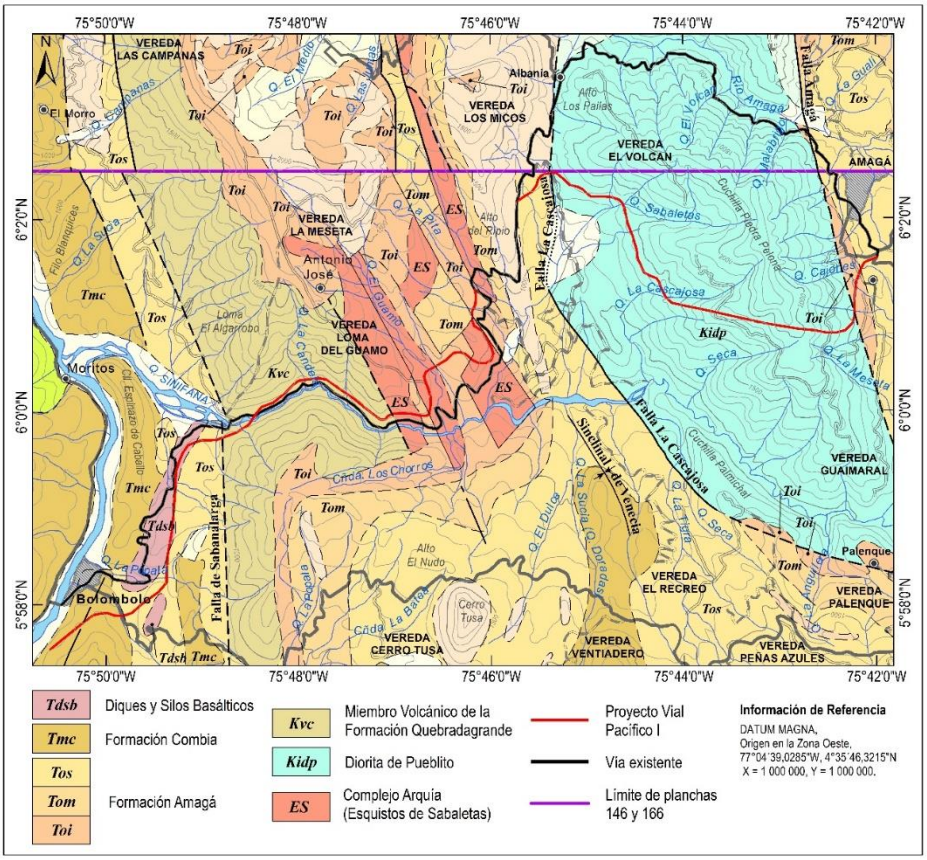


Figura 172. Se ilustra el trazo de la vía Conexión Pacifico I y las unidades geológicas en las que se tomó información geológica.

1.1.1 Gestionar integral la ampliación del conocimiento geocientífico básico

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

Gerente del Proyecto: Mario Andrés Cuellar y Oscar Freddy Muñoz

Descripción del Proyecto:

La Dirección de Geociencias Básicas tiene dentro de las actividades realizar seguimiento a cada uno de los proyectos de inversión en aspectos 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 en la entidad 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 el frente de trabajo denominado "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.

Objetivos del Proyecto:

Identificar, evaluar y consolidar el conocimiento geocientífico del territorio nacional y desarrollar la estrategia de apropiación social del conocimiento en geociencias básicas.

Justificación del Proyecto:

El conocimiento geocientífico integral del territorio nacional es clave para la generación de nuevas estrategias para el desarrollo económico, social y político de las regiones de Colombia. Por tanto, es necesario que el conocimiento geocientífico se constituya como una base para la toma de decisiones en cuanto a las estrategias para el desarrollo del país. De esta forma, la integración del conocimiento geocientífico obtenido durante el desarrollo de investigaciones geocientíficas realizadas en las diferentes líneas temáticas de la Dirección Técnica de Geociencias Básicas (Tectónica, Cartografía Geológica y Geomorfológica, Recursos Geotérmicos, Geología de Volcanes, Estratigrafía, Investigación y Exploración de Aguas Subterráneas, y Paleontología entre otras) es básico para plantear, planificar y formular nuevos proyectos de investigación geocientífica encaminados a proveer el conocimiento geológico del territorio en concordancia con las necesidades del país.

Beneficios del Proyecto

- Generación de un modelo geodinámico integral del territorio para la orientación de programas de exploración y explotación de recursos hídricos, geotérmicos, hidrocarburíferos y minerales.

- Evaluación regional sobre la distribución de las unidades geológicas fértiles de acuerdo a su ambiente geodinámico para la ocurrencia de depósitos minerales.
- Obtención de modelos del subsuelo que contribuyan a los planes exploratorios del Ministerio de Minas y Energía.
- Zonificación y delimitación de áreas prospectivas para recursos geotérmicos e hídricos.
- Generación de una evaluación regional sobre el conocimiento geocientífico del territorio nacional.
- Obtención de estrategias que influyan en la generación de nuevo conocimiento geocientífico para el beneficio interno del SGC y para uso externo de entidades del Estado.
- Aprovechamiento del conocimiento geocientífico para la formulación de proyectos de desarrollo de infraestructura.
- Aprovechamiento del conocimiento geocientífico para la formulación de proyectos de prevención del riesgo.
- Generar información geocientífica que ayude en el planteamiento de nuevos proyectos económicos, sociales y políticos conforme al Planes de Ordenamiento Territorial y al Plan Nacional de Desarrollo.
- Generación de información base para los modelos tectónicos y estratigráficos de las cuencas sedimentarias del país.

1. Cuenca Llanos Orientales

Durante este periodo se realizaron las siguientes actividades:

- Revisión Bibliográfica en términos de tectono-estratigrafía para definir los ciclos de segundo orden para la cuenca de la Llanos orientales.
- Revisión de la Calidad de la información sísmica y de pozos cargada previamente en la cuenca.
- Correlacionar los ciclos de segundo orden identificados en la cuenca piloto VMM con los ciclos en la cuenca Llanos.
- Definición de 2 transectas regionales para la cuenca de los Llanos Con el objetivo de interpretar los ciclos de segundo orden e intentar correlacionar con los ciclos interpretados en el VMM.
- Selección de las líneas sísmicas y pozos a ser utilizados para la generación de estas transectas y solicitud de información adicional para carga.
- Selección de pozos a ser utilizados para el amarre sísmico pozo de las transectas.
- Se terminó la interpretación de los ciclos y fallas principales de la transecta 1 W-E en la cuenca de los Llanos (área Meta).
- Se realizó el shift de las diferentes líneas que componen la transecta 2 que tenían datum diferentes.
- Se comenzó la interpretación preliminar de los ciclos en la transecta 2 S-N

- Teniendo como base la metodología establecida a partir de la cuenca piloto, para a cuenca Llanos se generaron los mapas con ubicación de líneas sísmicas y pozos (Ver Figuras).

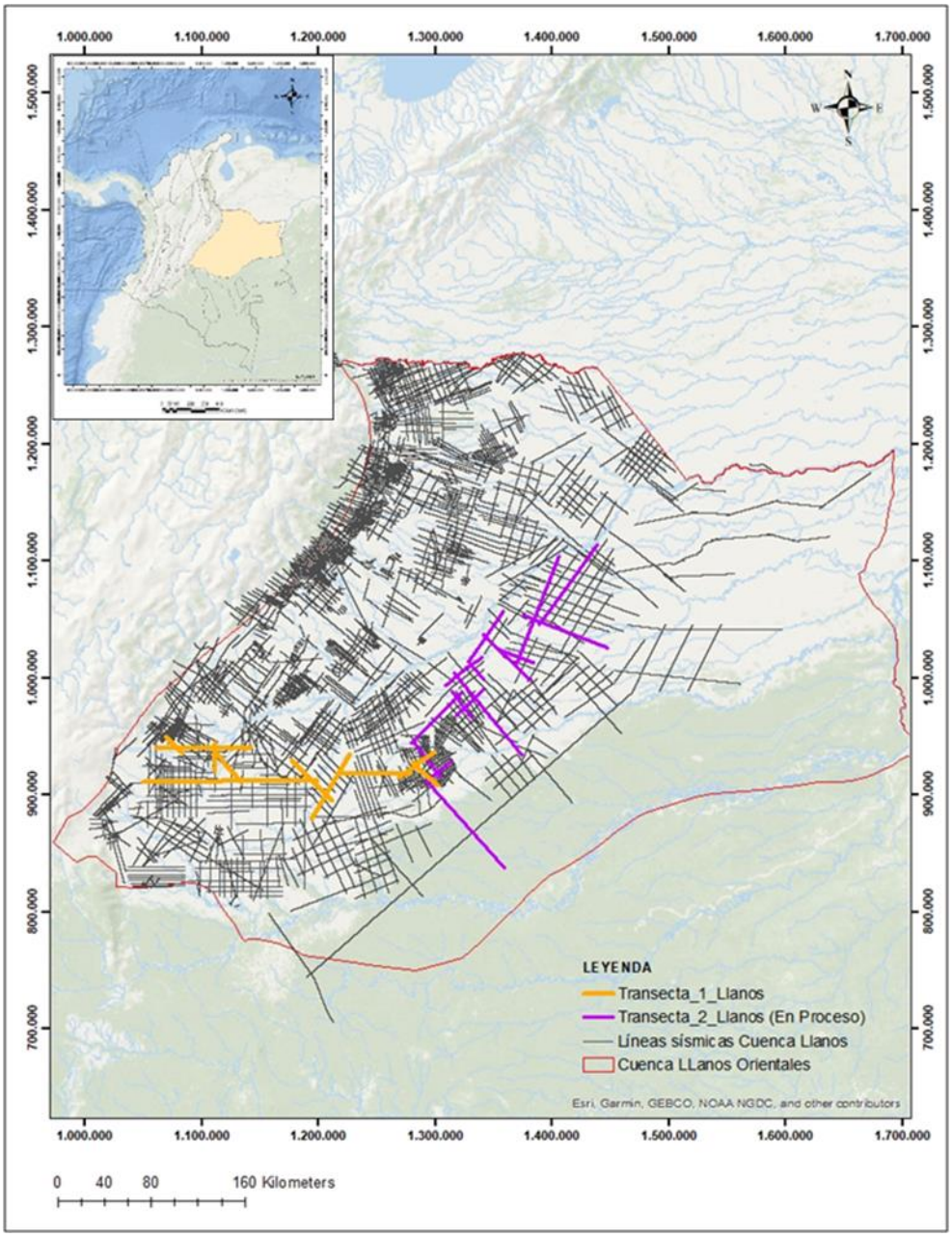


Figura 173. Mapa de la cuenca Llanos con la distribución de la sísmica 2D previamente cargada en Petrel

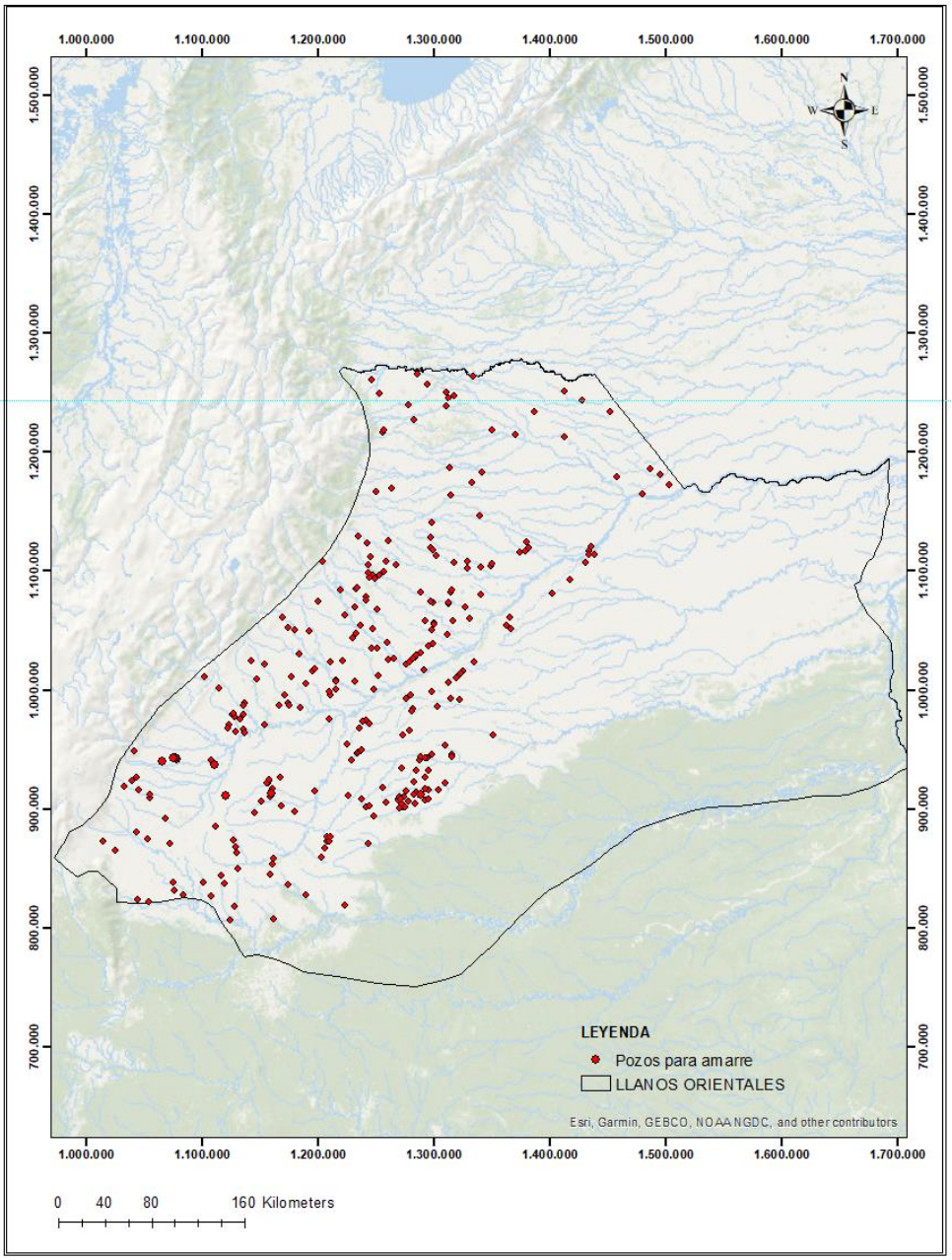


Figura 174. Mapa de la cuenca de los Llanos con los pozos cargados en la plataforma Petrel.

Como paso a seguir se seleccionó las líneas sísmicas y pozos de interés para generación la generación de la transecta 1 para ser interpretadas en la cuenca de Llanos. (Ver Figura)

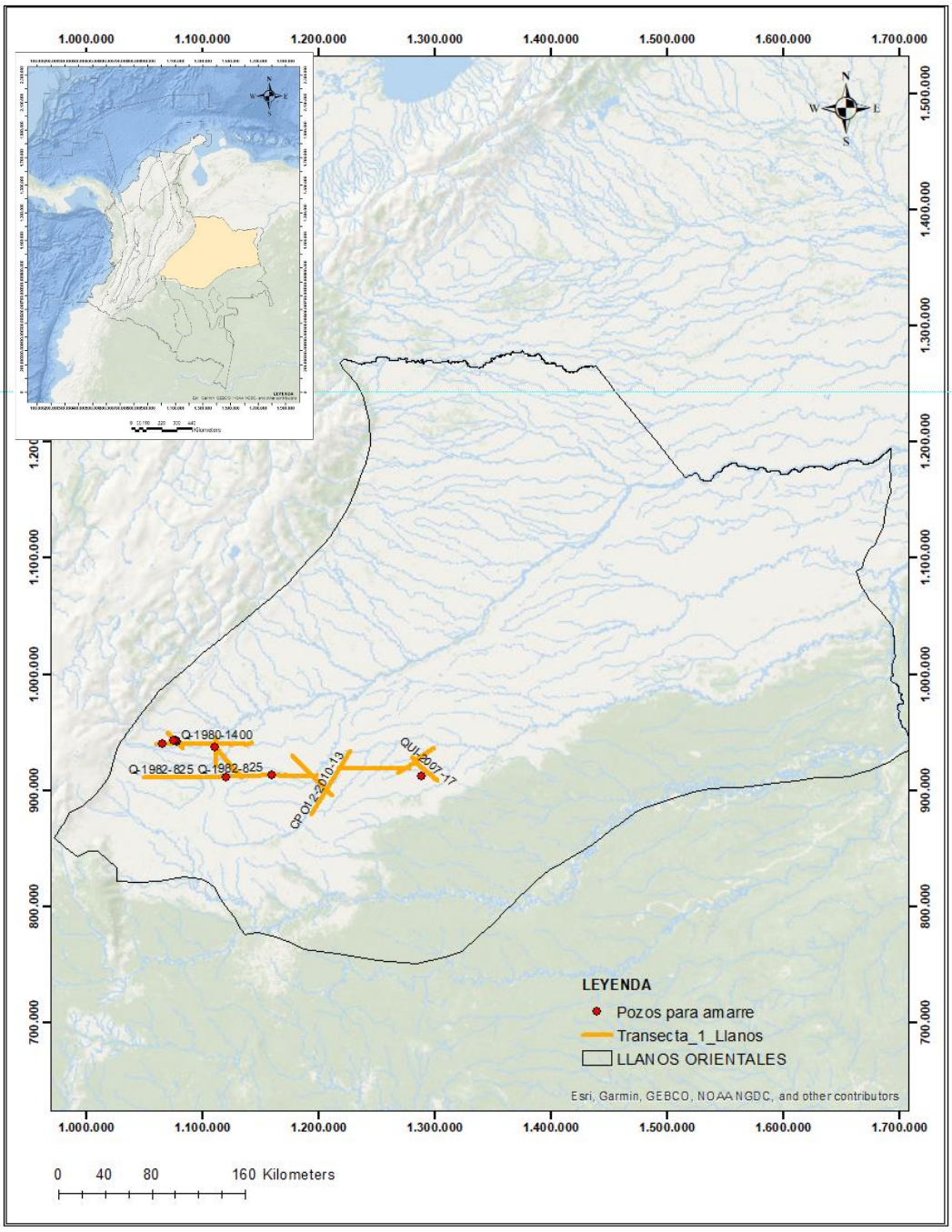


Figura 175. Mapa localización de la transecta-1 interpretada en la cuenca de Llanos

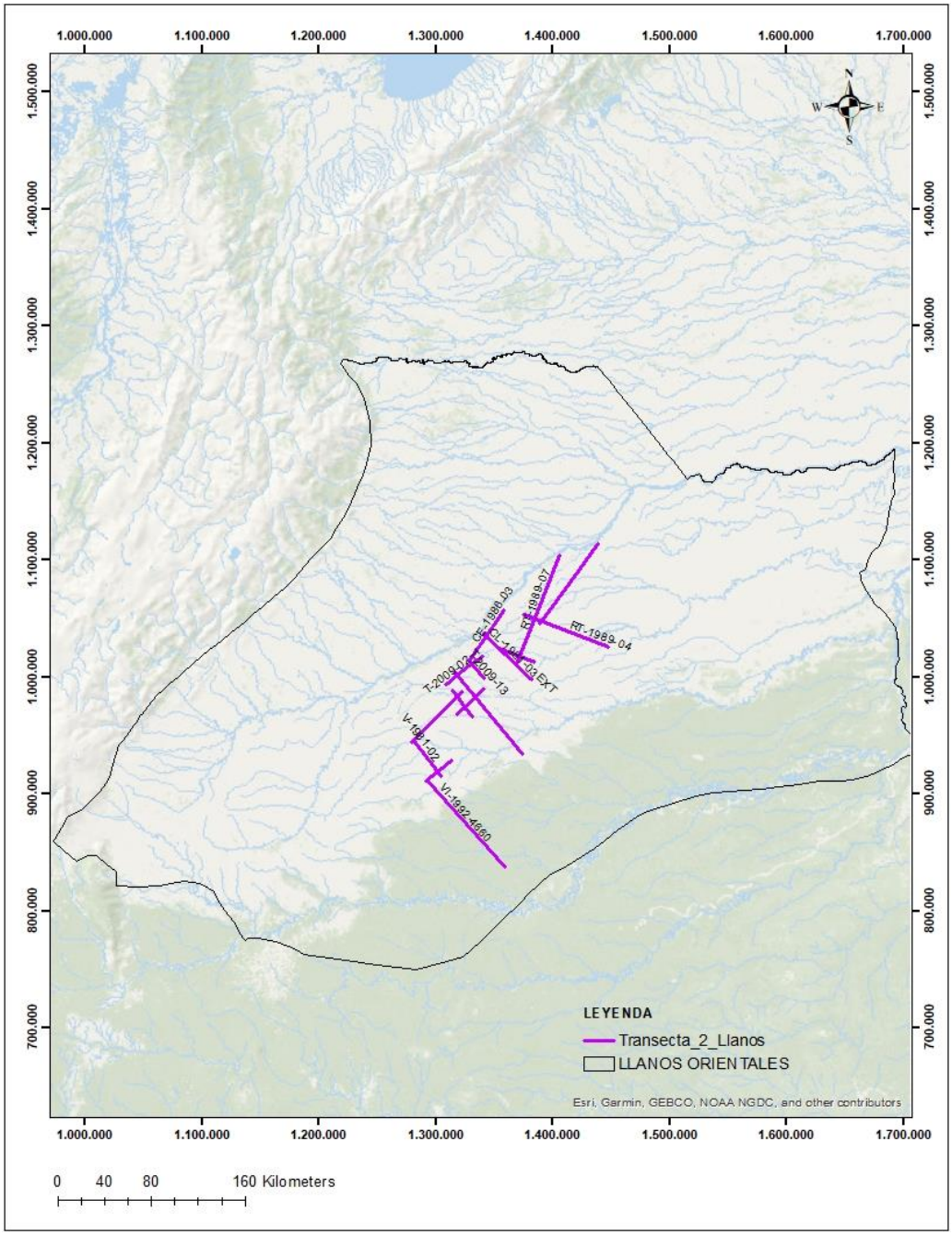


Figura 176. Mapa localización de la transecta-2 en proceso de interpretación

Ciclos crono-estratigráficos Cuenca Llanos

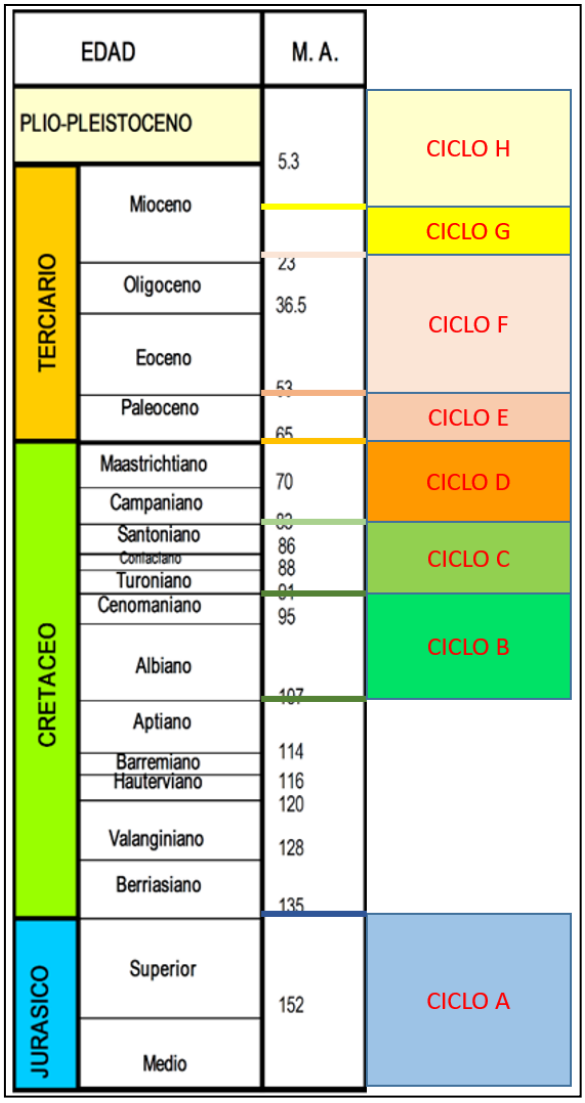


Figura 177. Ciclos crono-estratigráficos de segundo orden definidos para la cuenca de los Llanos

Ciclo A (Pre-Cretácico al Jurásico tardío)

Superficie de correlación cercana del límite Cretáceo-Jurásico. Las rocas pertenecientes al Triásico – Jurásico son muy poco conocidos en la cuenca Llanos Orientales. Algunas capas rojas encontradas en el área de Arauca, fueron datadas de esta edad. Estas capas, preservadas en grabens aislados, pueden asociarse con fenómenos de distensión, de tipo rift. En ningún otro sector de la cuenca se han observado rocas de edad similar.

Ciclo B (Albiano – Cenomaniano)

Litológicamente consiste principalmente, de areniscas cuarzosas con intercalaciones menores de lutitas y de limolitas carbonosas. Su espesor aumenta, en general, hacia el Noroeste. Presenta valor de cero en el límite de erosión o no deposición en el oriente y sureste; de 50 a 350 pies, en promedio, en área del Meta; 300 a 600 pies en Arauca; y llega hasta 650 pies en el Piedemonte Llanero.

Ciclo C (Cenomaniano – Santoniano)

Representa la máxima transgresión del Cretáceo hacia el oriente y sureste, sobre el Escudo de Guyana. Esto implica que el límite de erosión o deposición oriental se localiza siempre más al este que los limites sedimentarios de las formaciones Une y Guadalupe. Está constituida por una secuencia de lutitas, de color gris a gris oscuro, con desarrollos menores de areniscas, con contenido variable de glauconita; presenta a veces pequeños niveles calcáreos. Este ciclo se acuña o no está presente por erosión en el oriente y suroriente de la cuenca. El espesor aumenta hacia el noroccidente, y el valor máximo encontrado en el sector suroccidental de la cuenca, es superior a 600 pies.

Ciclo D (Santoniano-maastrichtiano)

Consiste de una secuencia de areniscas masivas, con pequeñas intercalaciones de lutitas, a veces con pequeñas capas de carbón. El espesor máximo observado en la cuenca Llanos Orientales se encuentra en el pozo La Coral-1 (600 pies), en el sector de Arauca, y al sur en el área de Vanguardia-1, Cumaral-1 y Medina-1, con más de 600 pies. En general, como los otros ciclos del Cretáceo, el espesor de este aumenta hacia el piedemonte, pasando de cero en las cercanías del escudo guayanés, a más de 600 pies en el piedemonte. Corresponde al el limite K-T.

Ciclo E (Paleoceno- discordancia Eoceno)

Este ciclo está ausente en los sectores de Apiay – Ariari, en el sur, y Caño Limón, al norte, y está presente únicamente en el borde occidental de la cuenca. En el sector de Casanare son predominantes las areniscas masivas, pobremente clasificadas en la base; suprayacidas por lutitas de color gris y gris verdoso, con intercalaciones locales de algunas capas delgadas de carbón y delgadas intercalaciones de areniscas. En el área de Arauca El ciclo consta de areniscas cuarzosas masivas de grano fino a grueso, con intercalaciones delgadas de lutitas intercaladas con areniscas de color parduzco, de grano muy fino a medio. Los espesores de este ciclo aumentan regular y rápidamente hacia el Occidente, y superan los 1.000 pies en los primeros corrimientos de la cordillera.

Ciclo F (Discordancia Eoceno- Mioceno inferior)

En la base del ciclo predomina un conjunto de areniscas masivas con diferentes granulometrías, generalmente granodecreciente de base a techo, compuestas por cuarzo, algunas veces feldespato, materia orgánica leñosa y glauconita.

Su límite basal coincide con una de las principales discordancias (discordancia del Eoceno). Este ciclo se acuña hacia el sureste y su espesor aumenta hacia el Occidente, hasta alcanzar 950 pies reportados en el pozo Floreña-1.

Hacia el tope el ciclo corresponde a depósitos transgresivos y regresivos de corta duración de un mar epicontinental de poca profundidad. En el área de Casanare consiste de una alternancia de rocas arcillosas, limosas y de arenisca, a veces con niveles de carbón (Charitat y otros, 1985), depositadas en ambientes que varían de marino transicional a continental. Se observa una alternancia de niveles transgresivos, fino granulares e importantes sellos regionales; con niveles regresivos, arenosos, los cuales, son productores de hidrocarburos en varios sectores de la cuenca. El contacto superior es conforme y gradual en la mayor parte de la cuenca.

Ciclo G (Mioceno inferior- Mioceno Medio)

Representa la última invasión de los mares terciarios en la cuenca. Está compuesta por capas gruesas de lutitas grises. Los máximos espesores observados se encuentran reportados en el pozo Chaparral-1 (más de 2.500 pies) suroeste de la cuenca.

Ciclo H (Mioceno Medio- Pleistoceno)

Representa la última sedimentación de la cuenca. Es una secuencia espesa de más de 13.000 pies, en el piedemonte de la cordillera. Está constituido por una alternancia de arcillolitas de colores grises a pardo rojizos, muy solubles, y areniscas mal seleccionadas, de grano de medio a grueso, a veces con niveles de conglomerados, ocasionalmente, hacia el tope presentan niveles carbonosos. Hacia la base tiene influencia marina y hacia el tope fluvial marino a continental. En la parte central de la cuenca, está representada por una sección de 2.000 a 8.000 pies, de arcillolitas varicoloreadas y areniscas masivas de grano grueso. En el área de Meta tiene mayor dominio continental. Regionalmente se adelgaza hacia el sur de la cuenca

Transecta-1 Cuenca Llanos

Transecta ubicada en el área de Meta, dirección W-E para esta transecta se identificaron 6 ciclos cronoestratigráficos ya que para esta ubicación de la cuenca algunas secuencias no fueron depositadas o han sido erosionadas.

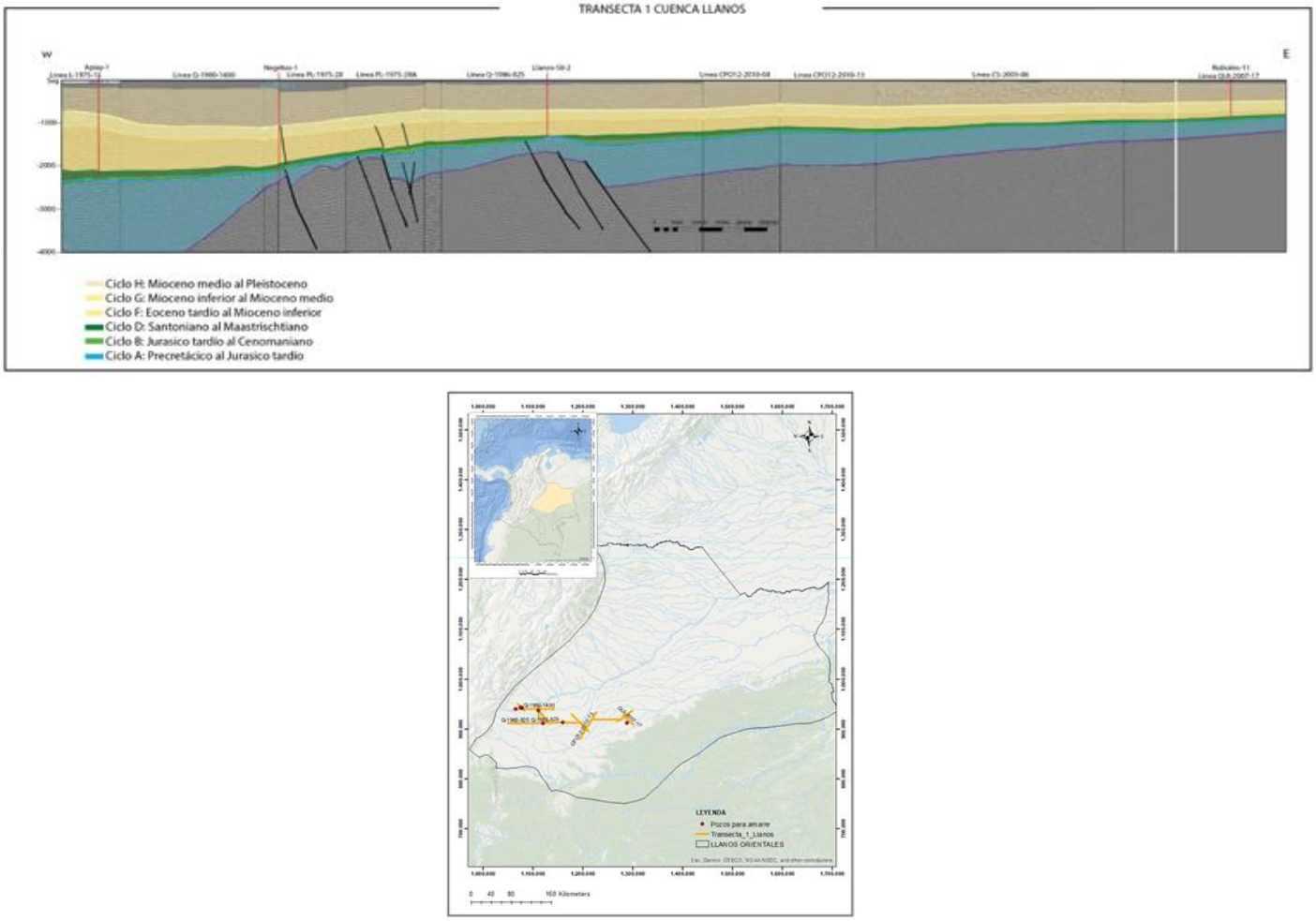


Figura 178. Transecta 1 E-W, compuesta de las líneas Q-1992-2110, PL-1975-28A, Q-1986-825, Q-1982-825, CPO12-2010-13, CPO12-2010-04, CS-2005-06, QUI-2007-10, QUI-2007-05, META-2005-13, QUI-2007-17, Q-1980-1400, L-1975-15

Cuenca Caguán Putumayo

Para la cuenca de Caguán - Putumayo y siguiendo la metodología establecida a partir de la cuenca piloto, se establecieron los mapas con ubicación de líneas sísmicas y pozos (Ver Figuras). Se resalta con colores las dos primeras transectas a realizar, una W-E de color amarillo claro que se terminó y otra N-S en color magenta que se encuentra en proceso.

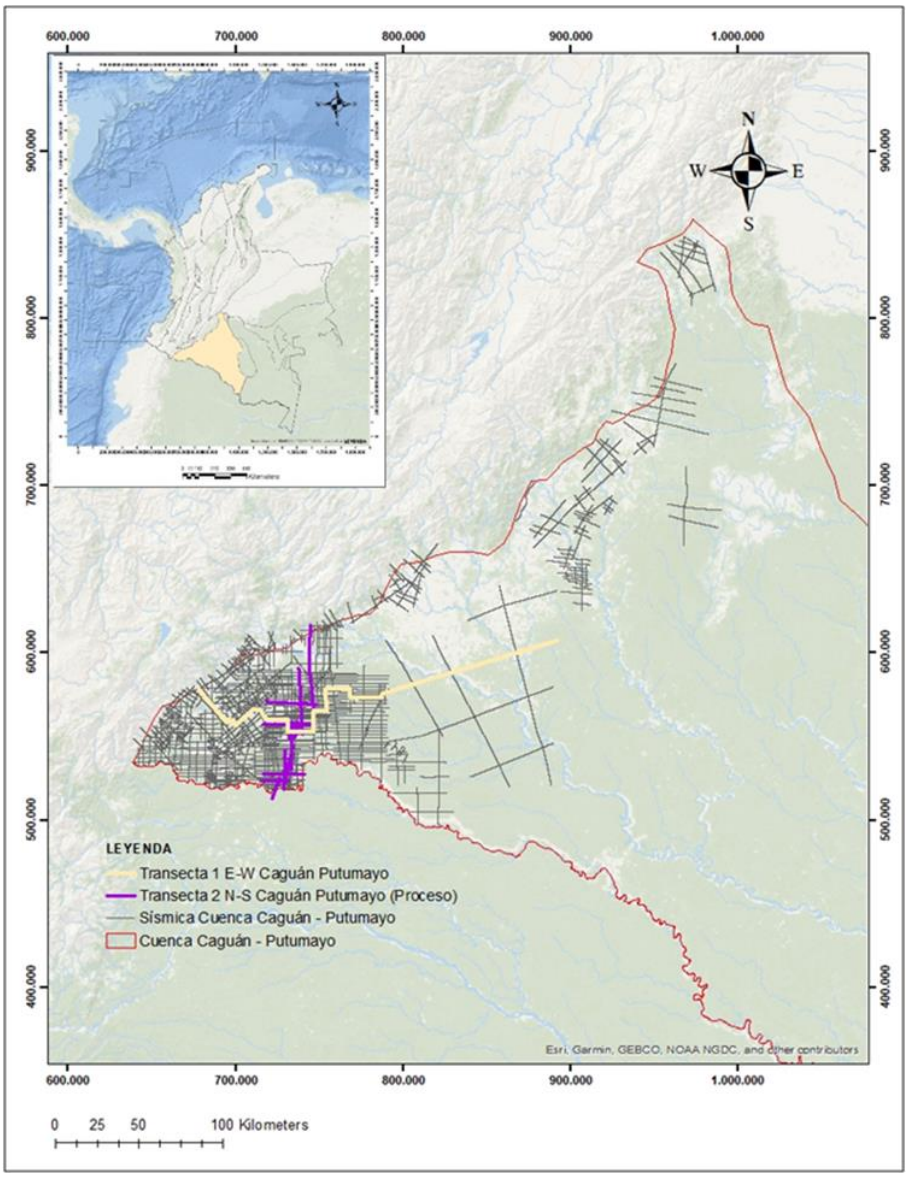


Figura 179. Mapa de la cuenca Caguán - Putumayo con la distribución de las líneas sísmicas.

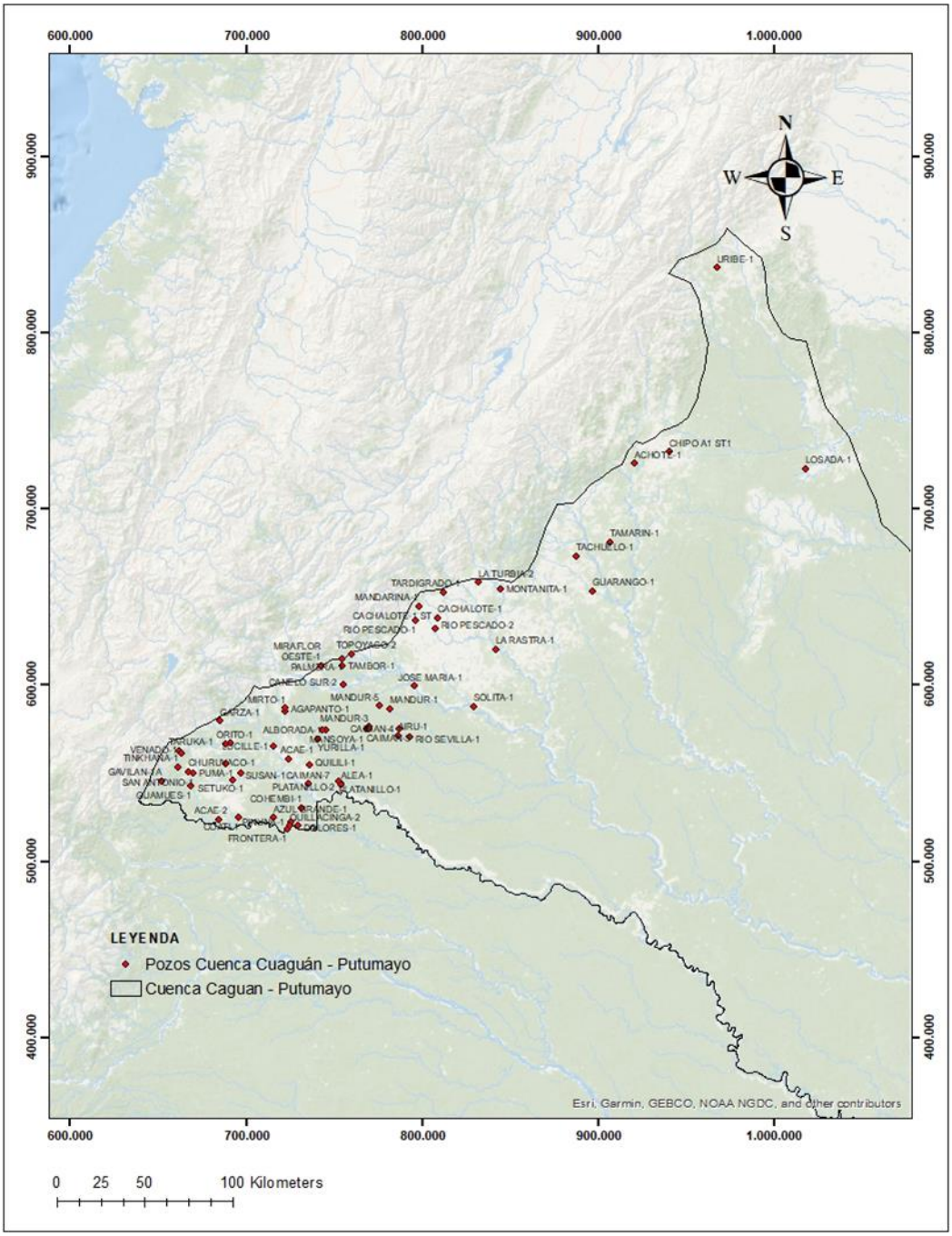


Figura 180. Mapa de la cuenca Caguán - Putumayo con los pozos de amarre para las secciones sísmicas.

Como paso a seguir se seleccionó las líneas sísmicas y pozos de interés para generación de la transecta 1 para ser interpretadas en la Cuenca Caguán - Putumayo. (Ver Figura)

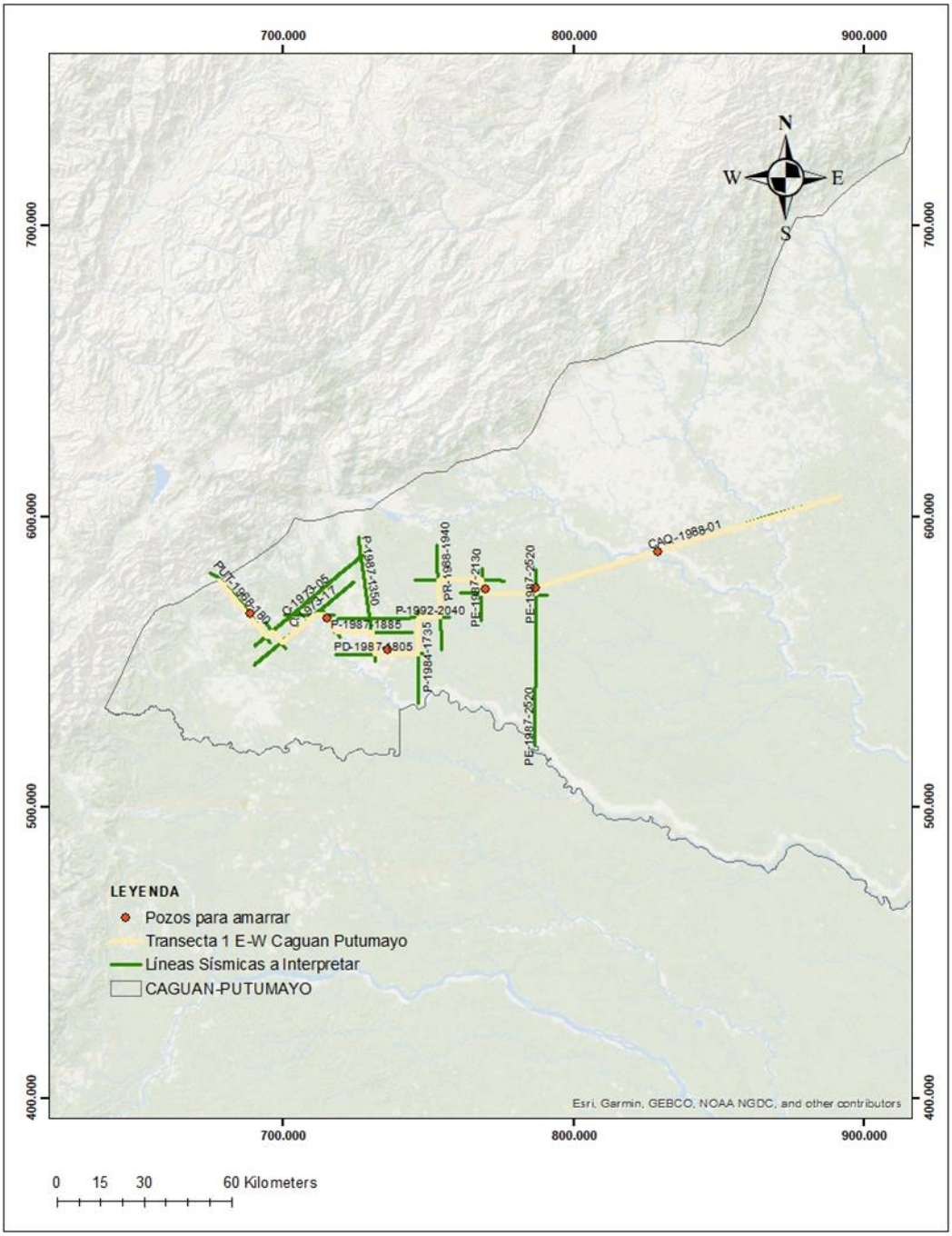


Figura 181. Mapa de localización de la transecta interpretada en la cuenca de Caguán – Putumayo

Ciclos crono-estratigráficos Cuenca Caguán-Putumayo

La Cuenca Caguán – Putumayo se puede subdividir en 3 Sub-cuencas a saber: Putumayo, Caguán y Uribe, de acuerdo con las características de secuencias involucradas y afinidad

con cuencas vecinas. Con base en ello, se distribuyen los ciclos de manera diferente en cada una de ellas, como se ilustra en la Figura.

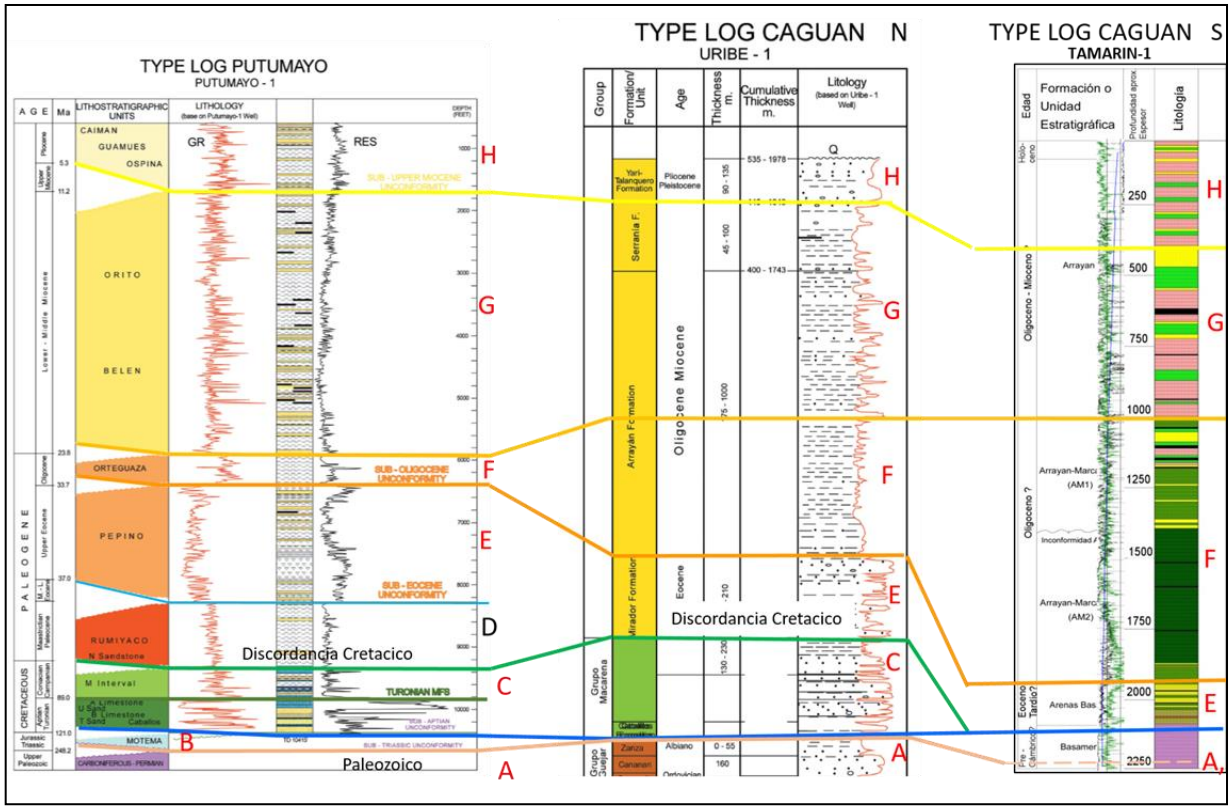


Figura 182. Definición Ciclos de segundo orden para la cuenca Caguán Putumayo

Transecta-1 Cuenca Caguán-Putumayo

Esta transecta, de orientación W – E cruza la cuenca del Putumayo desde el piedemonte de la cordillera Oriental hasta el alto de Florencia, el cual se considera como el límite con la sub-cuenca del Caguán. Permite ver la geometría y basculamiento general de la cuenca.

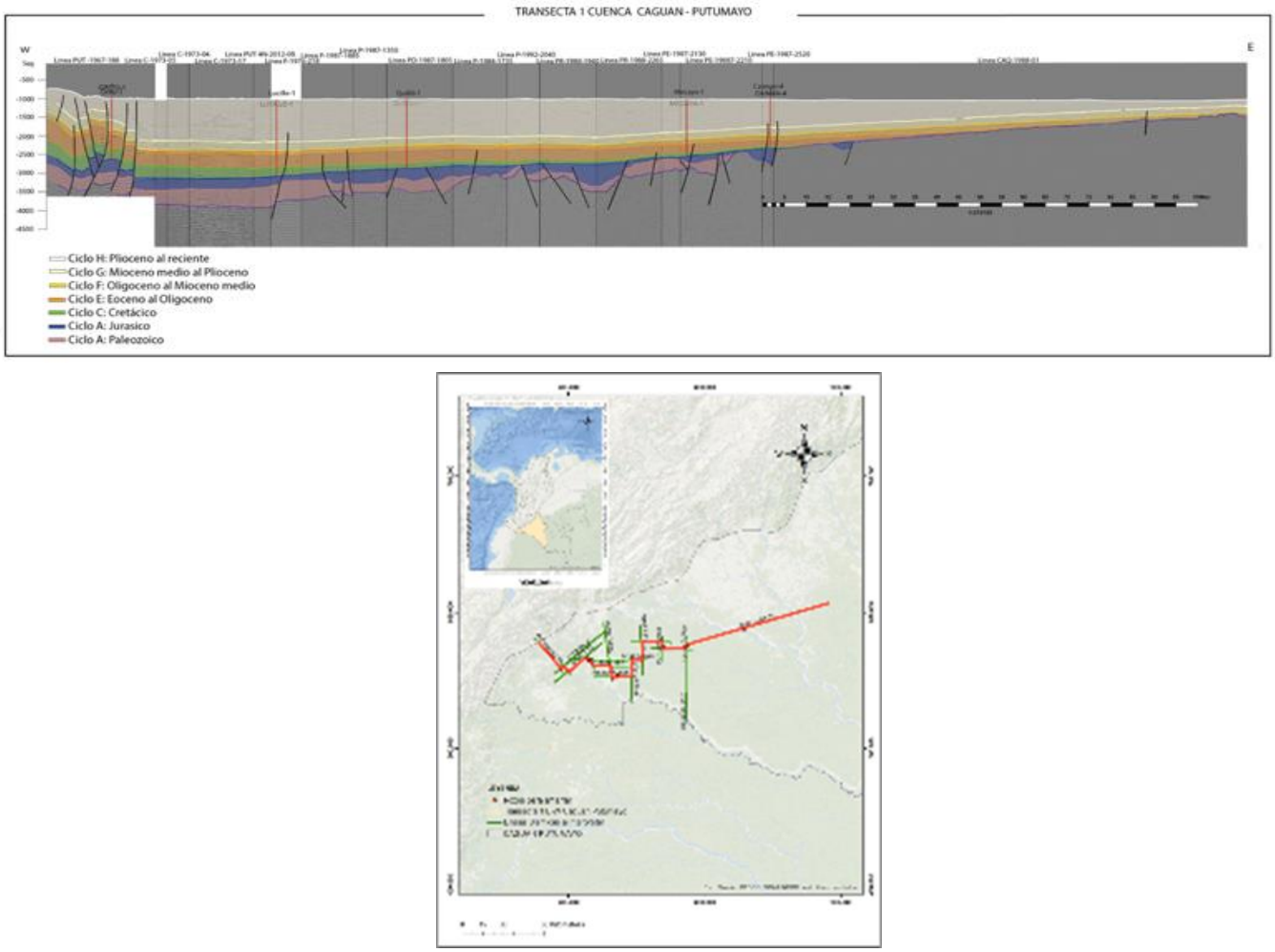


Figura 183. Transecta 1 W-E, compuesta de las líneas PUT-1967-180, C-1973-05, C-1973-104, C-1973-17, PUT4N-2012-08, F-1976-218, P-1987-1885, P-1987-1350, PD-1987-1805, P-1984-1735, P1992-2040, PR-1988-1940, PR-1988-2265, PE-1987-2130, PE-1987-2210, PE-1987-2520, CAQ-1988-01. Pozos de amarrel, Orito-1, Lucille-1, Quilili-1, Mecaya-1 y Caimán-4

La transecta permite identificar las características físicas principales de la cuenca, mostrando en su extremo Oeste el piedemonte cordillerano con fallamiento inverso imbricado, el cual contrasta con una larga disposición semi-horizontal de secuencias fanerozoicas en el ante-país, que se van adelgazando hacia el Este y acuñando de viejas a jóvenes contra el basamento cristalino.

Las secuencias pre-Cretácicas se encuentran rellenando antiguos grabens o hemi-grabens correspondientes a un ambiente distensivo, algunos de los cuales experimentaron inversión tectónica, pues algunas de las fallas límites de dichas estructuras se reactivaron como fallamiento inverso afectando parte de la secuencia Cenozoica.

2 ÁREA DE CONOCIMIENTO: INVESTIGACIÓN EN RECURSOS DEL SUBSUELO Y EVALUAR SU POTENCIAL. (RECURSOS MINERALES)

2.1 Introducción Recursos Minerales

El área de conocimiento de Recursos Minerales se desarrolla en la Dirección de Recursos Minerales y produce información y 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 para ser utilizada para proyectar usos del suelo, planear el aprovechamiento de recursos del subsuelo, proyectar y desarrollar actividades productivas y evaluar en qué condiciones se promueve el desarrollo del país.

El área de conocimiento de Recursos Minerales, ejecutó 11 proyectos por medio de cuatro grupos de investigación, los cuales desarrollaron diversas actividades que permitieron cumplir con las metas y objetivos planeados para el año 2019, tal y como se registra para cada grupo a continuación.

1. **Grupo de Investigación en Geoquímica y Geofísica Aplicada**

1.1. Anomalías Geoquímicas para Recursos Minerales (Multipropósito - Global, Nacional, Local)

1.2. Anomalías Geofísicas para Recursos Minerales (Multipropósito - Nacional, Regional, Local

1.3. Huella Digital de Minerales en Colombia (Distritos Mineros)

En éste primer grupo se avanzó en el conocimiento de disciplinas básicas temáticas como la geoquímica y la geofísica, como insumo fundamental para que los otros grupos de investigación profundicen en sus aplicaciones para evaluar el potencial mineral en minerales metálicos, energéticos y no metálicos e industriales.

Adicionalmente en éste grupo de ejecutó un proyecto sobre huella digital de minerales que es una aplicación específica de geoquímica y mineralogía ultra fina y de niveles de concentración de ultra trazas, de gran utilidad para identificar el origen de los minerales contribuyendo con información a la trazabilidad de la cadena de producción de los minerales en el país.

2. Grupo de Investigación y Prospección de Recursos Minerales Metálicos

2.1. Mapa Metalogénico de Colombia (Nacional, Mapas re Depósitos Minerales)

2.2. Áreas con Potencial para Recursos Minerales (Distritos Metalogénicos)

En éste segundo grupo se avanzó en el Mapa Metalogénico de Colombia (MMC), cuya versión 2020 será entregada a finales de éste año. El MMC es la carta de navegación en conocimiento Metalogénico o de aptitud geológica para la ocurrencia de minerales de Colombia (dominios, provincias, sub-provincias, cinturones, distritos metalogénicos); y también registra ocurrencias y depósitos minerales del país.

En éste grupo con información geológica orientada a recursos minerales, y los insumos de información geoquímica, geofísica y metalogénica, se realizó la evaluación del potencial mineral en distritos metalogénicos, en éste período con énfasis en cobre y otros minerales estratégicos, e identificó áreas prospectivas para éstos minerales en Colombia.

3. Grupo de Investigación y Prospección de Recursos Minerales Energéticos

3.1. Investigación, Prospección y Evaluación de Recursos Carboníferos

3.2. Investigación y Prospección de Gas Metano Asociado a Carbón

3.3. Investigación y Prospección de Uranio

En éste grupo de investigación se prospectaron y caracterizaron recursos carboníferos en áreas de cuencas sedimentarias que no habían sido objeto de éstos estudios, en el departamento de Córdoba.

Igualmente se avanzó en la evaluación sistemática de Gas Metano Asociado a Carbón (GMAC) en cuencas carboníferas de Cundinamarca y Boyacá.

Finalmente, éste grupo avanzó en la prospección de uranio en áreas de Tolima y Cundinamarca.

4. Grupo de Investigación y Prospección de Recursos Minerales No Metálicos e Industriales

4.1. Prospección y Exploración de Fosfatos y Magnesio

4.2. Prospección y Exploración de Materiales de Construcción

4.3. Prospección y Exploración de Arcillas Industriales

En éste cuarto grupo se avanzó es la exploración regional de fosfatos y magnesio en el departamento del Huila

Se avanzó en la caracterización y prospección de materiales de construcción en la zona piloto de Bogotá que incluye áreas de los departamentos de Quindío, Norte del Valle, Boyacá, Casanare, Santander y Meta).

Finalmente, éste grupo avanzó en la prospección y caracterización de arcillas de uso industrial en zonas piloto de los departamentos del Valle y Tolima.

Las actividades particulares desarrolladas y ejecutadas por cada uno de los cuatro grupos de trabajo en los 11 proyectos de investigación, se resumen a continuación.

1. Investigación en Geoquímica y Geofísica Aplicada

Con referencia al grupo de Investigación en Geoquímica y Geofísica aplicada, se desarrollaron actividades en 3 proyectos cuyos avances permitieron cumplir las metas planeadas para el año 2019.

1.1. Anomalías Geoquímicas Multipropósito

En éste proyecto orientado al mapeo geoquímico de Colombia se trabajaron diferentes escalas representadas en diversas densidades de muestreo, con la finalidad de obtener información geoquímica multipropósito para diferentes aplicaciones en recursos del subsuelo, infraestructura, medio ambiente, salud, agricultura, entre otros.

En primer lugar, se avanzó en mapeo global del proyecto de UNESCO de líneas base geoquímicas global para el mapa geoquímico del mundo en el cual Colombia actúa como líder para Latino América y se colectaron sedimentos de llanura de inundación en grandes cuencas a una densidad de 1 muestra/ 1600 km^2 en celdas de 40 x 40 km o 1 muestra / 6400 km^2 en celdas de 80 x 80 km.

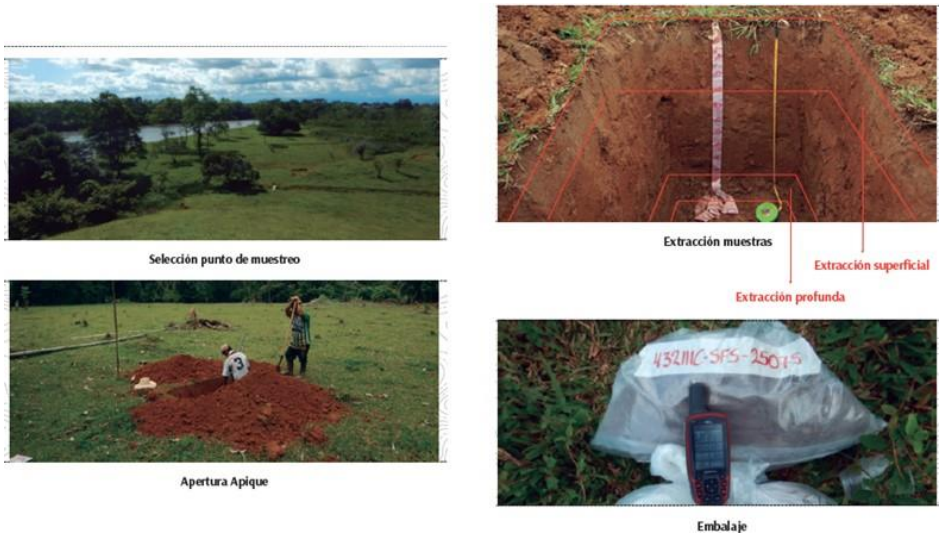
También se avanzó en el mapa Geoquímico de Colombia para obtener conocimiento geoquímico del país para múltiples aplicaciones (minerales, medio ambiente, salud, agricultura, planes de uso del territorio, entre otros) en ejecución del cual se colectaron sedimentos, aguas y suelos con una densidad de muestreo de 1 muestra / 9 km^2, o 1 muestra / 16 km^2, o 1 muestra / 25 km^2, dependiendo de las características del terreno.

Se avanzó en el muestreo geoquímico para aplicación específica a prospección o exploración regional de minerales, como base para la evaluación del potencial de recursos minerales en distritos metalogénicos de interés, en donde se colectaron concentrados de batea, rocas, sedimentos, suelos, etc., con densidades de 1 muestra / km^2 o 1 muestra / 4 km^2, de acuerdo con las características de cada zona y de los tipos de mineralizaciones que se están prospectando.

En la aplicación de información geoquímica para medio ambiente y salud, se adelantaron muestreos locales de alta densidad y multimedio, dependiendo de las características de la zona a investigar y de los propósitos de la aplicación específica.

Las actividades fundamentales desarrolladas en el año 2019, se describen a continuación.

- Se realizaron muestreos de sedimentos de planicie de inundación (floodplain y overbank) para establecer las Líneas Base Geoquímicas Global (mapeo geoquímico de baja densidad) en los departamentos de Guainía, Vichada, Casanare y Arauca (Convenio Servicio Geológico de China - SGCh), con lo cual se alcanza un cubrimiento de aproximadamente el 75% aproximadamente.
- Se ejecutaron los muestreos de sedimentos de planicie de inundación y aguas superficiales para establecer las Líneas Base Geoquímica Nacional de Colombia, recolectando muestras, en los departamentos en los departamentos de Guainía, Vichada, Casanare, Arauca, Vaupés, Guaviare, Amazonas (Convenio Servicio Geológico de China - SGCh).

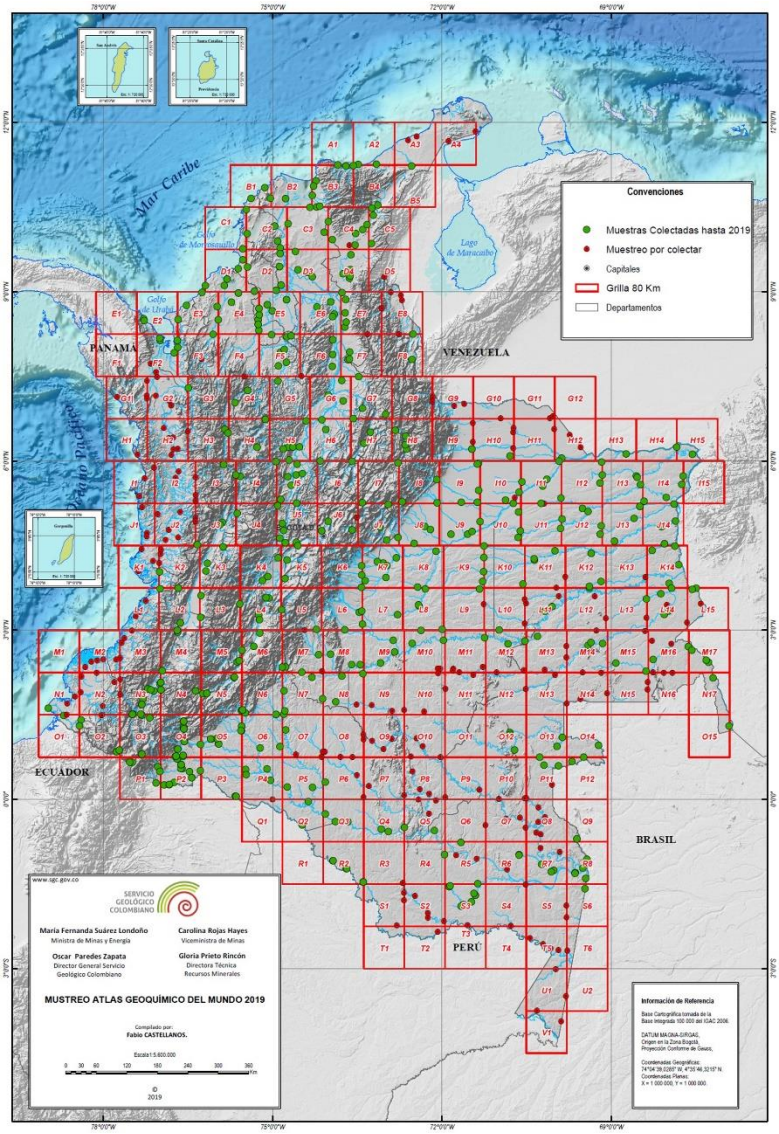


Muestreo de ultra baja densidad – Línea base Geoquímica Global



Toma de muestras de sedimentos de llanura de inundación en el departamento del Amazonas (estación 512IA-SFS-35133)

- Se enviaron las muestras colectadas para los análisis geoquímicos respectivos en los laboratorios del SGCH (Convenio SGC – SGCH).



Avances del mapeo geoquímico de baja densidad en Colombia- línea base geoquímica global (75% de cubrimiento del territorio)

- Se continuó con la adquisición de información y el muestreo para el Mapa Geoquímico Colombiano – Línea Base Geoquímica Nacional (media densidad), colectando sedimentos activos de corriente y aguas en el departamento del Vaupés.



Procedimiento de la toma de muestras de sedimentos activos de corriente el departamento del Vaupés.

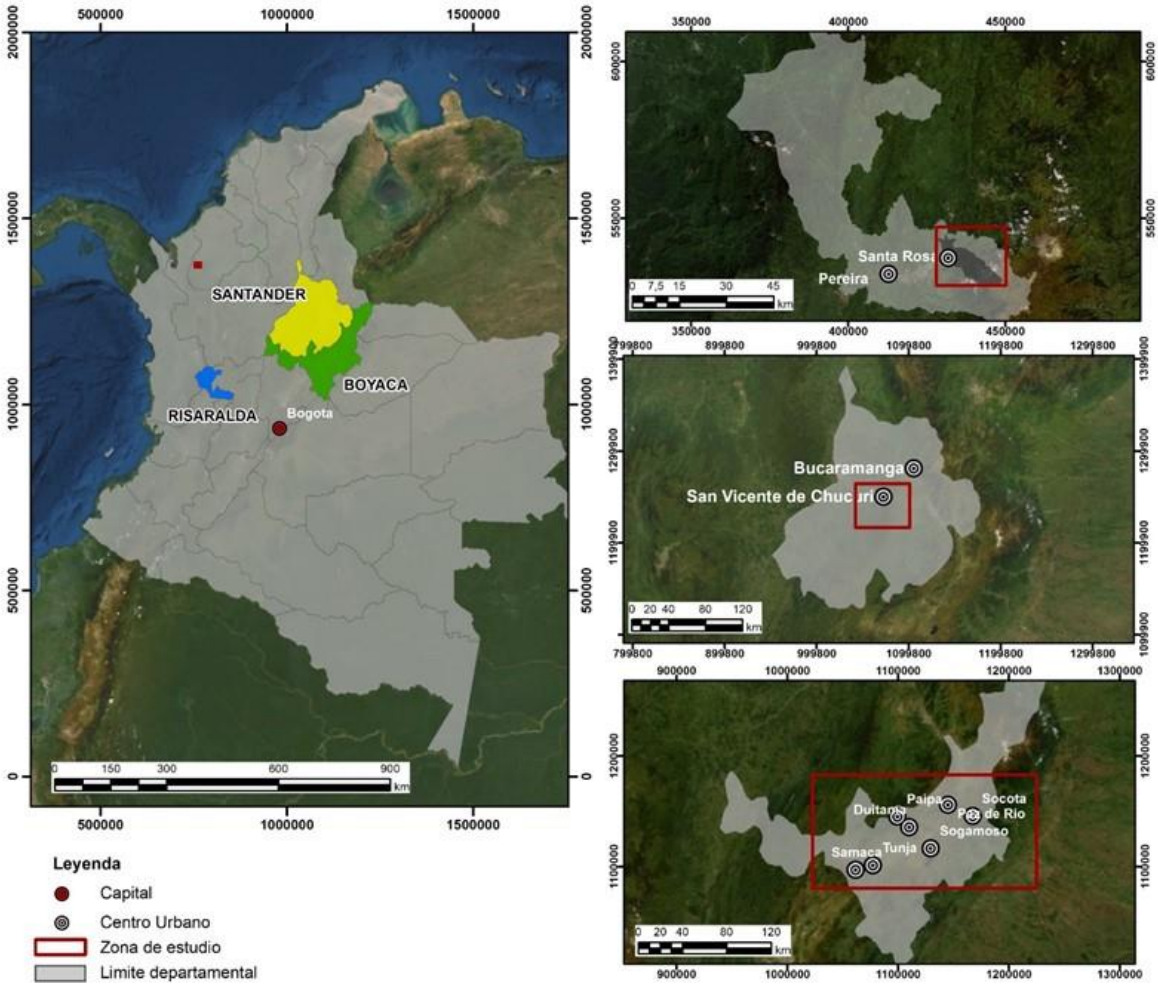
- Se continuó con muestreo de media densidad, correspondiente al Mapa geoquímico de Colombia, y tienen como objetivo realizar un cubrimiento en aquellos sectores donde no existe información de sedimentos activos de corriente, en el departamento de Santander, en los sectores de las planchas topográficas 109 y 120 (escala 1:100.000). En éste muestreo se recolectaron muestras de sedimentos de corriente y de aguas en el departamento de Santander con un cubrimiento aproximado de 42.000 km^2.



Colecta de sedimentos finos activos de corriente (estación 109IVD-34160-61 departamento de Santander)

- Se acordaron metodologías de muestreo para la identificación de potencial mineral (densidad, medios -sedimentos activos, sedimentos de lecho seco, aguas, suelos, colecta, preservación, QA/QC).
- Se realizó control de calidad de datos geoquímicos, validación de la información geoquímica y planeación de muestreos geoquímicos para el grupo de Investigación y Prospección de Recursos Minerales Metálicos, proyecto Áreas con Potencial para Recursos Minerales.
- Se participó en las actividades del grupo de expertos en geoquímica de la ASGMI (Asociación de servicios Geológicos Iberoamericanos), de la cual el SGC hace parte.
- Se adecuó para publicación la memoria del Atlas Geoquímico de Colombia, versión 2018, para el respectivo proceso de oficialización (Esta versión del Altas Geoquímico de Colombia, incluye 57 elementos y una memoria explicativa de cómo se realizó el atlas).
- Se finalizó guía metodológica para realizar muestreo geoquímico en carbones, aplicado a temáticas de geoquímica ambiental y geomedicina.
- Se realizaron muestreos especializados para identificar contenidos de Hg y otros elementos potencialmente peligrosos en carbones de la zona carbonífera de Santander, Boyacá (afloramientos, núcleos de perforación, frentes de mina)
- Se realizaron determinaciones macroscópicas – físicas, petrografía y análisis químicos de contenidos de Hg y otros elementos potencialmente peligrosos en las muestras de carbón colectadas, en los laboratorios de carbones y geoquímica de la Dirección de Laboratorio del SGC.
- Se realizaron mapas temáticos (muestreo, concentración de Hg y otros elementos potencialmente peligrosos, etc.).
- Se elaboraron informes técnicos de la zona carbonífera de Santander.
- Se finalizó la investigación geoquímica de Arsénico (As) en las cuencas del río Campoalegrito y San Ramón en el Municipio de Santa Rosa de Cabal, Departamento de Risaralda de jurisdicción de la CARDER (Convenio SGC-CARDER: (muestreos – aguas, sedimentos, rocas, lodos, manantiales, material biológico de cabello), análisis de laboratorio, verificación de datos, organización y almacenamietno de información en geodatabase Explora, procesamiento de información y datos, interpretación, producción de mapas e informe técnico).
- Se realizó entrega del informe final la investigación geoquímica de Arsénico (As) en las cuencas del río Campoalegrito y San Ramón en el Municipio de Santa Rosa de Cabal, Departamento de Risaralda de jurisdicción de la CARDER (Convenio SGC-CARDER – SGC) a la CARDER.
- Se realizó actividad de socialización de los resultados del proyecto de Arsénico al Grupo de la Corporación Autónoma Regional de Risaralda “CARDER”.
- Se avanzó en la caracterización geoquímica con énfasis en elementos potencialmente peligrosos en la zona de Soatá- Guican, Boyacá.
- Se avanzó en el informe final de Selenio en la cuenca del Río Suárez

- Se establecieron metodologías para geología médica relacionada con geoquímica de cadmio y otros elementos potencialmente peligrosos asociados a los suelos Cacaoteros en el departamento de Santander.
- Se realizó adquisición de información y muestreo para determinación de Cadmio en cultivos cacaoteros de San Vicente de Chucurí, Santander.
- Se efectuaron análisis geoquímicos de Cadmio y otros elementos potencialmente peligrosos de suelos cacaoteros de San Vicente de Chucurí, Santander.

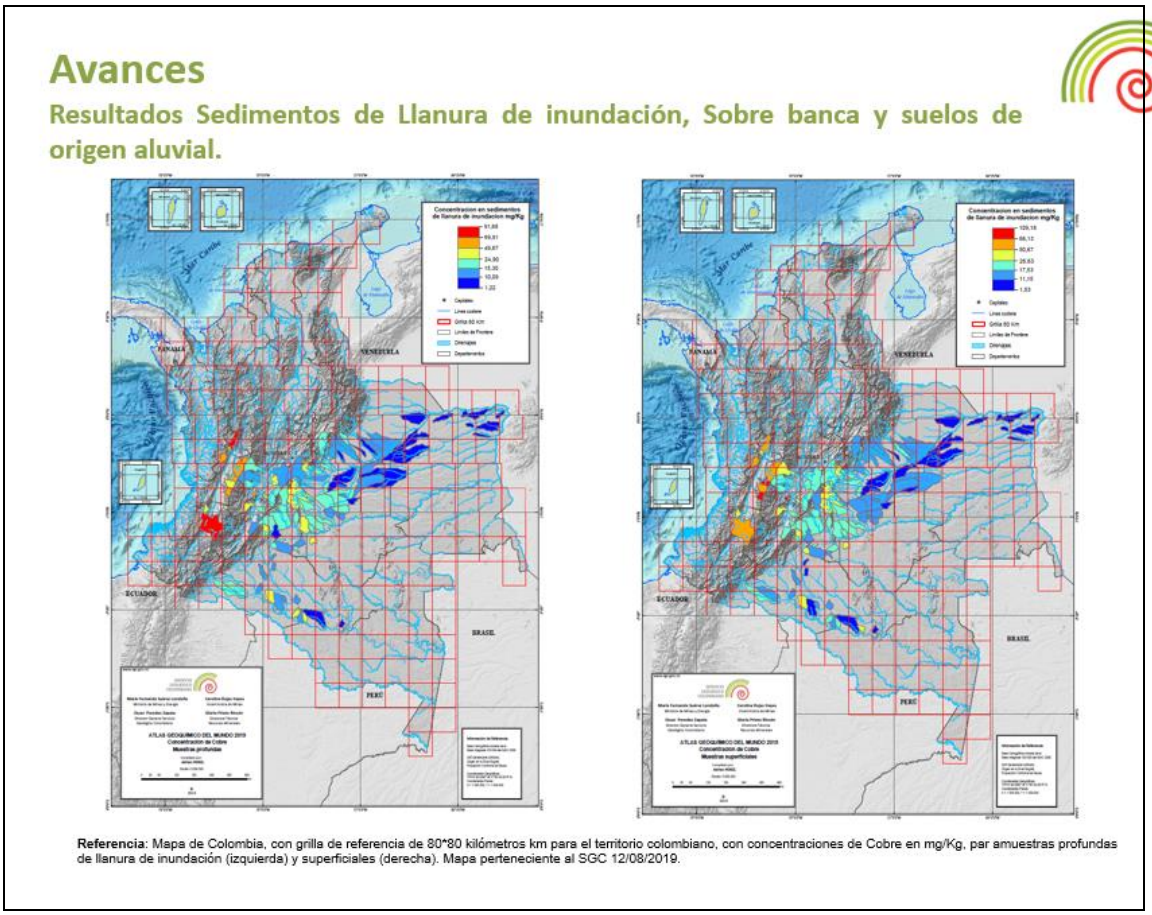


Aplicación geoquímica al estudio de cadmio en suelos de San Vicente de Chucurí - geología médica.



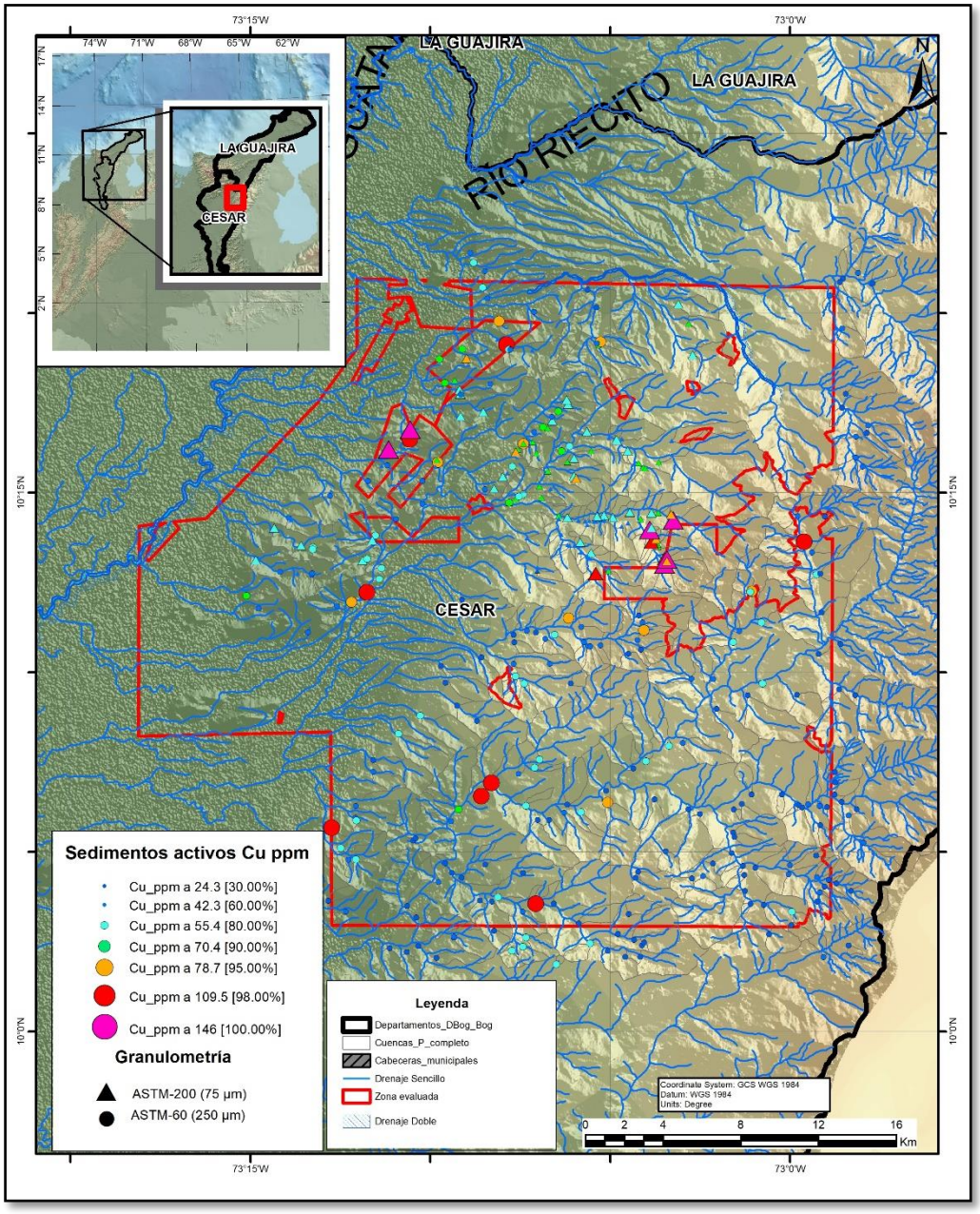
Adquisición de información y muestreo en campo para determinación de Cadmio en cultivos cacaoteros.

- Se efectuaron análisis geoquímicos de las muestras colectadas en los diferentes muestreos geoquímicos realizados, en los laboratorios del SGC, laboratorios externos de Canadá y laboratorios especializados de la república de China.
- Se sistematizó y archivó la información de campo y los resultados geoquímicos de laboratorio generada por los diferentes proyectos que ejecuta éste grupo en la temática de geoquímica, en la Geodatabase EXPLORA de la Dirección de Recursos Minerales.
- Se realizó procesamiento y análisis estadístico y geoestadístico de los diferentes datos geoquímicos de los diferentes muestreos utilizando software especializado (Geosoft y Kaleidograph, IoGAS), y se identificaron anomalías geoquímicas multipropósito para las diferentes aplicaciones.
- Se realizaron mapas de concentración y de distribución especial de elementos químicos y sus asociaciones para las diferentes aplicaciones en los proyectos temáticos que desarrolló éste grupo.



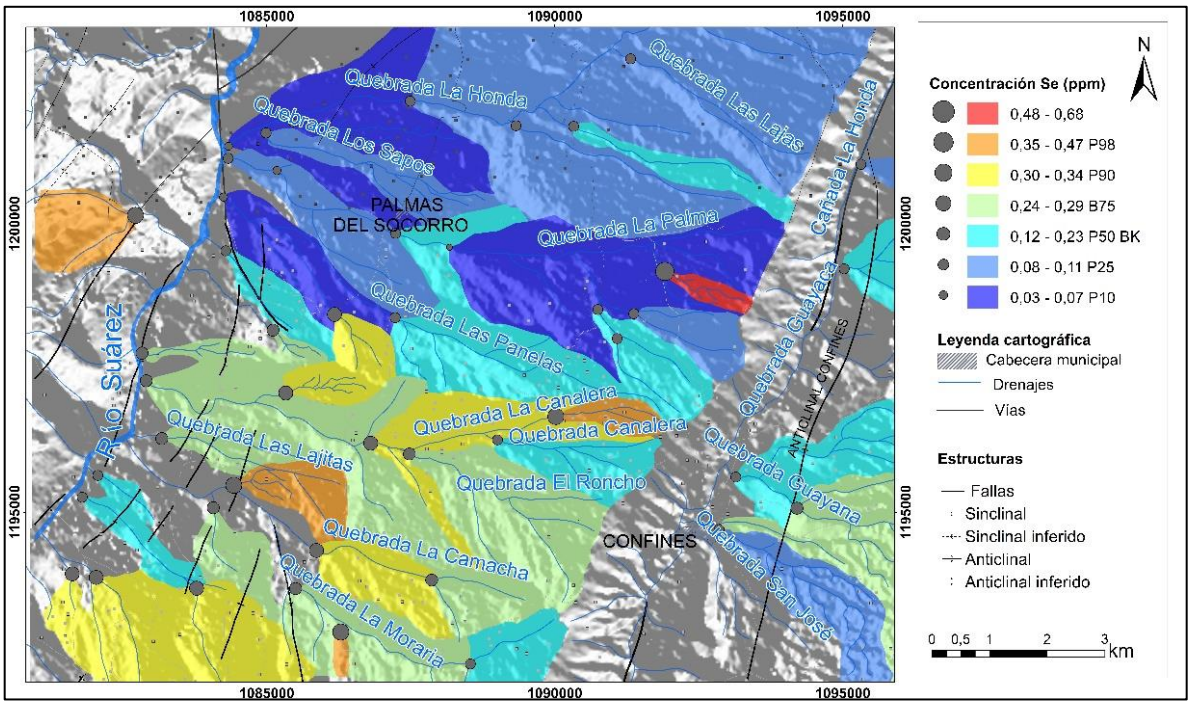
Mapa geoquímico de distribución de Cobre (mg/Kg) en cuencas a partir de muestreo de ultra baja y media densidad. Muestras profundas (izquierda) y muestras superficiales (derecha).

- Se realizaron tres informes diagnósticos de las interpretaciones de anomalías geoquímicas para la identificación de áreas con potencial para recursos minerales y para la integración geológica-geofísica regional en Distritos metalogénicos: San Diego, Codazzi y La Paz en área de Perijá, Valle de San Juan (Tolima) y Nutibara (Antioquia), Carauta (Antioquia) y Rovira (Tolima). Para la interpretación se utilizó una metodología estándar para todas las áreas, excepto para el área de Perijá, donde se realizaron análisis geoquímicos orientados.



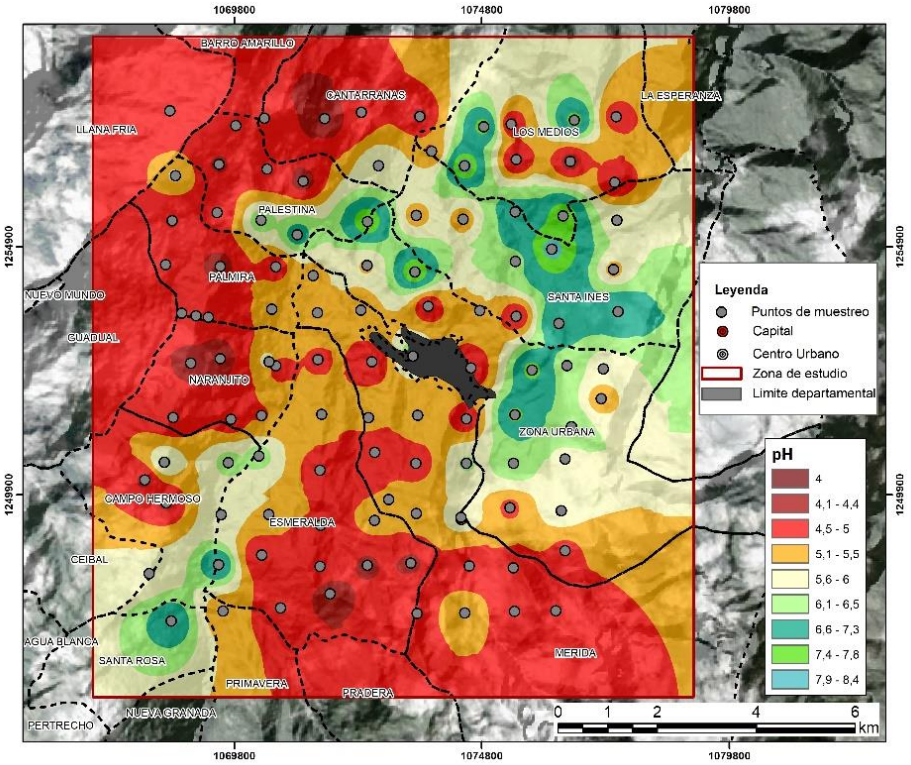
Mapa de concentración de Cobre, en sedimentos activos dela área de Perijá, mapa perteneciente al informe interpretaciones de anomalías geoquímicas del distrito metalogénico de San Diego.

- Se avanzó en el informe sobre "Caracterización geoquímica de elementos potencialmente tóxicos con énfasis en selenio en la cuenca del río Suárez, alrededores del municipio de Palmas del Socorro-Santander".



Mapa de concentraciones de Se realizado a partir de los resultados de muestras de sedimentos activos de corriente

- Se avanzó en el informe diagnóstico del proyecto "Determinación de las concentraciones de metales pesados en cultivos de cacao con enfoque en cadmio, caso de estudio municipio de San Vicente de Chucurí, Santander".



Mapa de los pH tomados in-situ utilizando el método de interpolación IDW, para los suelos tomados en los cultivos cacaoteros del municipio de San Vicente de Chucurí.

- Se elaboraron artículos y se efectuaron presentaciones científicas y de divulgación y apropiación social del conocimiento sobre los avances de las diferentes actividades que realiza el grupo en la temática de geoquímica y sus aplicaciones, en el XVII Congreso Colombiano de Geología
- Se participó en evento de divulgación y apropiación social del conocimiento en el evento de divulgación sobre "Geología Médica en Colombia: un aporte para la planeación del uso del territorio". Exposición en el Coloquio Facultad de Ciencias - Universidad Antonio Nariño
- Se elaboraron términos de referencia para procesos contractuales para adquisición de equipos de protección para muestreo de carbones en minas subterráneas, actualización y ampliación de la geodatabase EXPLORA de la DRM, actualización de software especializado para procesamiento de datos geoquímicos (IoGAS, Geosoft, SPSS), análisis en biomuestras (SGC-UIS).

- Se participó en el “Taller sobre gestión y control regulatorio de material NORM”, organizado por el grupo de Asuntos Nucleares del Ministerio de Minas y Energía, durante el 10 al 13 de diciembre de 2019. (NORM: Materiales radioactivos de origen natural).

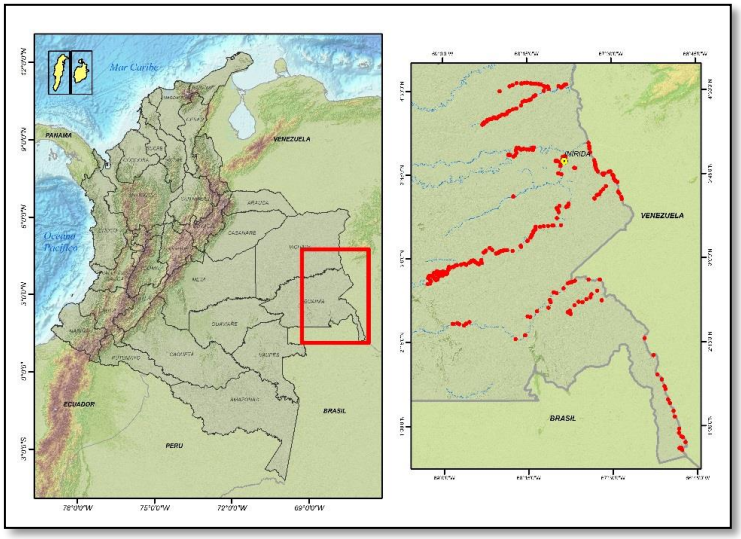
- Como resultado de todo el trabajo realizado en territorio por éste grupo se aportó información para el mapa social de las zonas estudiadas.

1.2. Exploración geofísica orientada a recursos minerales y otras aplicaciones

En éste grupo se adquirió información geofísica aerotransportada de magnetometría y gamma-espectrometría en amplias zonas del territorio colombiano a una densidad y condiciones (líneas de producción / 500 m, líneas de control / 5 km, altitud entre 100 y 300 msnm) apropiadas para aplicaciones en la búsqueda de recursos del subsuelo especialmente minerales, y para identificar rasgos geológicos fundamentales para investigaciones geológicas y de amenazas geológicas. Con la información anterior se identificaron anomalías geofísicas que fueron corroboradas en campo con información geofísica terrestre (magnetometría, gamma-espectrometría, MT, petrofísica, entre otras).

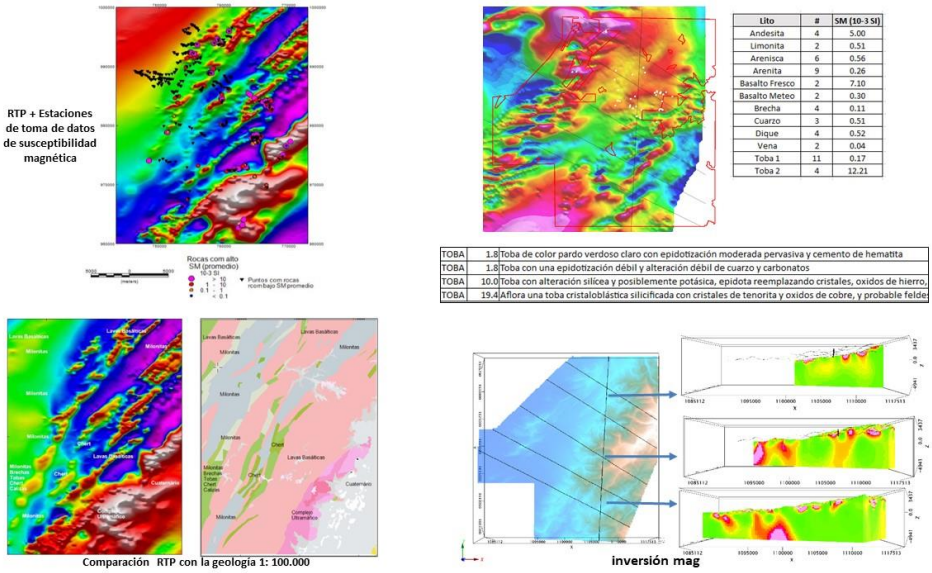
Las actividades fundamentales desarrolladas en el año 2019, se describen a continuación.

- Se elaboraron protocolos y se diseñó la adquisición de datos geofísicos terrestres (magnetometría, susceptibilidad magnética, petrofísica, MT, entre otras) y muestreo de rocas de interés geofísico, en zonas con anomalías geofísicas identificadas por datos de magnetometría aérea: Tolima en zonas de Rovira, Guainía, Vichada, Valle del Cuaca (zona de El Dovio), de Antioquia (zona de Frontino) y Vaupés - Amazonas en la zona de Taraira-La Pedrera.



Levantamiento petrofísico en áreas de interés del Oriente Colombiano (Guainía y Vichada)

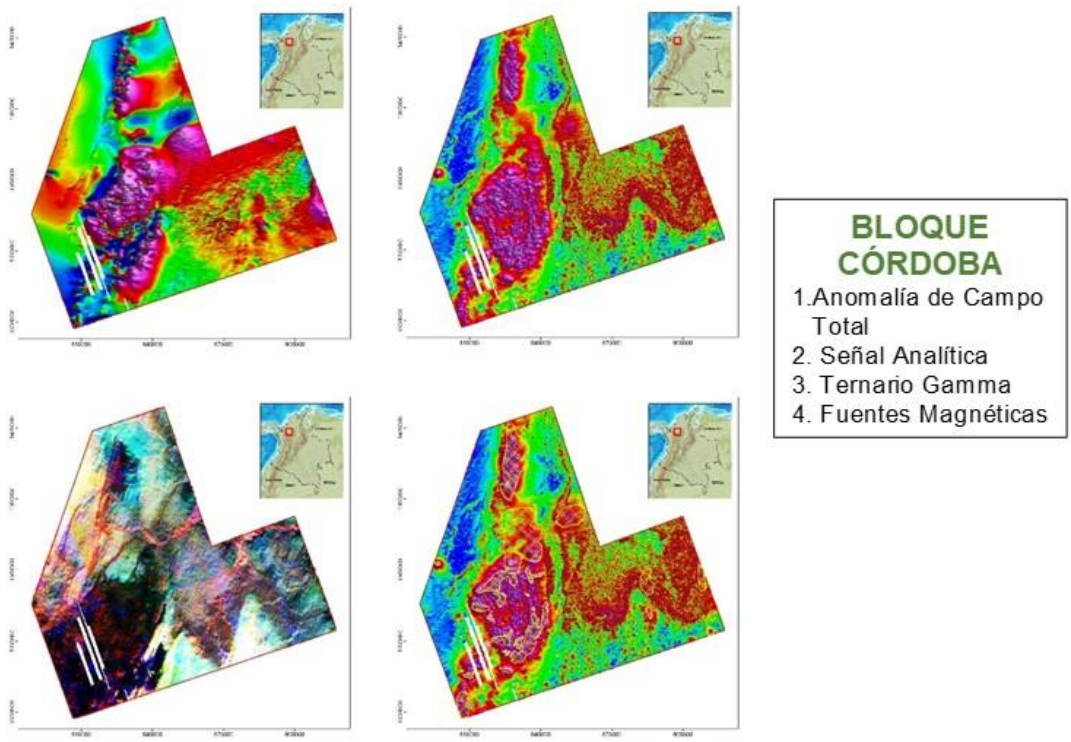
- Se efectúo verificación de información geofísica magnetométrica y gamaespectrométrica adquirida, y se almacenó la información geofísica producida en la Geodatabase Explora
- Se generaron capas temáticas: Dominios Magnéticos, Lineamientos Magnéticos, Dominios Gamma Espectrométricos en escala 1:200.000 para la generación del mapa litogeofísico del área de Antioquia y Bolívar.
- Se realizó el procesamiento y la interpretación de anomalías geofísicas para evaluación del potencial mineral en distritos metalogénicos: Perijá, Rovira, El Dovio y Frontino.
- Se procesó información geofísica y se identificaron anomalías geofísicas multipropósito que fueron analizadas con reconocimiento terrestre.



Lito	#	SM (10-3 SI)
Andesita	4	5.00
Limonita	2	0.51
Arenisca	6	0.56
Arenita	9	0.26
Basalto Fresco	2	7.10
Basalto Meteo	2	0.30
Brecha	4	0.11
Cuarzo	3	0.51
Dique	4	0.52
Vena	2	0.04
Toba 1	11	0.17
Toba 2	4	12.21

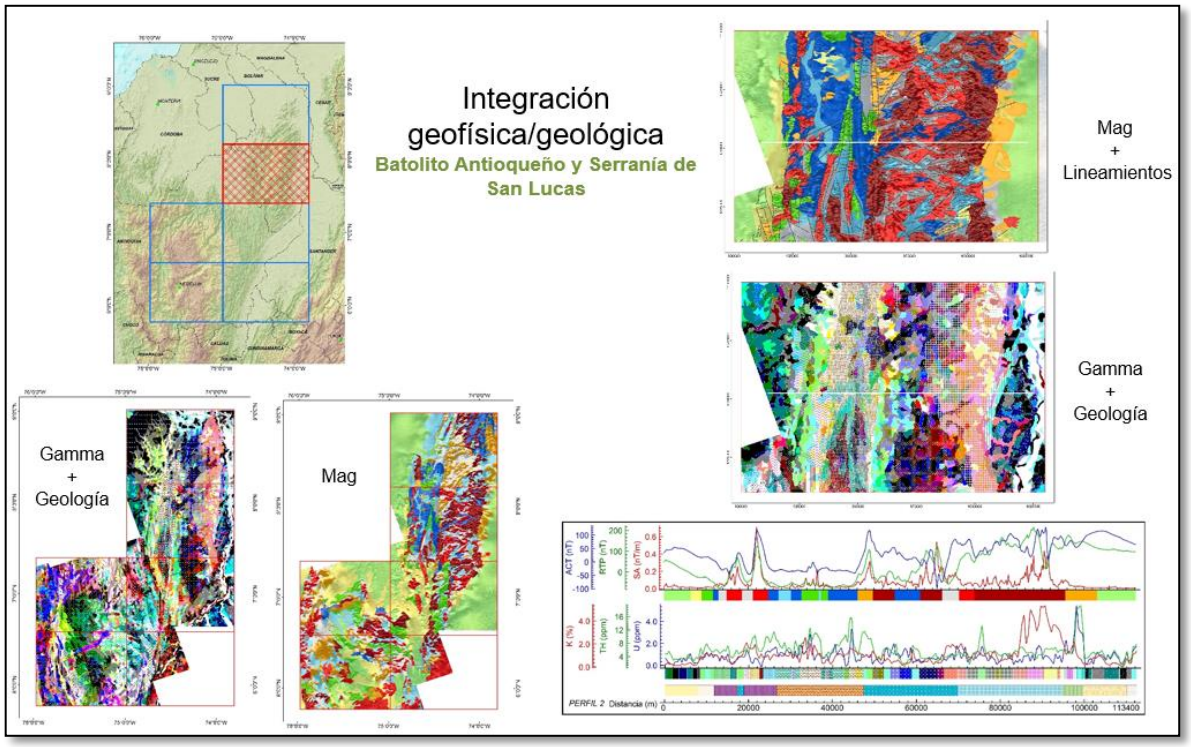
TOBA	1.8	Toba de color pardo verdoso claro con epidotización moderada pervasiva y cemento de hematita
TOBA	1.8	Toba con una epidotización débil y alteración débil de cuarzo y carbonatos
TOBA	10.0	Toba con alteración silícea y posiblemente potásica, epidota reemplazando cristales, oxidos de hierro,
TOBA	19.4	Aflora una toba cristaloblástica silicificada con cristales de tenorita y oxidos de cobre, y probable felde

Interpretación de información geofísica en distritos metalogénicos



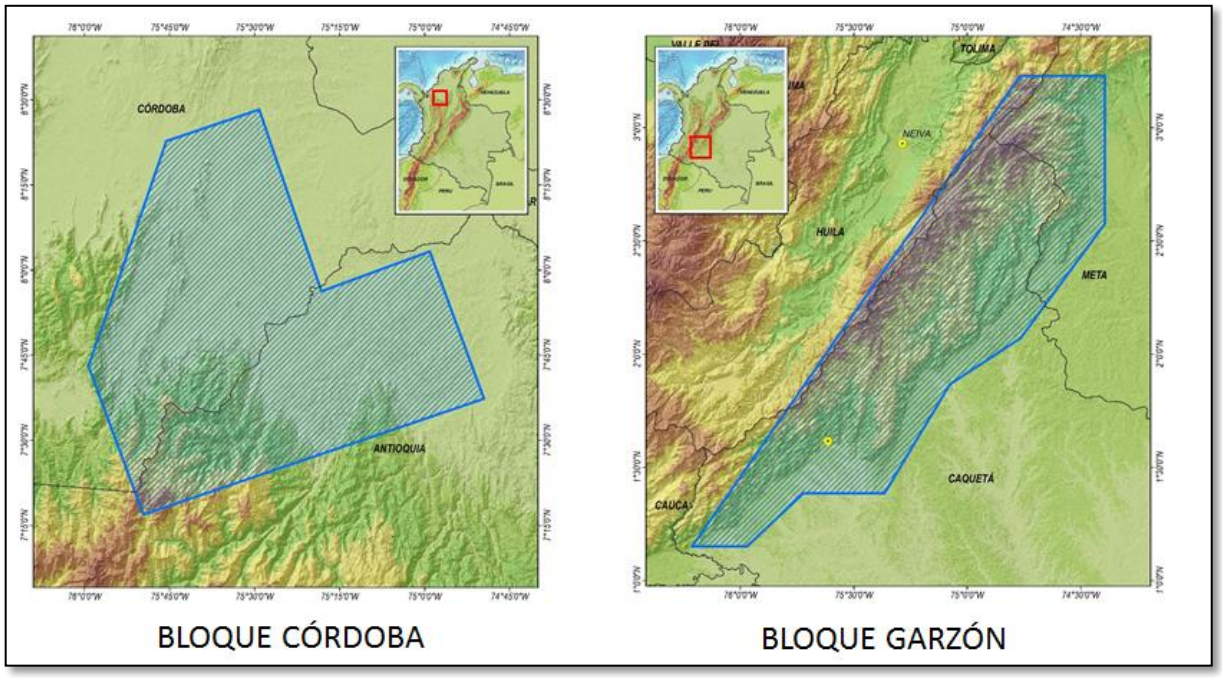
Identificación de anomalías para reconocimiento terrestre

- Se elaboró el catálogo de firmas geofísicas de los depósitos minerales conocidos en Colombia y se generó plantilla para mapas de integración de información geológica geofísica en las zonas de Batolito Antioqueño-San Lucas,
- Se elaboró catálogo y se recopilaron firmas geofísicas de los depósitos minerales conocidos en Colombia y se generaron coberturas de integración de información geológica - geofísica en las zonas de Batolito Antioqueño-San Lucas, Bolívar y Oriente Colombiano, a escala 1:200K.
- Se generaron plantillas para presentación de los mapas de integración de información geofísica y geológica.
- Se finalizaron los mapas de integración de información geológica geofísica en las zonas de Batolito Antioqueño-San Lucas, a escala 1:200K.



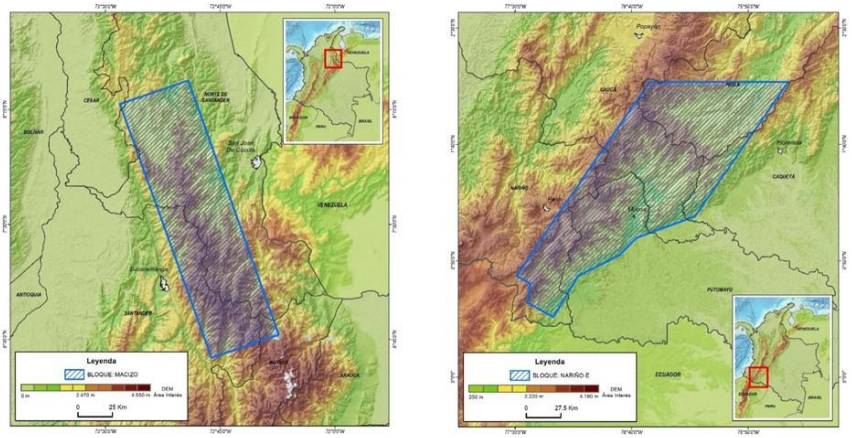
- *Integración geofísica/geológica en las zonas de Batolito Antioqueño-San Lucas, a escala 1:200K.*

- Se ejecutaron análisis de datos petrofísicos de las muestras recolectadas en la Zona del Dovio y se actualizaron en la Base de Datos Explora.
- Se identificaron firmas geofísicas (MAG-GAMMA) asociadas a depósitos minerales del MMC 2018
- Se elaboraron coberturas de interpretación geofísica (dominios, lineamientos) para la integración de información geológica geofísica en el oriente colombiano.
- Se generaron las capas de información geofísica para el Mapa de Anomalías Geofísicas de Colombia 2020: Bloques Garzón y Córdoba.



Avance en la interpretación y selección de anomalías de interés, Bloques Córdoba y Garzón.

- Se elaboraron informes técnicos del procesamiento, análisis e interpretación de información.
- Se realizaron términos de referencia, estudios previos y se gestionaron los procesos contractuales para levantamiento geofísico aerotransportado y su respectiva interventoría.
- Se iniciaron los contratos de adquisición e interventoría, de levantamiento de datos geofísicos aerotransportados (Magnetometría y gammaespectrometría) en los bloques Macizo y Nariño E.



Levantamiento aerogeofísico (magnetometría y gamaespectrometría) en Bloques Macizo y Nariño

- Se adquirieron, instalaron y verificaron equipos de MT, software para procesamiento especializado 3D para magnetotelúrica y software especializado para procesamiento de datos geofísicos (Geosoft).
- Se elaboraron artículos científicos y se realizaron presentaciones de divulgación y apropiación social del conocimiento en el Congreso Colombiano de Geología 2019.
- Se recibió asesoría experta internacional (Convenio SGC – UN), para el procesamiento de información magnetométrica y gamaespectrométrica aplicada a recursos minerales y corroboración geológica.

1.3. Huella digital de Minerales

En éste grupo se adelantaron actividades conducentes a la identificación de la huella de digital de minerales provenientes de depósitos minerales de Colombia, siguiendo experiencias de otros países como un aporte a la identificación de origen de los minerales para trazabilidad en la cadena productiva de minerales en Colombia. Dada la situación de aprovechamiento de minerales en Colombia, se dio prioridad a minerales de oro, tomando como objetivo los distritos mineros auríferos existentes en el país.

La identificación de distritos mineros auríferos prioritarios para iniciar el proyecto, se realizó conjuntamente con el MME y su cubrimiento depende de condiciones de orden social y políticos que hacen posible o que impiden la realización de los estudios geocientíficos en cada distrito.

Las actividades fundamentales desarrolladas en el año 2019, se describen a continuación.

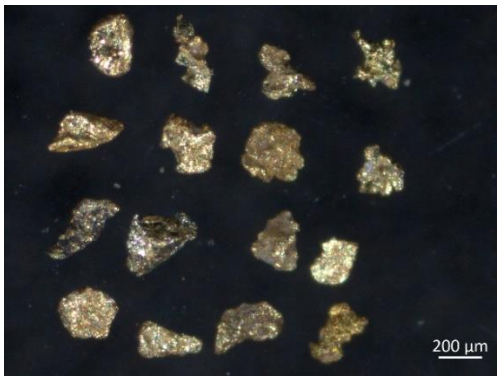
- Se acordaron junto con el MME los Distritos Mineros prioritarios para identificación de huella digital de minerales, con énfasis en oro.
- Se realizaron reuniones técnicas para discusiones del tema de huella digital de minerales: Dirección de Recursos Minerales SGC, Dirección de Laboratorios (Cali) SGC, Dirección de Gestión de Información SGC y participantes de convenios en el tema de huella de minerales de Universidad Nacional sede Bogotá (trabajo en distritos minerales) y sede Medellín (Banco de huella digital de minerales).
- Se gestionó y ejecutó un Convenio Especial de Cooperación entre el SGC y la Universidad Nacional de Colombia, que tiene como objeto contribuir con el proyecto de investigación de identificación de la Huella digital de Minerales a través de la caracterización mineralógica, química y metalogenética de los distritos auríferos de interés.
- Se establecieron formatos de adquisición de información en campo y de registro de análisis de petrografía y metalografía, microsonda, y LA-ICP-MS de las secciones con granos de oro de tamaño adecuado para esos análisis (>20micras).

- Se actualizaron protocolos de muestreo de roca, concentrados de batea y material en planta de beneficio, etc.
- Se acordaron protocolos para análisis geoquímicos especializados.
- Se realizaron actividades de adquisición de información en campo en depósitos minerales y en plantas de beneficio ubicados en los departamentos de Caldas y Risaralda, Buenos Aires – Suárez – El Tambo, en el departamento de Valle y en los municipios de Segovia y Remedios, en el departamento de Antioquia, y en depósitos del sur del departamento de Bolívar.
- Se enviaron muestras para análisis en laboratorios especializados de South Africa y Australia (flakes de oro, briquetas)



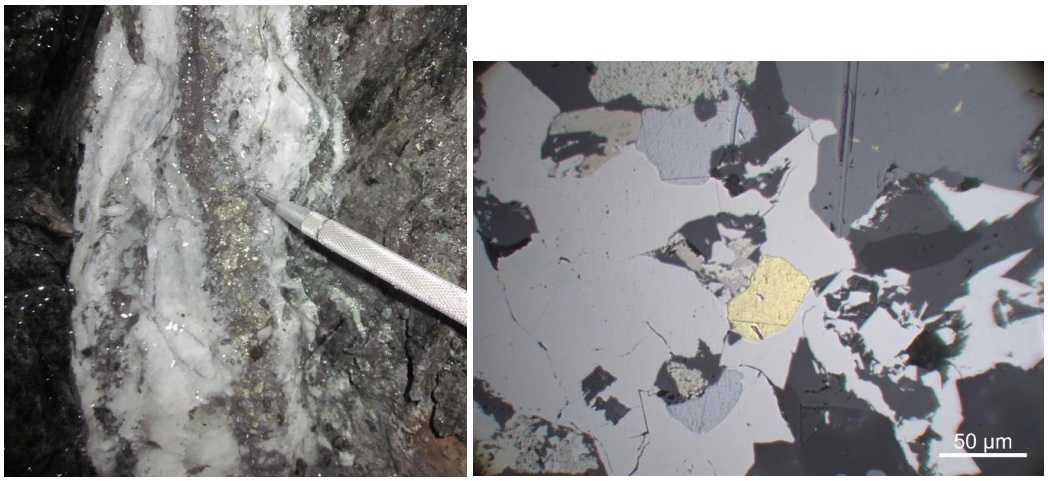
Distritos mineros priorizados para identificación de huella de minerales en el 2019 y 2020.

- Se prepararon muestras de concentrado de batea y “picking” de oro metálico para elaboración de briquetas.

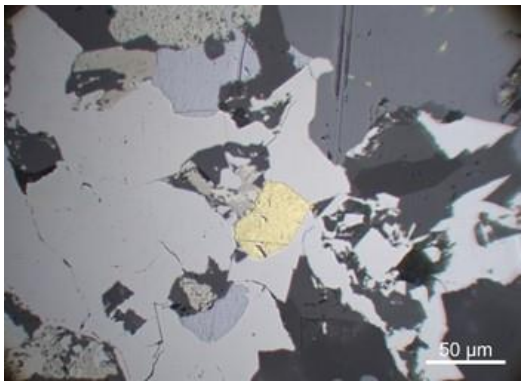


Granos de oro provenientes de concentrados de Batea

- Se analizaron secciones delgadas y concentrados de batea.



Toma de muestras en campo y análisis petrográfico detallado de secciones delgadas



Petrografía de sección delgada pulida con granos de oro.

- Se avanzó en la organización y representación gráfica de las paragénesis minerales de los distritos Cauca y Marmato.
- Se Avanzó en análisis de resultados y en elaboración de informes de los distritos mineros de Segovia – Remedios (Antioquia) y Suarez - Buenos Aires - El Tambo (Cauca) y Marmato.
- Se organizó la información de campo y la información analítica en la geodatabase Explora de la DRM, para posteriormente alimentar el Banco de Huella de Minerales, cuyo desarrollo está a cargo de la Dirección de Gestión de Información del SGC.
- Se elaboraron estudios previos y se gestionaron procesos contractuales para adquirir equipos de campo y equipos robustos para realizar análisis mineralógicos y de química fina y ultra-fina para identificar la Huella Digital de Minerales, específicamente oro, (ICP-MS, DRX, FRX, LA-ICP-MS, entre otros), los cuales estarán a cargo de la Dirección de Laboratorios del SGC.
- Se elaboraron estudios previos y se adelantó el proceso contractual con la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín para elaborar prototipo del Banco de Huella de Minerales, a cargo de la Dirección de Gestión de Información del SGC.
- Se remitieron muestras testigos a la Litoteca del SGC.
- Se participó en reuniones de divulgación y apropiación social de conocimiento en la temática de huella de minerales (OCDE, USAID, USGS, CCG 2019, entre otros).
- Se elaboraron y presentaron artículos científicos de apropiación social del conocimiento en el Congreso Colombiano de Geología 2019.
- Como resultado de todo el trabajo realizado en territorio por éste grupo se aportó información para el mapa social de las zonas estudiadas.

2. Investigación y Prospección de Recursos Minerales Metálicos

En éste grupo de investigación se avanzó en la elaboración del Mapa Metalogénico de Colombia (MMC), para la nueva versión que se finalizará en el año 2020.
En éste mismo grupo, se genera e integra información geológica, geoquímica, geofísica y metalogénica generada en distritos metalogénicos y se evalúa el potencial mineral que existe en dichos distritos. El énfasis para la evaluación de potencial mineral está dirigido a cobre, sin embargo, al realizar la evaluación de potencial mineral en un distrito metalogénico, se registran y consideran todos los minerales que puedan tener ocurrencia en dicho territorio.

2.1. Mapa Metalogénico de Colombia (MMC)

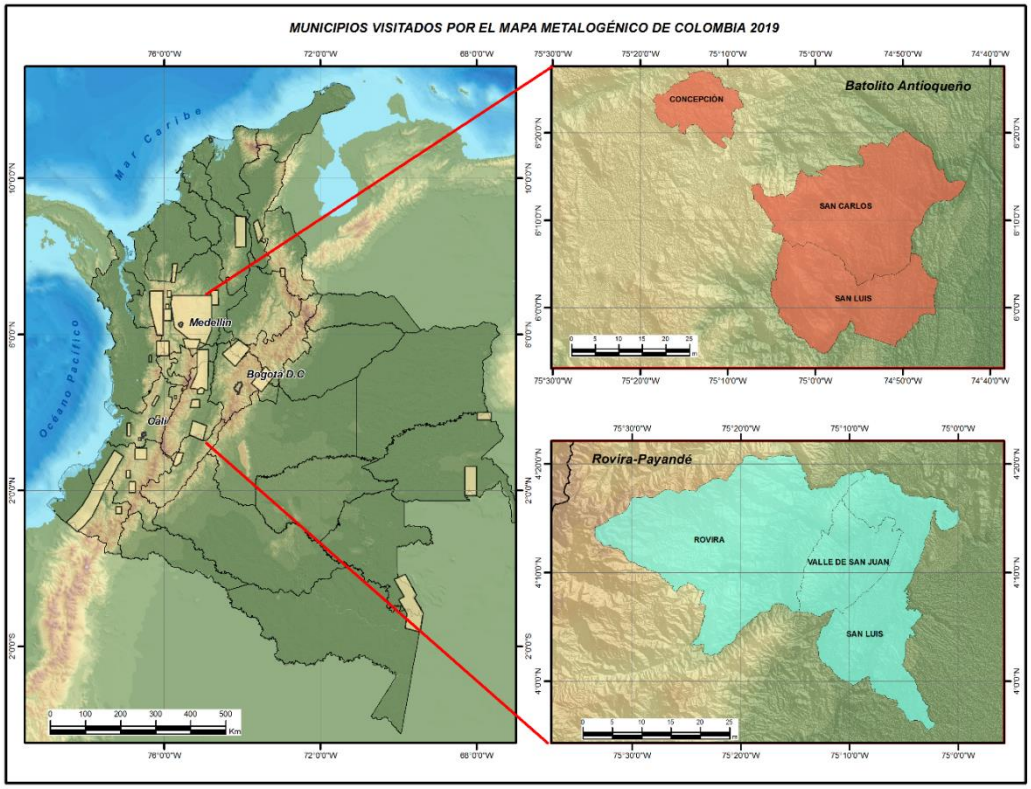
el proyecto “Mapa metalogenético de Colombia” del cual se han producido las versiones 2016 y 2018, y en convenio de cooperación con el MDRU – UBC, avanza en la versión 2020 que contendrá información actualizada de dominios, provincias, subprovincias, cinturones, distritos, ocurrencias y depósitos minerales de Colombia.

En éste proyecto también se participa y avanza en el Mapa metalogénicos de América Central y El Caribe en el cual participan los servicios geológicos de Iberoamérica (ASGMI) que será entregado a la comunidad científica en el 2020.

Las actividades fundamentales desarrolladas en el año 2019, se describen a continuación.

- Se elaboró plantilla para cargue de información metalogénica a la Geodatabase Explora.
- Se revisó, actualizó, validó y reclasificaron depósitos minerales que estaban incluidos en la base de datos del MM y se incluyó información primaria colectada por el grupo MMC.
- Se firmó y avanzó en el convenio especial de cooperación SGC – Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá (004 de 2019), orientado a la caracterización metalogénica de distritos metalogénicos objeto de evaluación de potencial mineral terminando la información de campo, microsonda de concentrados de batea y roca, microtermometria y espectrometría Raman de inclusiones fluidas, espectrometría de reflectancia y petrografía de roca de las zonas de San Diego (Perijá) y Valle de San Juan (Tolima), de igual manera se entregó la información de campo de las zonas del Dovio (Valle de San Juan) y Carauta, Nutibara – Frontino (Antioquia).
-
- Se priorizaron áreas para levantar información geocientífica (36).

- Se firmó y avanzó en Convenio Especial de Cooperación entre el SGC y MDRU de la Universidad British Columbia de Canadá (013/2019), cuyo objetivo principal es aunar esfuerzos humanos, logísticos y financieros entre el SGC y la unidad de investigación y depósitos minerales – MDRU de la Universidad de British Columbia (CANADA) para llevar a cabo una investigación conjunta y contribuir en la actualización, preparación y elaboración del mapa metalogénico de Colombia V. 2020.
- Se elaboró base de datos y memoria explicativa para el mapa Metalogénico de Centroamérica y el Caribe.
- Se revisaron ocurrencias y depósitos en los Departamentos de Valle del Cauca, Norte de Santander, Santander y Tolima.
- Se adquirió información para el mapa MMC en el departamento del Tolima municipio de Rovira para la caracterización de mineralizaciones de cobre relacionadas a pórfidos y skarn; en departamento de Antioquia, municipio de San Rafael para la caracterización de mineralizaciones de cobre relacionadas a pórfidos y skarn; en departamento de Antioquia municipio de Frontino, direccionado a la caracterización de mineralizaciones de cobre relacionadas a pórfidos y skarn; en el departamento de Bolívar municipio de San Martin de Loba, direccionado a la caracterización de mineralizaciones de cobre relacionadas a pórfidos y skarn.



Municipios trabajados por el MMC 2019



Levantamiento de información en depósitos minerales para el mapa metalogénico de Colombia.



Muestra mineralizada para realización de análisis especializados para el mapa metalogénico de Colombia.



Levantamiento de información en depósitos minerales para el mapa metalogénico de Colombia.



Muestra mineralizada para realización de análisis especializados para el mapa metalogénico de Colombia.

- Se avanzó en elaboración de informe técnico del MMC versión 2020.
- Se realizó el workshop SGC-MDRU Metalogenia regional (Manejo y análisis de la información primaria adquirida en los Convenios de cooperación SGC – MDRU 2015-2018).
- Se elaboraron y presentaron artículos científicos de apropiación social del conocimiento en el Congreso Colombiano de Geología 2019.
- Se realizaron las comisiones de adquisición de información para el MMC versión 2020, en el municipio de San Martin de Loba (Bolívar), Carauta y Guadalupe (Antioquia) e Itsmina (Chocó) , direccionado a la caracterización de mineralizaciones de cobre y oro relacionadas a pórfidos y skarn.
- Como resultado de todo el trabajo realizado en territorio por éste grupo se aportó información para el mapa social de las zonas estudiadas.

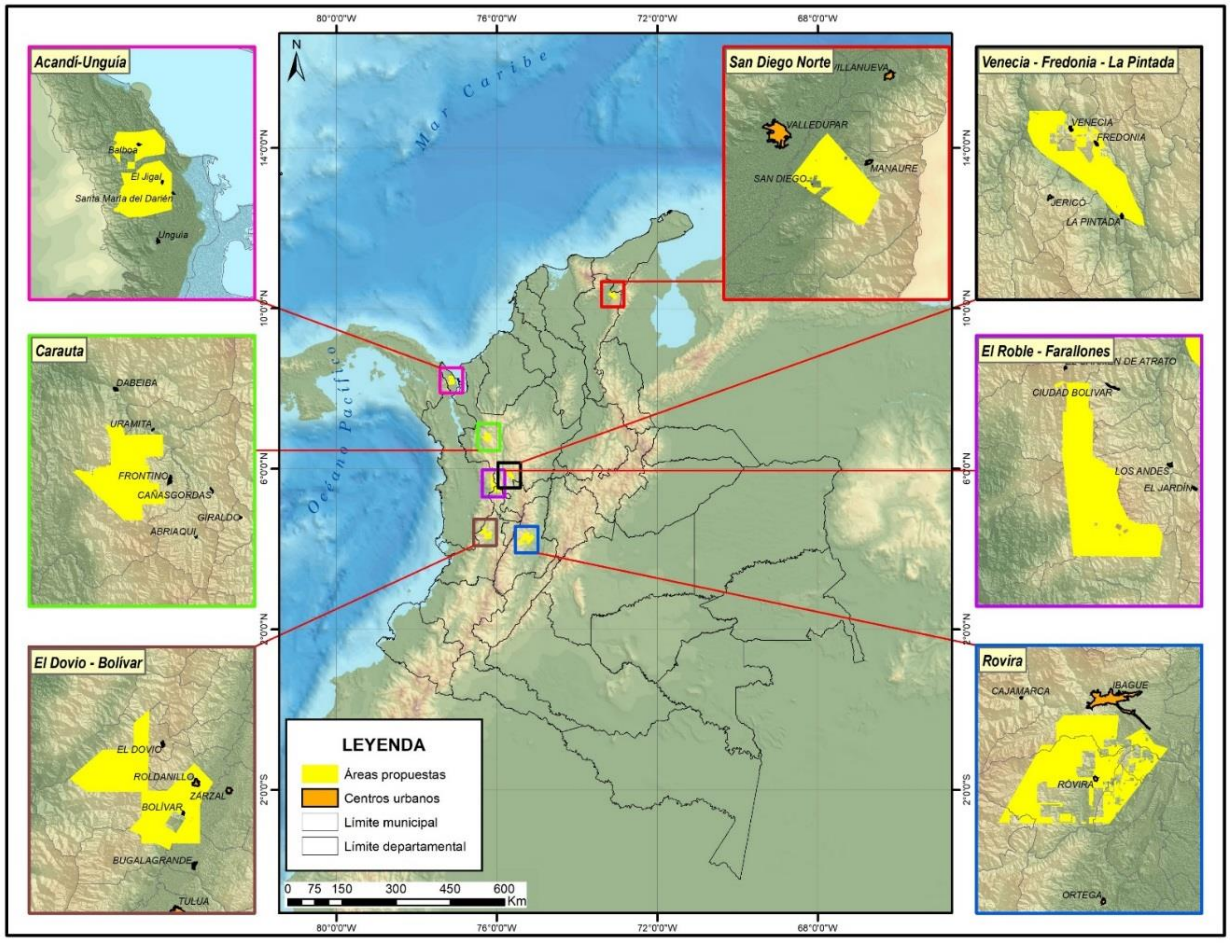
2.2. Evaluación de áreas con potencial para recursos minerales en áreas de interés nacional

En éste proyecto, con base en las investigaciones geológicas, geofísicas, geoquímicas y metalogénicas orientadas a recursos minerales, se evalúa sistemáticamente el potencial de recursos minerales en Distritos Metalogénicos, y se identifican áreas prospectivas en donde hay posibilidad de que existan depósitos minerales.

En éste proyecto se han evaluado áreas y se han identificado zonas prospectivas y en cumplimiento de las metas del Plan Nacional de Desarrollo y de metas sectoriales (indicador sinergia) en el 2019 se entregaron informes de evaluación de potencial en 6 distritos metalogénicos con orientación a cobre, polimetálicos, fosfatos y uranio.

Las actividades fundamentales desarrolladas en el año 2019, se describen a continuación.

- Se seleccionaron distritos metalogénicos en los cuales se desarrollarán actividades geocientíficas para evaluación de potencial minera, con énfasis en cobre y otros minerales estratégicos.
- Se elaboraron informes diagnósticos y planes de adquisición de información para las áreas de San Pedro (Córdoba), Perijá (César), Rovira (Tolima) y La Vega Almaguer (Cauca), Venecia – Fredonia (Antioquia), El Dovio (Valle), Roble-Farallones y Acandi – Unguia (Chocó).
- Se realizaron actividades de socialización en las áreas de los distritos metalogénicos seleccionados.



Zonas de trabajo año 2019

- Se realizó adquisición de información geocientífica (geología; geoquímica – rocas, sedimentos, concentrados, mineralizaciones; geofísica terrestre, metalogenia y mineralizaciones) en áreas de los distritos metalogénicos: área de Perijá en Guajira, La Paz, San Diego y Codazzi en Cesar, Rovira y Valle de San Juan Tolima, El Dovio y Bolívar en el Valle del Cauca, El Roble – Farallones en Chocó, Nutibara y Carauta - Frontino en Antioquia, incluyendo la avanzada social a las zonas de trabajo.



Adquisición de información para evaluación de potencial mineral.

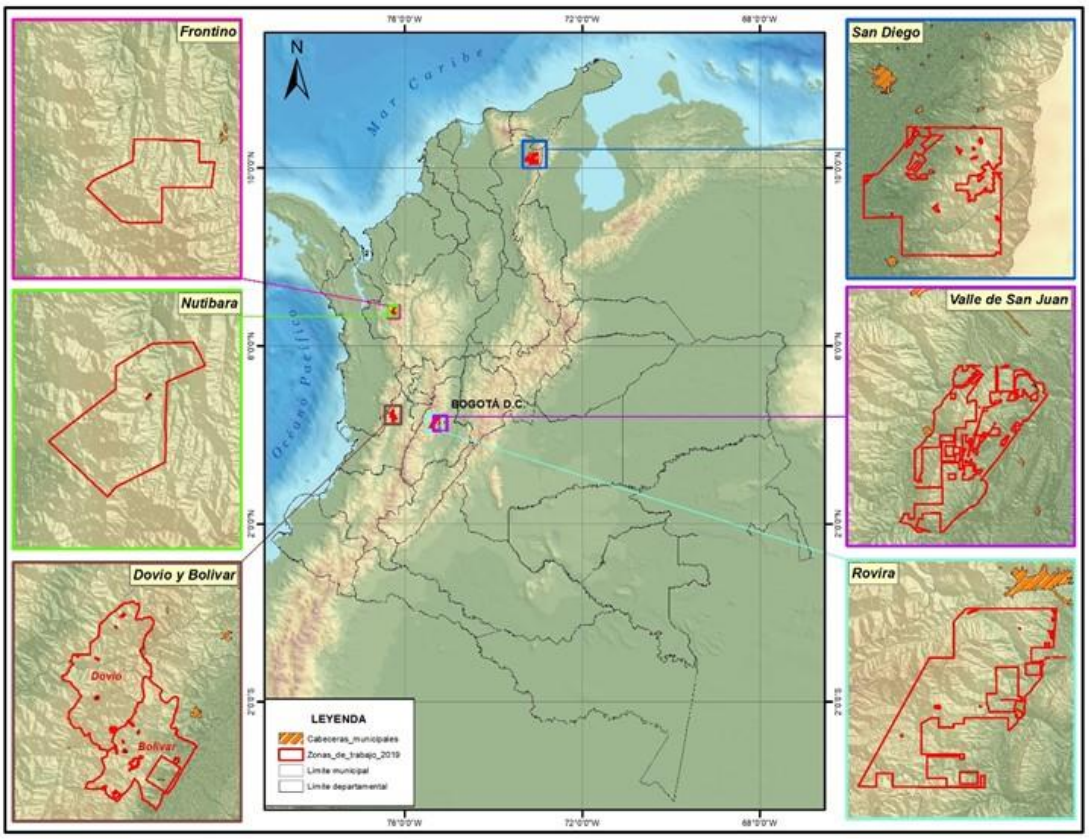


Colecta de muestras mineralizadas en distritos metalogénicos.



Colecta de muestras mineralizadas en distritos metalogénicos.

- Se realizó cargue a la Geodatabase Explora, de la información adquirida en campo y en laboratorio.
- Se elaboraron mapas e informes sobre el potencial mineral de bloques de interés de la ANM en el área de Perijá y otras áreas con potencial mineral.
- Se finalizaron informes técnicos de Evaluación de potencial mineral de los distritos metalogénicos evaluados: la Paz, San Diego, Codazzi. Valle de San Juan y Buenavista.
- Se realizó presentación de divulgación y apropiación social del conocimiento con la ANM y el MME, sobre el potencial metalogénico de los distritos de San Diego, La Paz y Codazzi a la ANM.
- Se elaboraron artículos técnicos y se realizaron presentaciones de divulgación y apropiación social del conocimiento en el Congreso Colombiano de Geología 2019.
- Se identificaron distritos metalologénicos para evaluación de potencial mineral en el año 2020.
- Como resultado de todo el trabajo realizado en territorio por éste grupo se aportó información para el mapa social de las zonas estudiadas.



Evaluación de potencial en los distritos metalogénicos con potencial para cobre y asociados.

3. Investigación y Exploración de Recursos Minerales Energéticos

El grupo “Investigación y Exploración de Recursos Minerales Energéticos” adelanta el proyecto “Prospección y Exploración de Recursos Carboníferos” en áreas sin evaluación y sin caracterización de éste recurso en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Santander, Meta, Casanare, y Córdoba, entre otros.

También ejecuta el proyecto “Prospección y Exploración de Gas Metano Asociado a Carbón (GMAC)” en el cual se avanza sistemáticamente en la identificación de éste recurso en las cuencas carboníferas de Colombia (Cundinamarca, Boyacá, Santander, etc), por su connotación como fuente de energía, como gas de efecto invernadero y como gas que puede generar situaciones que atentan contra la seguridad laboral minera.

De la misma manera ejecuta el proyecto “Prospección y Exploración de Uranio” a través del cual se adelantan muestreos en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Meta,

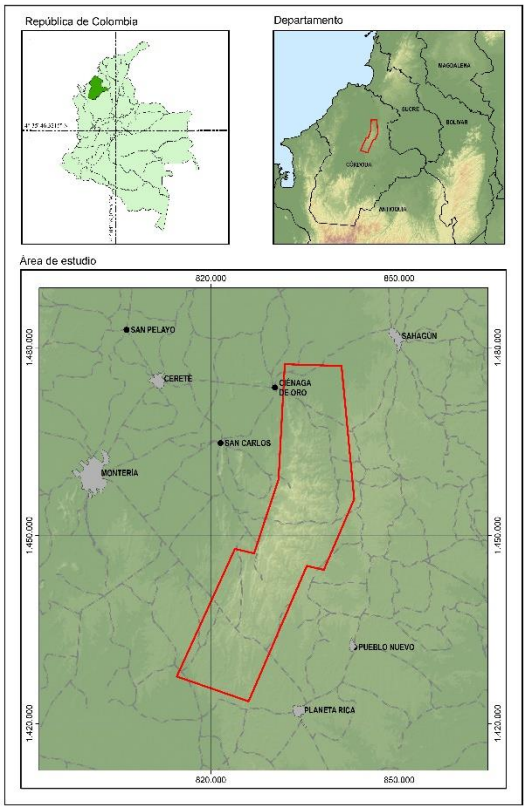
Santander, Guaviare, Huila, Tolima, Caldas, Risaralda, entre otros, para identificar distritos y áreas con potencial para alojar mineralizaciones de uranio en Colombia.

3.1. Prospección y evaluación de recursos carboníferos:

La exploración y evaluación de recursos carboníferos se ha realizado por el SGC desde el inicio de actividades de la entidad y se ha orientado en el 2019 a adquirir información de formaciones carboníferas no evaluadas ni caracterizadas y a adquirir información para estudiar posibles usos alternativos de éste recurso natural.

Las actividades generales desarrolladas por éste proyecto en el año 2019, se resumen a continuación.

- Se seleccionaron áreas de trabajo (Montería, Planeta Rica, Montelíbano y Río Sucio) y se recopilo la información disponible secundaria correspondiente.
- Se ejecutaron comisiones de campo, a partir de las cuales se realizó la prospección y evaluación de recursos carboníferos en un área de 500 km^2 en el Departamento de Córdoba en sectores de los municipios de Montería, Planeta Rica, Montelibano y Río Sucio.



Área proyecto prospección e investigación de carbones 2019, Cuenca carbonífera Planeta Rica – Ciénaga de Oro (Córdoba)

- Se completó el registro de 135 estaciones de campo, en donde se colectó información geológica (estratigráfica, estructural, entre otra), y se identificaron mantos de carbón.
- Se colectaron muestras de carbón (100) las cuales fueron enviadas al laboratorio de carbones de la Dirección de Laboratorios del SGC para los análisis fisicoquímicos correspondientes.



Operación de Destape de mantos de carbón

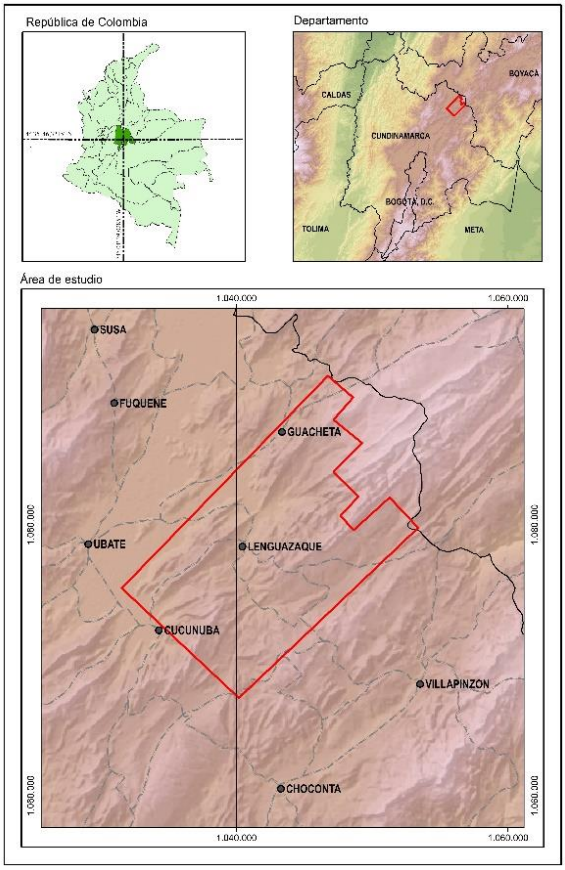
- Se realizó la integración, procesamiento e interpretación de la información de campo y se efectuó el cargue, verificación y validación de información en la Geodatabase EXPLORA de la DRM.
- Se elaboró informe técnico del área estudiada, el cual incluye mapas geológicos, mapas de contornos estructurales y cálculos de recursos de carbón en el área Planeta Rica - Ciénaga de Oro.
- Se elaboraron artículos científicos y se efectuó divulgación y apropiación social del conocimiento en el Congreso Colombiano de Geología 2019.

3.2. Investigación y Prospección de gas metano asociado al carbón (GMAC)

La investigación y prospección de gas metano asociado a carbón (GMAC), la realiza el SGC, sistemáticamente desde el año 2010, cubriendo las diferentes cuencas carboníferas, para aportar información sobre éste recurso natural que está contenido en los mantos de carbón.

Las actividades generales desarrolladas por éste proyecto en el año 2019, se resumen a continuación.

- Se definió el área de trabajo (Lenguazaque, Guachetá, Tausa y Cucunubá) y se recopilo la información secundaria correspondiente.
- Se ejecutaron comisiones de campo, a partir de las cuales se realizó la prospección de gas metano asociado al carbón en un área de 200 Km^2 del Departamento de Cundinamarca, en zonas de los municipios de Lenguazaque, Guachetá, Tausa y Cucunubá



Área proyecto prospección de GMAC 2019 (Lenguazaque, Guachetá, Tausa y Cucunubá)

- Se completó el registro de **1170** estaciones de campo en donde se tomó información geológica, estratigráfica y estructural, y se identificación de mantos de carbón, con el objeto de establecer los puntos para la realización de dos perforaciones o pozos estratigráficos para muestreo de los mantos de carbón con recuperación de núcleos, para la medición del contenido de gas metano asociado a éstos mantos de carbón.

- Se realizó procesamiento y análisis de datos e información tomada en campo.
- Se realizó el cargue, verificación y validación de información en la Geodatabase EXPLORA de la DRM.
- Se gestionó proceso contractual (términos de referencia, etc.) para *"Prestación de servicios para realizar pozos estratigráficos con recuperación de núcleos en la investigación de gas metano asociado al carbón*", (Contrato No. 987 de 2019).
- Se realizaron actividades de socialización ante las autoridades civiles y comunidades de los municipios de Guachetá y Lenguazaque, para la realización de las perforaciones o pozos estratigráficos (Contrato No 987 de 2019).
- Se realizó la perforación de dos (2) pozos estratigráficos con profundidades de 600 metros lineales cada uno, en ejecución del Contrato No. 987 de 2019.



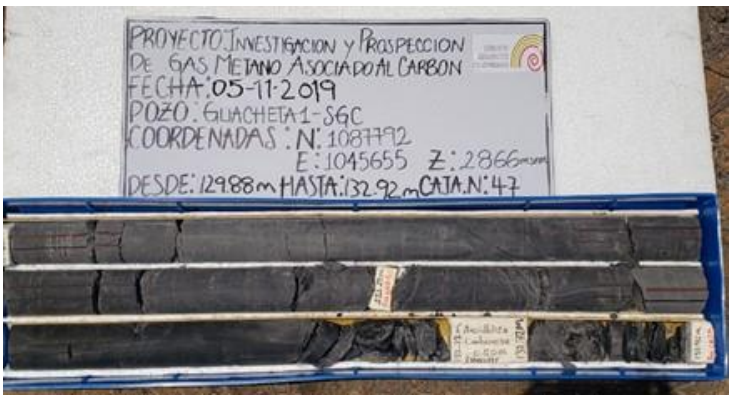
Perforación exploratoria del SGC exploratoria para Gas metano asociado a carbón en Lenguazaque, Cundinamarca.

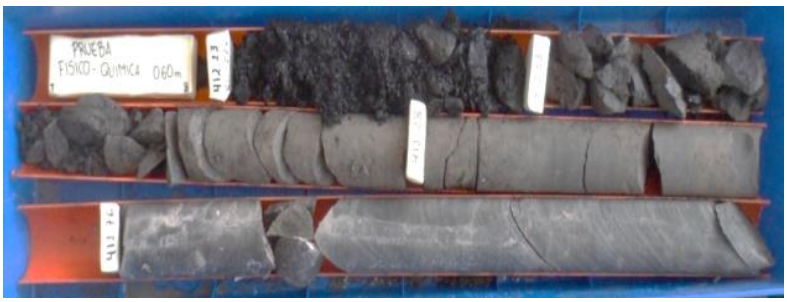
- Se colectaron muestras de 28 mantos de carbón en profundidad (Contrato No. 987 de 2019).
- Se realizaron mediciones de contenidos de gas metano y caracterización fisicoquímica en las muestras colectadas, en los laboratorios de la Dirección de Laboratorios del SGC.



Canister con muestras de carbón para medición de contenidos de gas.

- Se remitieron a la Litoteca Nacional del SGC, 1200 metros de núcleos de perforación recuperados para realización de estudios posteriores.





Núcleos de perforación de gas metano asociado a carbón.



Almacenamiento y disposición de núcleos de perforación

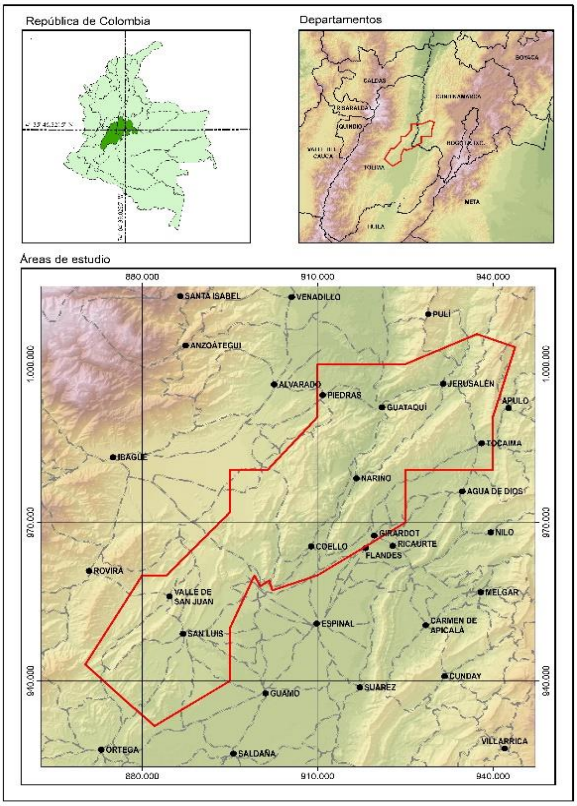
- Se realizó la integración, procesamiento e interpretación de la información de campo y se efectuó el cargue, verificación y validación de información en la Geodatabase EXPLORA de la DRM.
- Se elaboró informe técnico del área estudiada.
- Se elaboraron artículos científicos y se efectuó divulgación y apropiación social del conocimiento en el Congreso Colombiano de Geología 2019.
- Como resultado de todo el trabajo realizado en territorio por éste grupo se aportó información para el mapa social de las zonas estudiadas.

3.3. Investigación y Prospección de uranio, potasio y torio

La prospección de uranio en el territorio colombiano, se realiza desde hace mucho tiempo en Colombia, aportando conocimiento sobre éste recursos considerado estratégico para los países a nivel mundial.

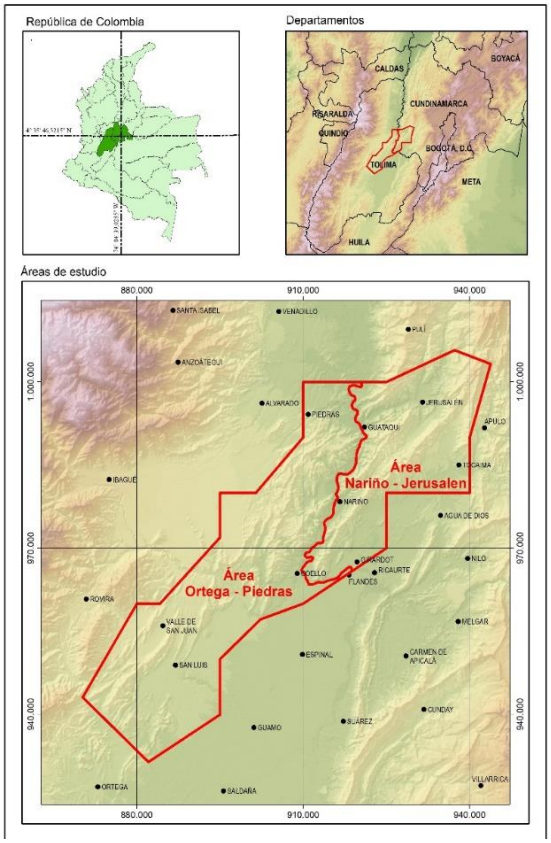
Las actividades generales desarrolladas por éste proyecto en el año 2019, se resumen a continuación.

- Se seleccionó el área de trabajo para el año 209, que contempla áreas de los municipios de Apulo, Tocaima, Jerusalen, Guataquí, Nariño, Girardot, Piedras, Chicoral, Coello, Valle de San Juan y Rovira y se recopilo la información secundaria correspondiente.



Área proyecto prospección de uranio 2019

- Se ejecutaron comisiones de campo, a partir de las cuales se realizó la prospección la prospección de uranio para identificar anomalías de uranio, torio y potasio en un área de 1800 Km^2 en los departamentos de Tolima y Cundinamarca, en zonas de los municipios de Apulo, Tocaima, Jerusalen, Guataquí, Nariño, Girardot, Piedras, Chicoral, Coello, Valle de San Juan y Rovira.



Áreas Ortega - Piedras y Nariño - Jerusalén

- Se realizaron en campo **3150** estaciones en las cuales se levantaron registros y mediciones gamaespectrométricas de uranio (U), torio (Th) y potasio (K).



Exploración de uranio con uso de gamaespectrómetro.

- Se adquirió información geológica, estratigráfica y estructural en la zona de trabajo.
- Se colectaron 19 muestras de roca que presentaron las anomalías más altas para la realización de análisis geoquímicos.
- Se efectuó cargue, verificación y validación de información en la Geodatabase EXPLORA de la DRM.
- Se realizó la integración, procesamiento e interpretación de la información.
- Se elaboró informe técnico que incluye mapas geológicos y mapas geoestadísticos de anomalías de uranio, torio y potasio en el área Nariño – Jerusalén.
- Se elaboraron artículos científicos y se efectuó divulgación y apropiación social del conocimiento en el Congreso Colombiano de Geología 2019.
- Como resultado de todo el trabajo realizado en territorio por éste grupo se aportó información para el mapa social de las zonas estudiadas.

4. Investigación y Exploración de Recursos Minerales No Metálicos e Industriales

El Grupo "Investigación y Exploración de Recursos Minerales No Metálicos e Industriales" desarrolla el proyecto "Prospección y Exploración de Fosfatos y Magnesio" que en los últimos años ha avanzado en la evaluación de potencial de minerales de fosfatos y magnesio en Boyacá, Huila, produciendo informes y mapas.

En éste mismo grupo se ejecuta el proyecto "Prospección y Exploración de Materiales de Construcción que después de adelantar un estudio de diagnóstico de ocurrencia de éstos minerales en cercanías a las obras de infraestructura proyectadas para Colombia, avanzó en la identificación de formaciones geológicas portadores y en la caracterización de éstos materiales en la zona piloto de Bogotá y alrededores.

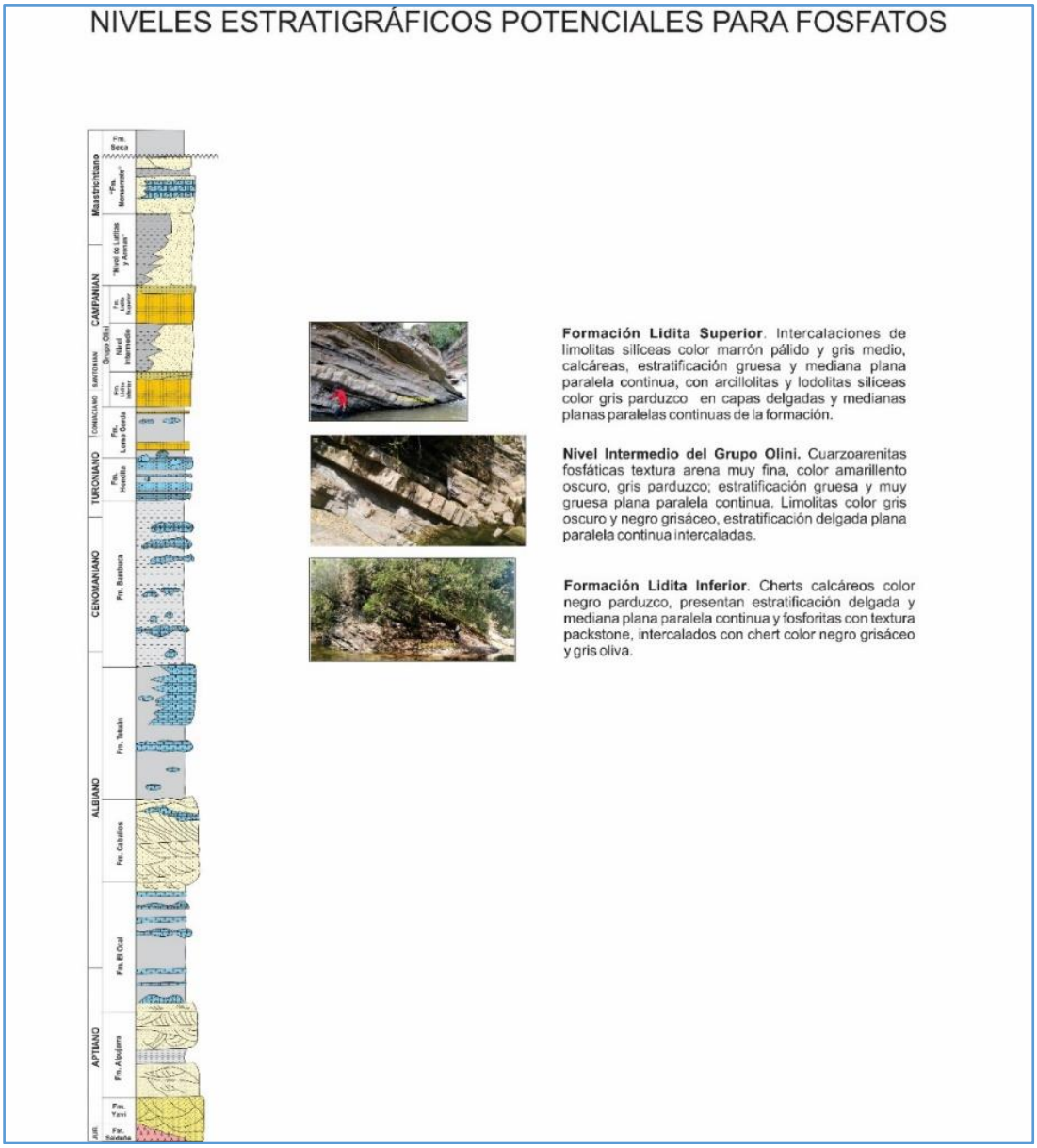
Como parte de la investigación en minerales no metálicos de utilidad para Colombia, este mismo grupo avanza en el proyecto "Prospección y Exploración de Arcillas Industriales" con la caracterización de éstos minerales en áreas piloto del Valle del Cauca y Tolima.

4.1 Prospección y Exploración de Fosfatos y Magnesio

La prospección y exploración de fosfatos de fosfatos y magnesio se realizó en éste proyecto como aporte al conocimiento de éstos minerales que son fundamentales para proyectar la industria agrícola del país.

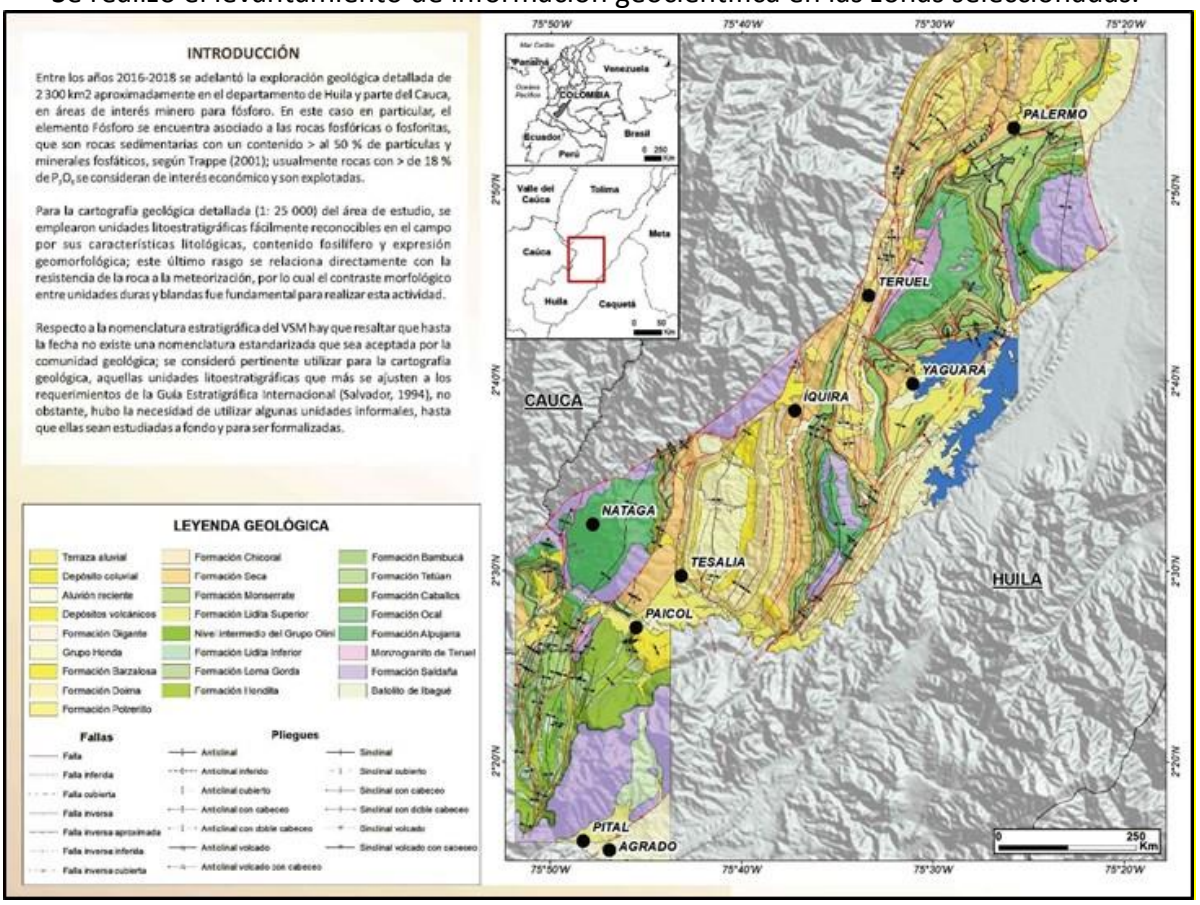
Las actividades generales desarrolladas por éste proyecto en el año 2019, se resumen a continuación.

- Se definieron las zonas de trabajo y se realizó la revisión de información de las zonas de trabajo con potencial de fosfatos y magnesio
- adquisición de información secundaria disponible para las zonas seleccionadas, con énfasis en los niveles estratigráficos para prospección de fosfatos y magnesio en el departamento del Huila, parte del Tolima.



Niveles estratigráficos potenciales para fosfatos en los departamentos de Huila y Tolima.

- Se realizó el levantamiento de información geocientífica en las zonas seleccionadas.

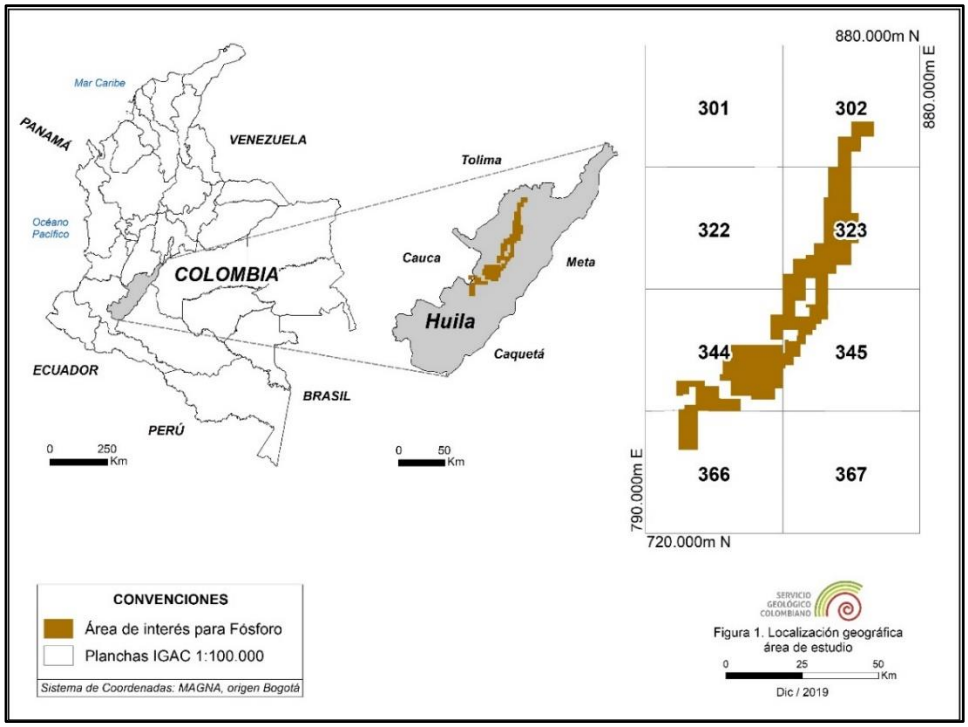


Mapa geológico detallado del área explorada para fosfatos en el departamento del Huila



Capa de roca fosfórica (F) en la Formación Lidita Superior en el río Íquira, Tolima.

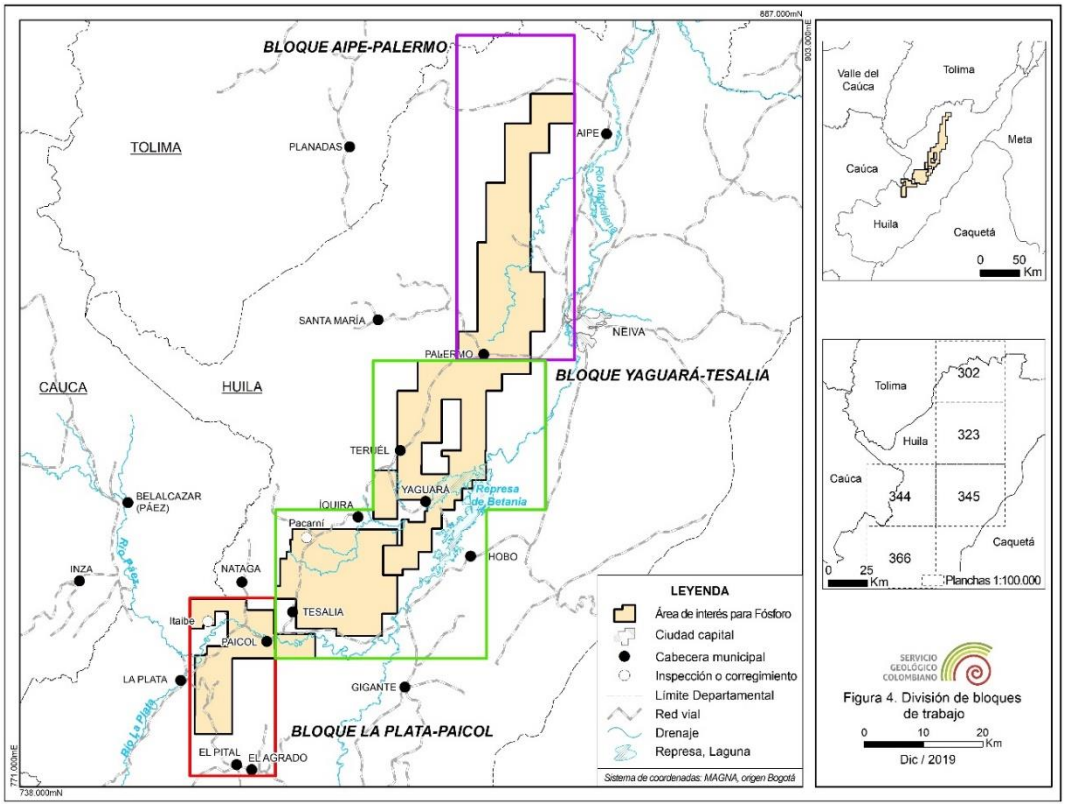
- Se finalizó la exploración geológica detallada de 2.300 Km2, que venía efectuándose desde el año 2016; las zonas estudiadas se localizan en el departamento de Huila y parte del Cauca, en áreas de interés en recursos minerales para Fósforo, e involucra a los municipios de La Plata, Paicol, Tesalia, Yaguará, Palermo, El Agrado, El Pital, Íquira, Nátaga, Neiva, Hobo, Aipe y corregimiento de Itaibe, municipio de Páez, Cauca, en las planchas IGAC 302, 323, 345, 344 y 366 a escala 1:100.000), en áreas de interés en recursos minerales para Fósforo (Ver Figura).



Áreas de interés en recursos minerales para Fósforo en el departamento de Huila y parte del Cauca, costado W del río Magdalena.

- La totalidad del área investigada de (2.300 Km2) fue distribuida en tres bloques, desde la población de Aipe al norte, hasta las áreas rurales de las poblaciones de La Plata, El Agrado y el Pital, al sur, denominados Aipe-Palermo, Yaguará-Tesalia y La Plata Paicol.
- En estos estudios se realizó cartografía geológica detallada a escala 1:25.000 enfocada a la exploración de fosfatos, el levantamiento de 900 m de columnas estratigráficas, y la realización de 1.250 muestras para geoquímica, y 880 muestras para petrografía.
- Se colectaron muestras y se efectuaron análisis especializados en laboratorios de la dirección de Laboratorios del SGC.
- Se realizó integración, procesamiento e interpretación de la información de campo y de laboratorio.

- Se efectuó validación, depuración y cargue de la información en la Geodatabase Explora de la DRM.



Distribución en bloques de las áreas prospectadas para fosfatos en el departamento del Huila y parte del Cauca, costado W del río Magdalena.

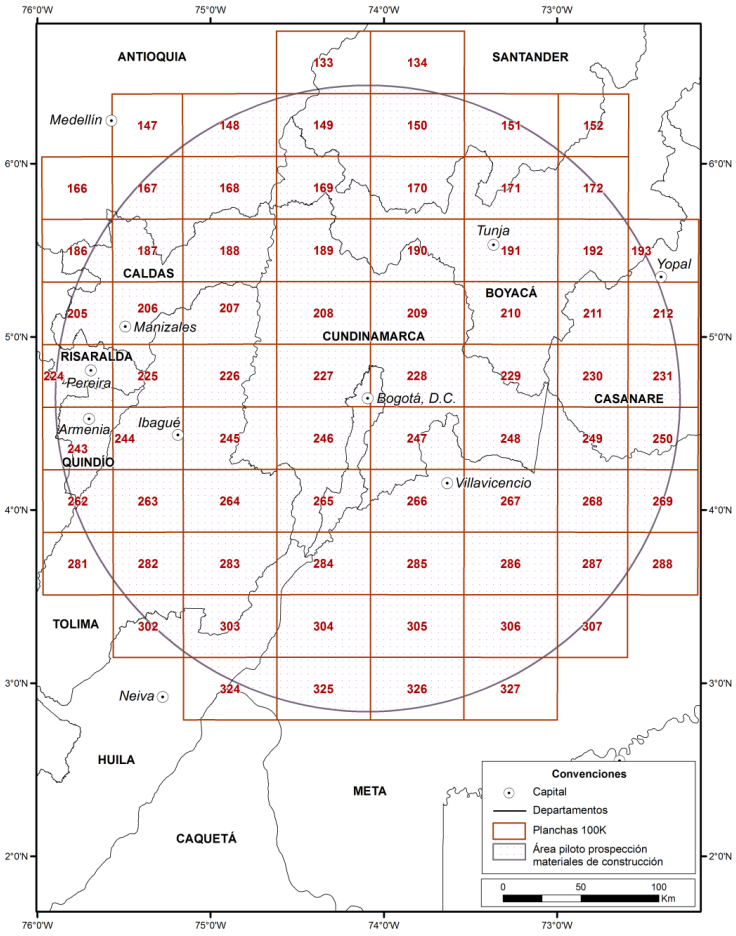
- Los resultados de esta exploración se consignan en un informe técnico compilatorio, denominado ***"Exploración geológica de fosfatos en el departamento del Huila, costado occidental del río magdalena, planchas 302, 323, 344, 345 y 366***", cuya oficialización se proyecta para el primer trimestre del año 2020.
- Se elaboró informe técnico compilatorio de toda la prospección mineral para magnesio realizada en la zona de trabajo (Huila) y se compartió con la Agencia Nacional de Minería –ANM.
- Se elaboró informe técnico compilatorio de toda la prospección mineral para fosfatos realizada en la zona de trabajo y se compartió con la Agencia Nacional de Minería -ANM-.
- Se elaboraron artículos científicos y se efectuó divulgación y apropiación social del conocimiento en el Congreso Colombiano de Geología 2019.
- Como resultado de todo el trabajo realizado en territorio por éste grupo se aportó información para el mapa social de las zonas estudiadas.

4.2. Prospección y Exploración de Materiales de Construcción.

En éste proyecto se caracterizaron materiales de construcción en formaciones geológicas del área piloto “Bogotá y alrededores”.

Las actividades generales desarrolladas por éste proyecto en el año 2019, se resumen a continuación.

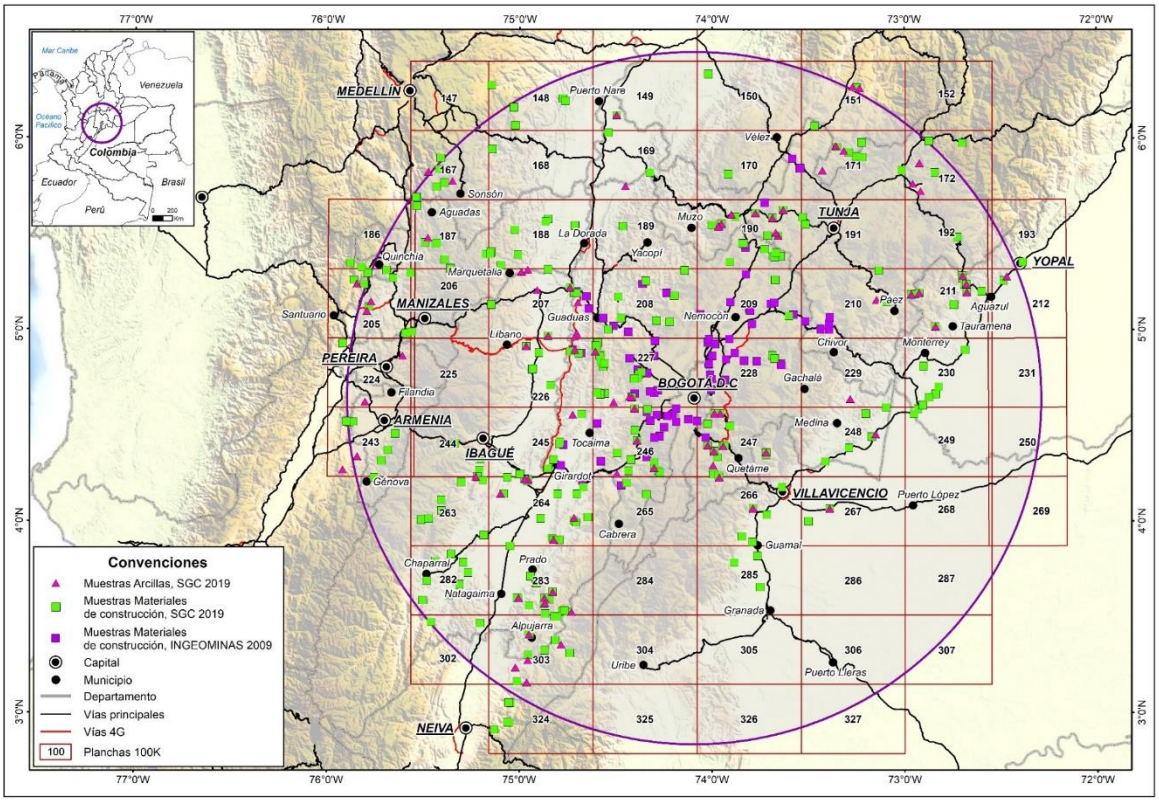
- Se realizó la revisión de información y se definieron zonas de trabajo para materiales de construcción en la zona piloto de Bogotá y alredeores, para el año 2019.



Zona piloto de Bogotá para prospección de materiales de construcción; la grilla corresponde a las planchas topográficas del IGAC.

- Se realizaron comisiones de campo para adquisición de muestras e información geocientífica en el área piloto de Bogotá y alrededores, en las que se recolectaron

139 muestras, de las cuales 114 corresponden a muestras de materiales de construcción y 25 de arcillas.

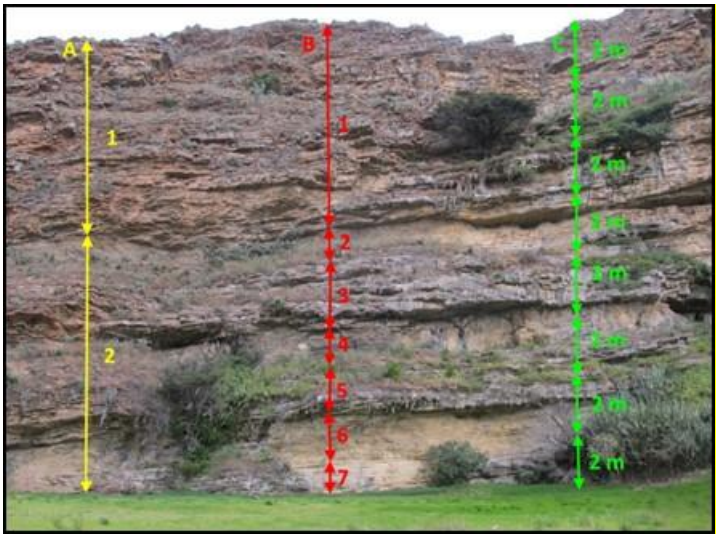


Área piloto para materiales de construcción alrededor de Bogotá, donde se ilustra el muestreo realizado en el año 2019.

- Se elaboró y adoptó el Protocolo para Exploración de Materiales de Construcción en Colombia.



Conglomerados del Grupo Honda con potencial para agregados pétreos en la vereda Padilla del municipio de Lérida en el departamento del Tolima, en la zona piloto de Bogotá.



Diferentes tipos de muestreo en rocas arenosas y conglomeráticas de la Formación Arcabuco en el departamento de Boyacá, en la zona piloto de Bogotá. A y B, corresponden a muestreo por facies (tipo litológico) y C corresponde a muestreo sistemático espaciado cada 2 metros.



Muestra de aluvión del río Magdalena triturada en el laboratorio del SGC, retenida en tamiz ¾", con potencial para producción de agregados, en la zona piloto de Bogotá.

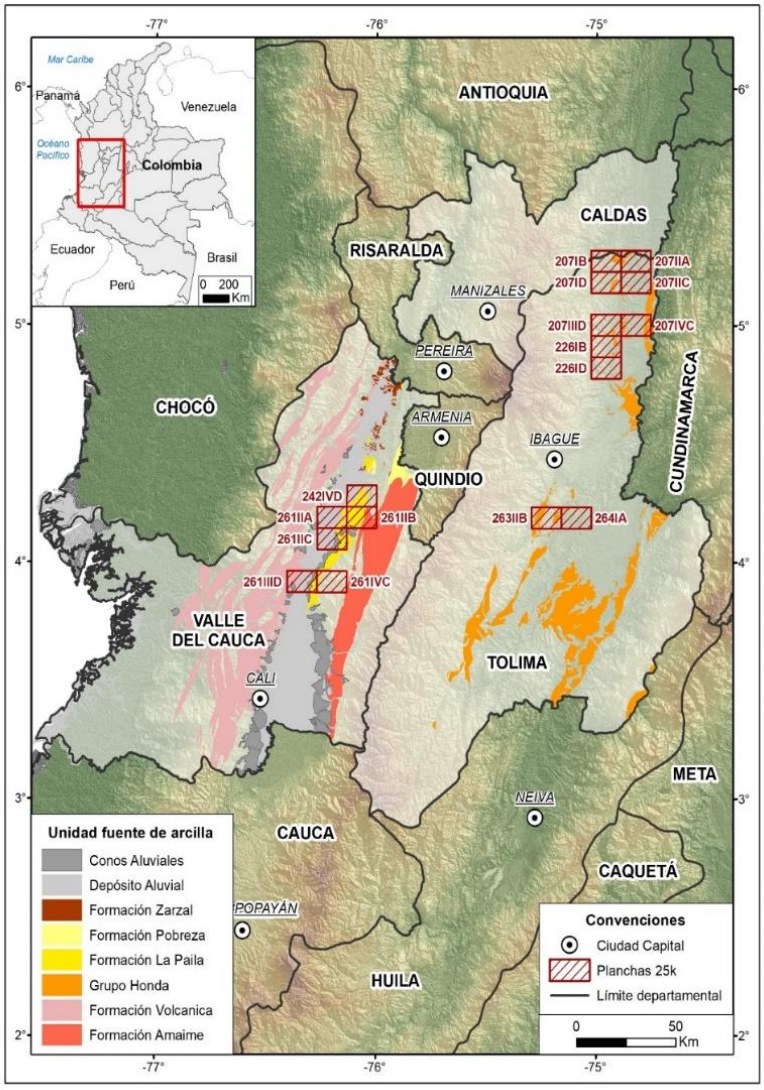
  - Se realizaron ensayos geo mecánicos de desgaste en máquina de los ángeles en los laboratorios de la dirección de Laboratorios del SGC.
  - Se realizaron y analizaron secciones delgadas en los laboratorios de la dirección de Laboratorios del SGC.
  - Se enviaron muestras para análisis especializados en los laboratorios de la dirección de Laboratorios del SGC (DRX, geoquímicos en arcillas, etc.).
  - Se elaboró informe técnico de avance de la exploración y caracterización efectuada en los materiales de construcción de las zonas investigadas.
- Se elaboraron artículos científicos y se efectuó divulgación y apropiación social del conocimiento en el Congreso Colombiano de Geología 2019.
- Como resultado de todo el trabajo realizado en territorio por éste grupo se aportó información para el mapa social de las zonas estudiadas.

4.3. Prospección y Exploración de Arcillas Industriales

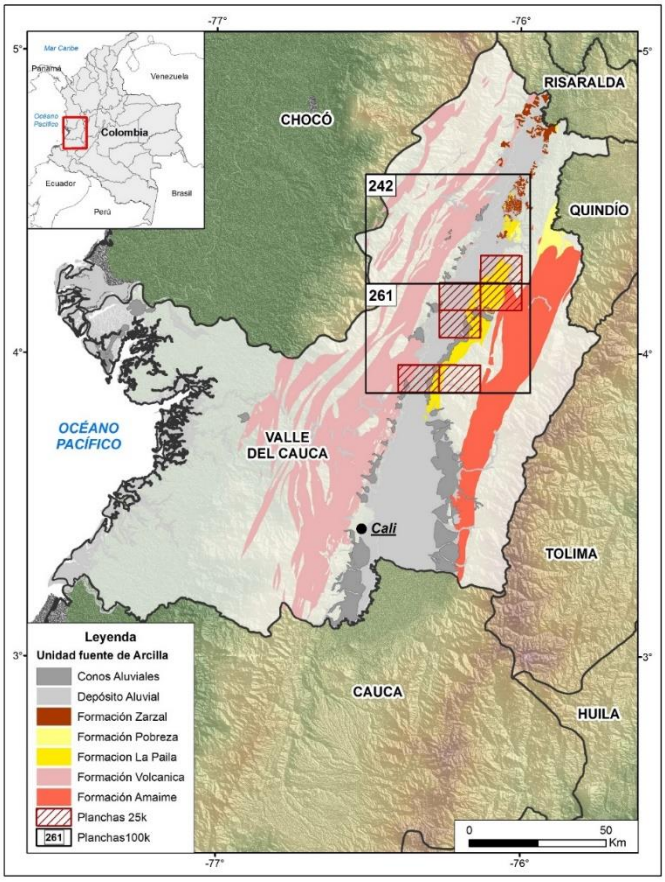
El proyecto aportó información sobre zonas con mineralizaciones y con potencial mineral para arcillas industriales.

Las actividades generales desarrolladas por éste proyecto en el año 2019, se resumen a continuación.

- Se definieron zonas de trabajo y se revisó y compiló información para prospección de arcillas en el Valle del Cauca y en Tolima.

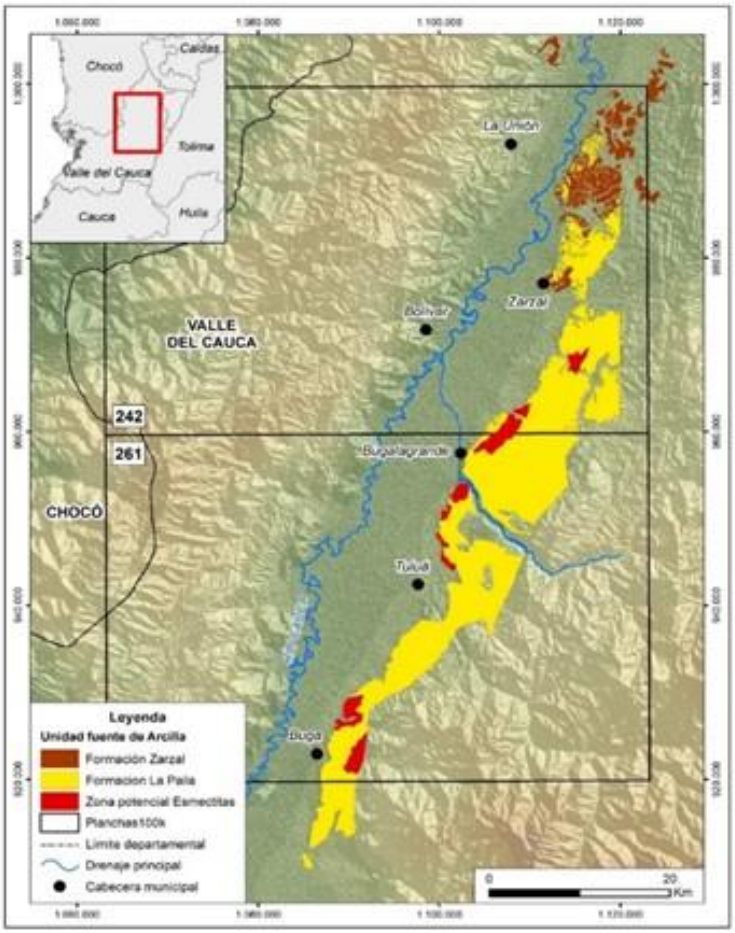


Áreas de interés para arcillas industriales en el Valle del Cuaca y Tolima; los polígonos de color morado con rayas diagonales representan planchas 1:25.000 donde se localizan las áreas de interés.



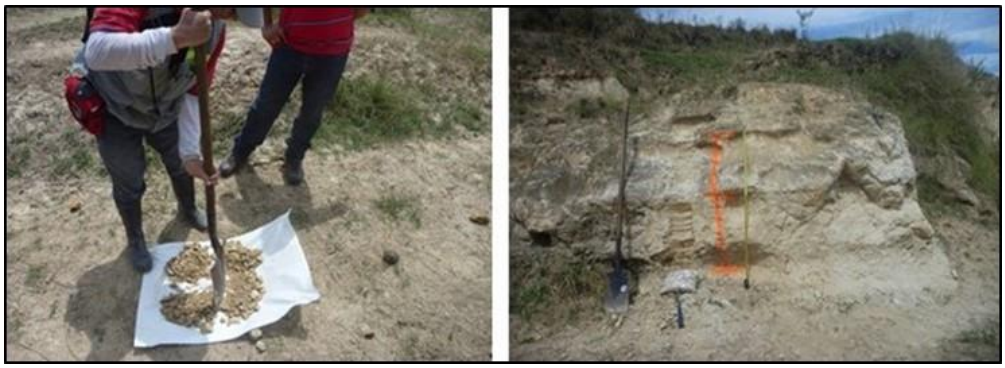
Localización del área de interés para arcillas industriales en el Valle del Cauca (contenidas en las planchas 242 y 261 a escala 1:100.000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), de acuerdo al estudio de Celada y Camacho (2004).

- En el Valle del Cauca, el área se localiza sobre el flanco occidental de la Cordillera Central, donde afloran rocas volcanosedimentarias de la Formación La Paila.



Área piloto para exploración de arcillas en el departamento del Valle del Cauca.

- En el departamento del Tolima la zona de interés se ubica en el flanco oriental de la Cordillera Central, donde afloran rocas volcanosedimentarias de los Grupos Honda y Mesa.
- Se avanzó en la adquisición de información en las zonas de trabajo para prospección y exploración de arcillas industriales en áreas de interés para arcillas industriales en la zona piloto del Valle del Cauca y Tolima.



Cuarteo de muestras de arcillas en el Valle del Cauca

- Se validó, depuró y archivó la información de campo y de laboratorio en la Geodatabase Explora de la DRM.
- Se realizó integración e interpretación de la información, así como en la elaboración de informe de la prospección realizada en la zona de trabajo.
- Se elaboró informe técnico sobre la investigación realizada.
- Se elaboraron artículos científicos y se efectuó divulgación y apropiación social del conocimiento en el Congreso Colombiano de Geología 2019.
- Como resultado de todo el trabajo realizado en territorio por éste grupo se aportó información para el mapa social de las zonas estudiadas.

3 ÁREA DE CONOCIMIENTO: GENERACIÓN DEL CONOCIMIENTO GEOCIENTÍFICO EN MATERIA DE HIDROCARBUROS. (HIDROCARBUROS)

3.1 Introducción Dirección de Hidrocarburos

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

Dentro de las actividades que se desarrollan se encuentran: Identificar la posible distribución de reservorios en zonas como: San Jacinto y Sinú, avanzar en la interpretación sísmica para generar modelos del subsuelo para el apoyo a proyectos de otras áreas del SGC; aumentar el conocimiento en los sistemas petrolíferos de yacimientos no convencionales; y la evaluación de la prospectividad de las rocas paleozoicas todas ellas realizando cartografía geológica, interpretación sísmica, análisis petrofísicos, estratigráficos y demás análisis necesarios para identificar propiedades de las rocas, su evolución y su distribución en el subsuelo.

3.2 Objetivos y funciones del área de conocimiento

Objetivo General:

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

Objetivos Específicos:

- Fortalecer las líneas temáticas de investigación geocientífica.
- Aumentar los niveles de producción de conocimiento geocientífico en materia de hidrocarburos**.**

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





3.4 Proyectos del área de conocimiento vs Presupuesto

ÁREA DE CONOCIMIENTO	PROYECTO	PROGRAMA	ID	PROYECTOS DE GESTIÓN	ASIGNACIÓN PRESUPUESTAL
4. Generación del conocimiento geocientífico en materia de Hidrocarburos	4. Investigación y Desarrollo Geocientífico de Hidrocarburos en el Territorio Nacional	4.1. Investigación de cuencas Hidrocarburíferas	1001106	Evaluación de cuencas gondwanicas Llanos-Putumayo.	$ 2.249.990.505
			1001151	Distribución de reservorios en San Jacinto & Sinú.	
			1001102	Interpretación Del Subsuelo Para Hidrocarburos.	
			1001197	Yacimientos No Convencionales en roca generadora	
Subtotal					$ 2.249.990.505

Gastos a 31 de diciembre de 2019: $1.785.940.136

GRUPO	DEPENDENCIA DE AFECTACION DEL GASTO	PROYECTO	ADMINISTRADORAS PRIVADAS DE APORTES PARA ACCIDENTES DE TRABAJO Y ENFERMEDADES PROFESIONALES	COMPRA DE EQUIPO	COMUNICACIONES Y TRANSPORTES	Honorarios	Jornales	MANTENIMIENTO EQUIPO DE NAVEGACIÓN Y TRANSPORTE	MATERIALES Y SUMINISTROS	Otros Servicios Personales Indirectos	VIÁTICOS Y GASTOS DE VIAJE	Total general
Hidrocarburos	1001102	INTERPRETACIÓN DEL SUBSUELO PARA HIDROCARBUROS	1.000.000	354.575.391	-	150.251.233	-	-	3.887.626		6.258.644	515.972.894
	1001106	Evaluación de cuencas gondwanicas Llanos-Putumayo	2.000.000		-	255.166.366	679.200	-	8.825.744		18.742.986	285.414.296
	1001151	Distribución de reservorios en San Jacinto y Sinú	2.000.000		-	303.022.470	1.760.000	-	4.798.445		65.054.458	376.635.373
	1001197	YNC en roca generadora	-	-		203.980.921	1.942.200		485.552		53.890.656	260.299.329
Total general			5.000.000	354.575.391	-	912.420.990	4.381.400	-	17.997.367	-	143.946.744	1.438.321.892

Figura Gastos a 31 diciembre 2019

3.4.1 Objetivos propuestos vs. Avances de los proyectos con corte al 31 de diciembre de 2019

Con referencia a los proyectos del área de conocimiento de Hidrocarburos se desarrollaron las siguientes actividades, cuyos avances en el año 2019, se resumen a continuación:

1. **Proyecto de Gestión N°1001106: Evaluación de Cuencas Gondwánicas Llanos-Putumayo:**

Las actividades del proyecto se enfocan en los siguientes frentes de investigación:

- Revisión de la información sísmica y de pozos.
- Interpretación sísmica
- Análisis de núcleos y ripios en Litoteca Nacional
- Reconocimiento Geológico en superficie de la secuencia paleozoica

Dada la extensión de la Cuenca, la gran cantidad y calidad de la información disponible para éste proyecto, se procede a revisar y cargar información de los siguientes pozos (tabla 1 y figura 1):

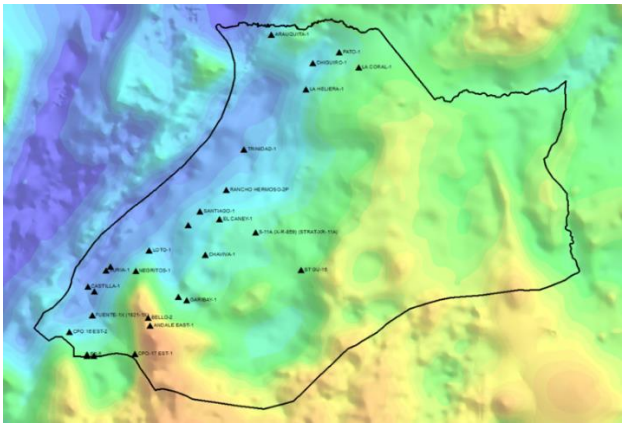


Fig. 1 Pozos con penetración en el Paleozoico de la cuenca Llanos

La información de estos pozos fue suministrada por el Banco de información petrolera, la cual se encuentra disponible en la ruta Z:\Tecnico\proyectos\PALEOZOICO\POZOS y consta de Informes, Registros e Imágenes. Los datos de los pozos se cargaron, editaron y revisaron en el aplicativo de interpretación Petrel, para su posterior análisis.

La información sísmica 2D y 3D debido a su volumen se encuentra alojada en el siguiente servidor: \\isismb\Tsmserver\PALEOZOICO\LLA\SISMICA\ y consta de Informes, seg-y e Imágenes. Se recibieron de la solicitud 1165 al EPIS, 116 líneas sísmicas con la información disponible en sus repositorios y listas para ser cargadas al proyecto de interpretación en el aplicativo Petrel.

Para la interpretación sísmica se cargaron 253 líneas de sísmica 2D y 27 volúmenes 3D, como se aprecia en la siguiente figura 2:

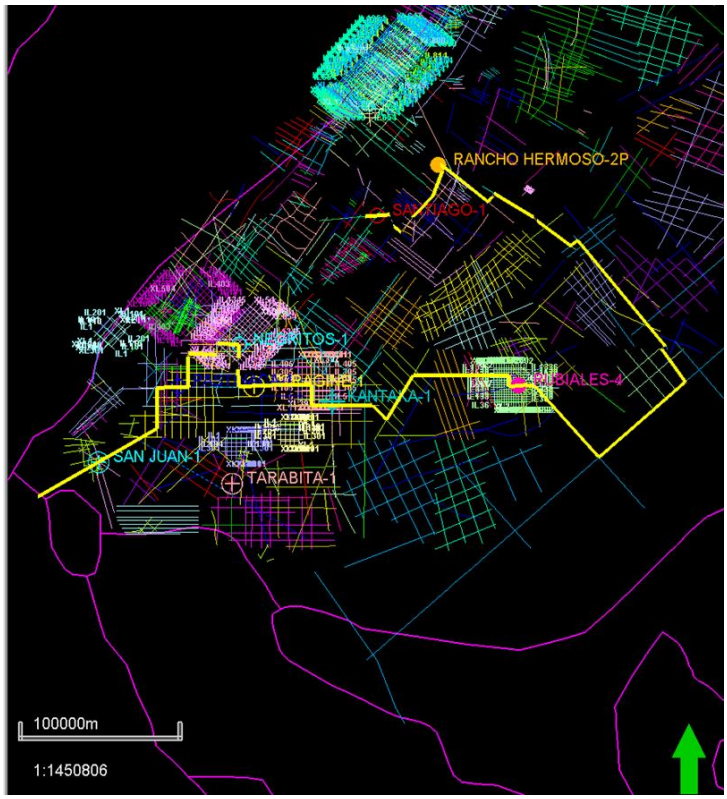


Fig. 2 Información sísmica cargada para el proyecto

Los análisis más directos de las rocas paleozoicas en los Llanos Orientales se consiguen con los núcleos extraídos de los pozos y que reposan en la Litoteca Nacional. Durante las visitas realizadas a la Litoteca, se describieron y analizaron los núcleos de los siguientes 7 pozos:

Tabla 2. Núcleos paleozoicos analizados en Litoteca Nacional

Pozo	Paleozoico (Pies)	Cretácico (Pies)	Terciario (Pies)	Longitud total (Pies)
Kantaka-1	93,8			93,8
Rancho Hermoso-2P	27,3		37,4	64,7
Chaviva-1	14,8		8,5	23,3
Negritos-1	18		4	22
Garibay-1	2,5		16	18,5
Castilla-1	2		9,8	11,8
La Heliera-1	2			2
TOTAL				236,1

Con la interpretación de la sísmica, la información de pozos, los datos obtenidos de los diferentes informes del Banco de Información Petrolera y los análisis de los núcleos paleozoicos, se generó la primera transecta sísmica preliminar interpretada, que se puede observar en la figura 3

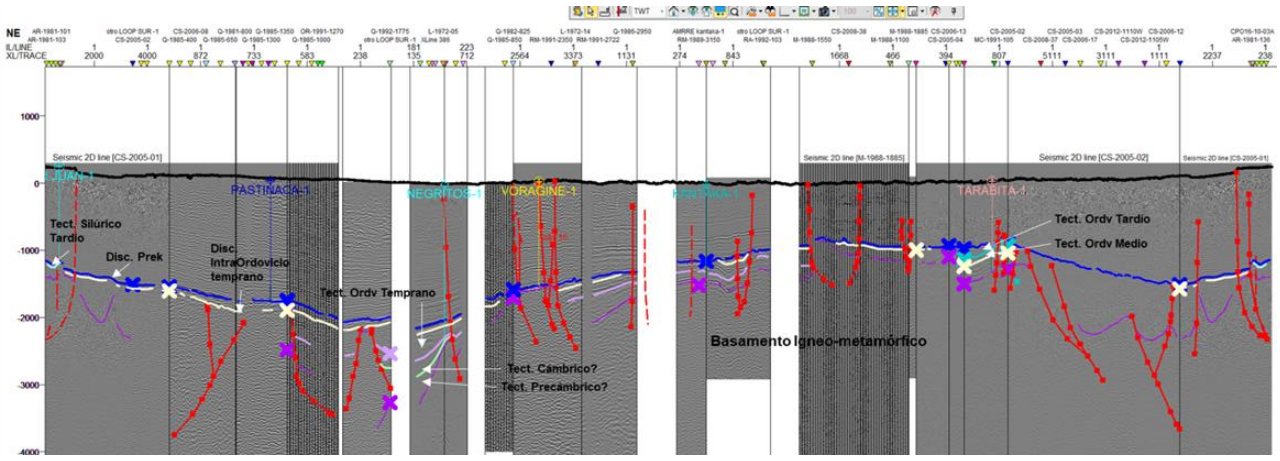


Fig. 3. Transecta sísmica interpretado preliminar

El reconocimiento geológico en superficie de la secuencia paleozoica se realizó en el departamento de Boyacá entre los municipios de Santa María, Gachalá y Chivor. Este reconocimiento se orientó a la preparación del levantamiento detallado de la primera columna estratigráfica de las rocas paleozoicas.

En el último trimestre del año se realizó el levantamiento de 2273 metros de columna estratigráfica en el Rio Batá (Figura 4). Con los recursos recibidos del convenio número 023 entre la Agencia Nacional de Hidrocarburos y el Servicio Geológico se desarrolló la comisión de campo.

Las actividades principales desarrolladas en el levantamiento de la sección del Río Batá comprendieron:

- Limpieza y alistamiento de afloramientos.
- Medición de poligonales.
- Medición detallada de afloramientos mediante bastón de Jacob.
- Descripción sedimentológica de la roca.
- Muestreo específico.
- Muestreo detallado sistemático (cada bastón) con propósitos geoquímicos y petrográficos.
- Muestreo direccionado en posibles yacimientos micropaleontológicos y macropaleontológicos.
- Toma de datos de gamma ray cada 30 cm estratigráficos.
- Digitalización en Corel-Draw de la información gráfica levantada.

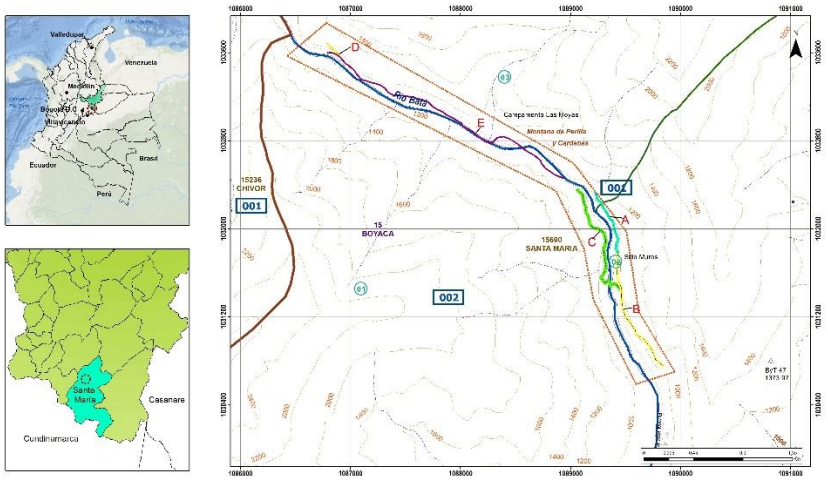


Fig. 4. Localización de la columna estratigráfica del Río Batá

2. Proyecto de Gestión ID 1001151: Distribución de reservorios en San Jacinto & Sinú

- **Organización y envío de muestras:** Del grupo de muestras colectadas en la comisión de campo del mes de mayo, junto con muestras adicionales de fases anterior del proyecto, se preparó un grupo final para envío a diferentes análisis aprovechando el convenio que se tiene con la Universidad Industrial de Santander. El tipo de análisis y cantidad de muestras son los siguientes: DRX: 50 muestras; Pirolisis: 15 muestras; TOC: 15 muestras; Reflectancia de vitrinita: 15

muestras y Análisis geoquímico de hidrocarburo líquido: 4 muestras. Se recibieron los resultados de los análisis de laboratorio y dentro de ello se obtuvieron algunos datos que alientan posibles hallazgos futuros, en sistemas petrolíferos convencionales.

- **Análisis petrográficos:** Durante el período en cuestión se adelantó el análisis de 60 secciones delgadas. Las muestras analizadas corresponden, casi en exclusivo, a rocas con potencial almacenador de hidrocarburos, todas arenitas, cuyo análisis refleja variaciones lo suficientemente distintivas en su constitución petrográfica lo cual permite diferenciar las unidades identificadas en la cartografía.
- **Preparación de mapas geológicos Generación de cortes estructurales:** Se han generado 7 versiones del Mapa Geológico del área de Cansona, a partir de la información recolectada en campo (fig. 5) y está en proceso de construcción el Mapa Geológico detallado del área de Maco, en donde la continuidad de los estratos con potencial almacenador se hace visible. Cada mapa es evaluado con cortes/secciones estructurales, que confirman no solo la viabilidad del mismo, sino que, también evalúan los mapas.
- **Interpretación del subsuelo usando imágenes símicas (fig. 4):** El objetivo de los trabajos de cartografía es establecer la distribución y caracterización de las unidades de roca aflorantes, así como de los elementos estructurales mayores (pliegues y fallas). Los resultados de este trabajo de cartografía geológica sirven de base para la integración con la información sísmica para así generar mapas del subsuelo.

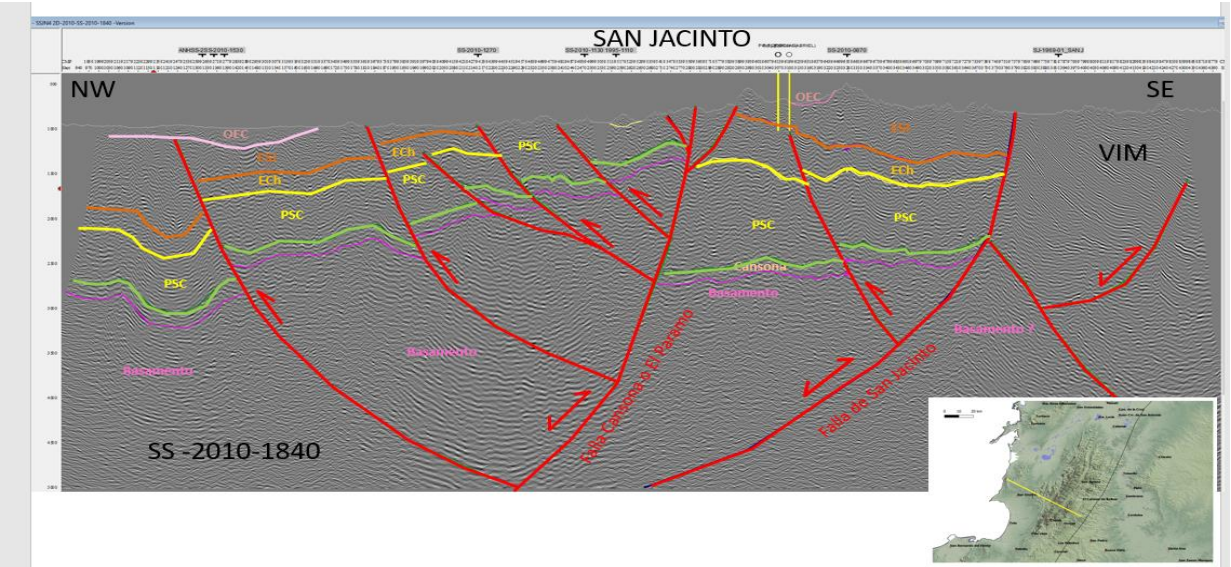


Fig. 4. Interpretación de la sección sísmica en SSJ que pasa por el cerro cansona extendiendo en profundidad las unidades cartografiadas en superficie.

- **Síntesis de información Bioestratigráfica:** después de analizar varias muestras y de compilar la información existente, se tiene ya un resumen que precisas la dificultosa tarea de asignar una temporalidad a las sucesiones rocosas que ocupan las cuencas de San Jacinto y Sinú. Con ello se espera construir la historia geológica de la región y precisar la evolución de los hidrocarburos en la zona.
- **Oficialización de productos 2017 y 2018**: mediante acta 116_19, se logra la oficialización de productos relacionados a San Jacinto y Sinú, referente a análisis detallados de sucesiones con potencial almacenador de hidrocarburos, proveyendo nueva información geocientífica a la comunidad y a la industria petrolera.
- **Divulgación**: como parte de la apropiación social del conocimiento, se tuvo participación en algunos eventos, como es el Congreso Colombiano de Geología, en donde se presentaron tanto pósters como una Presentación Oral que visualiza los adelantos de la Dirección de Hidrocarburos.

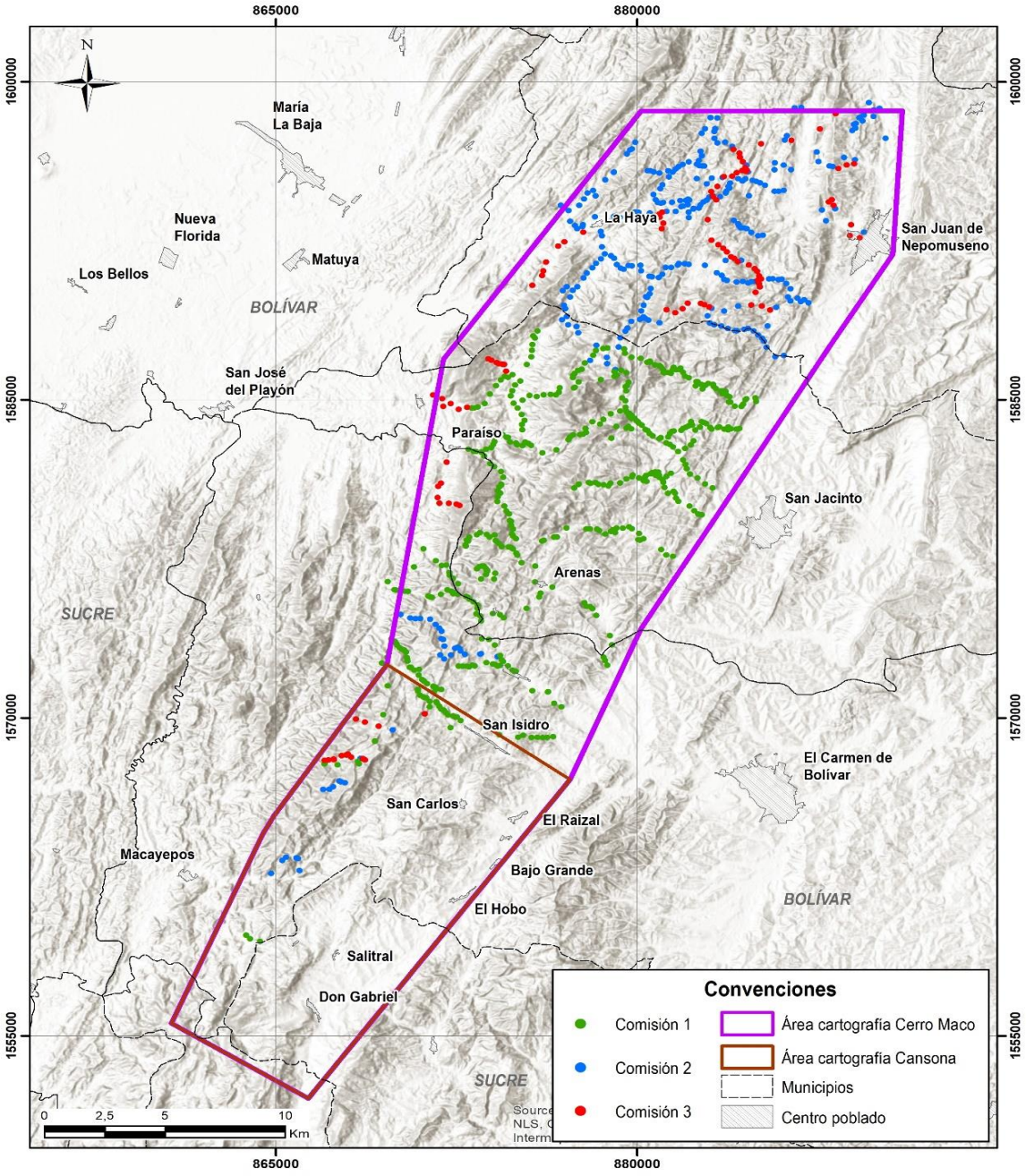


Fig. 5 Mapa de localización de las áreas de cartografía Cerro Cansona y Cerro Maco, hacía donde se han enfocado los esfuerzos del Proyecto. Los puntos corresponden a las estaciones de campo 2019, con las que se construyen los mapas, las secciones estructurales y las bases para la interpretación Sísmica.

3. Proyecto de Gestión ID 1001102: Interpretación del subsuelo para Hidrocarburos

Actividades realizadas en 2019:

Dentro de las actividades a ejecutar hasta 2020 en el proyecto se tienen 4 Fases, de las cuales se concluyen 3 (a, b y c):

a) Interpretar el área del subsuelo en el campo Chichimene en los horizontes donde se está inyectando agua para el recobro mejorado de hidrocarburos, en coordinación con la Dirección de Geoamenazas para el monitoreo de la sismicidad asociada.
b) Interpretar el subsuelo en el área de la plancha 60 Canaletes.
c) Interpretar el subsuelo en el área del Sinú San Jacinto.
d) Generar un modelo geológico del subsuelo en el área Puerto Wilches, para apoyar la construcción del modelo hidrogeológico conceptual (*En desarrollo*).

INTERPRETACIÓN ESTRUCTURAL DEL CAMPO CHICHIMENE

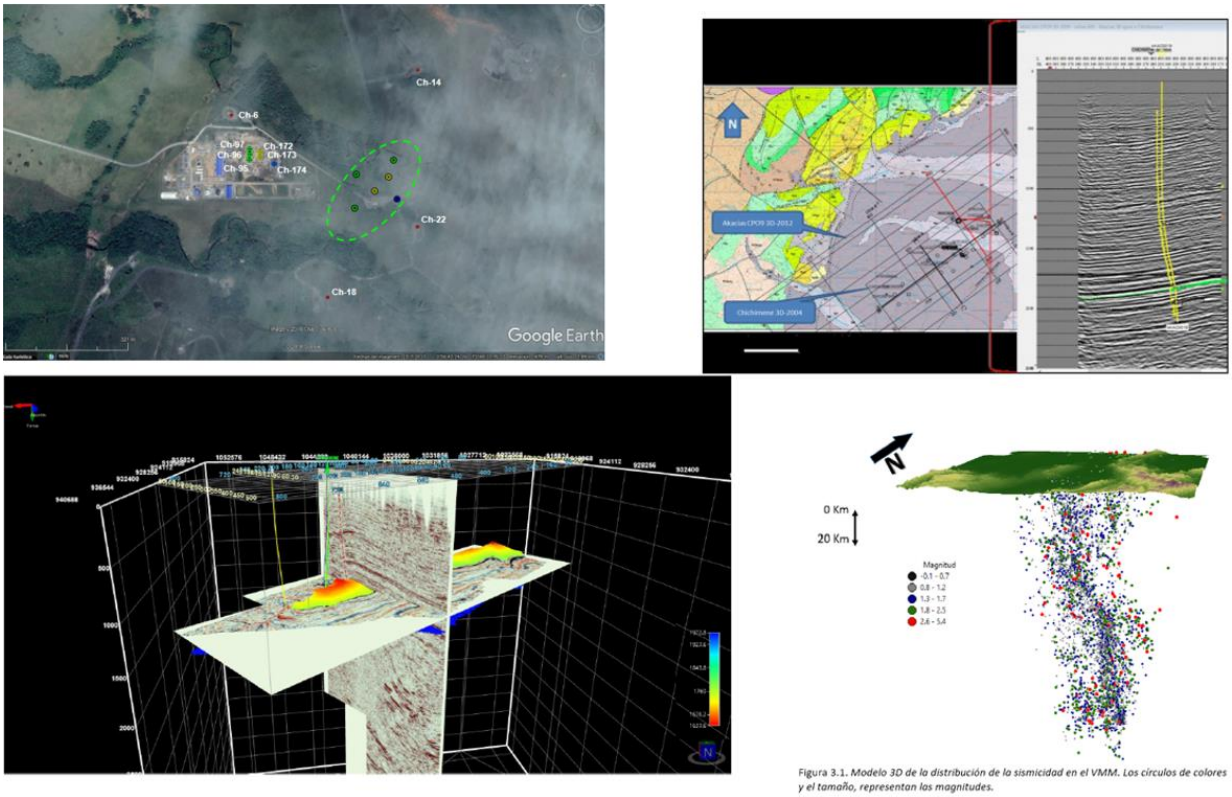


Fig. 6 Ejemplo de los trabajos de interpretación realizados en el área del campo Chichimene y el Valle Medio del Magdalena.

- Carga de datos sísmicos

La información sísmica utilizada para la interpretación estructural del Campo se seleccionó de la base de datos del Banco de Información Petrolera (BIP) recibiéndose dos volúmenes sísmicos 3D de los años 2009 y 2014. En general esta información tiene buena calidad para realizar interpretaciones de tipo estructural en la que se observa un anticlinal fallado con cierre en tres direcciones muy evidente.

La carga e interpretación se realizó en el Software Geographix®, utilizando el sistema de coordenadas Magna-Sirgas Colombia Bogotá Zone, y un datum de 600 metros, que coincide con el datum de procesamiento de los programas utilizados. El proyecto se encuentra en el servidor del SGC \\srv-gex2\GEOAMENAZAS_LLANOS.

- Amarre sísmica-pozo e interpretación sísmica

Luego de cargar y corregir los amarres entre líneas, se evaluó la información disponible de los pozos, es claro que falta información de desviación de pozos y de registros de velocidad.

Para la mayoría de los pozos cargados con los registros eléctricos y de desviación se utilizó la conversión de tiempo a profundidad del pozo Akacias-19 y se generó un amarre bastante confiable. Con los datos de velocidades y los datos de profundidad de las formaciones de los pozos se generan los topes sobre la línea sísmica a partir de los cuales se siguieron los horizontes de la interpretación. Por el momento para los pozos en los que no se recuperó información de velocidad se utilizó como base la del pozo más cercano. Esta información que no tiene el BIP fue solicitada al Ministerio de Minas por intermedio de Viviana Dionicio en la Dirección de Geoamenazas.

INTERPRETACIÓN DEL SUBSUELO EN EL AREA DE LA PLANCHA 60 CANALETES

De acuerdo con la información de líneas existentes para el área de estudio, el sector de la Plancha 60 Canaletes, posee un total de 76 líneas sísmicas, Sin embrago, al hacer la solicitud al BIP, solo se encuentran solo 21 líneas sísmica, 18 son de buzamiento (dirección NW-SE) y 3 de rumbo (dirección NE-SW). La calidad de la sísmica en cuanto a imagen es regular a mala, y en algunos casos las líneas no tienen coordenadas, lo que dificulta su carga al tener que vincular ukooa de otros procesos.

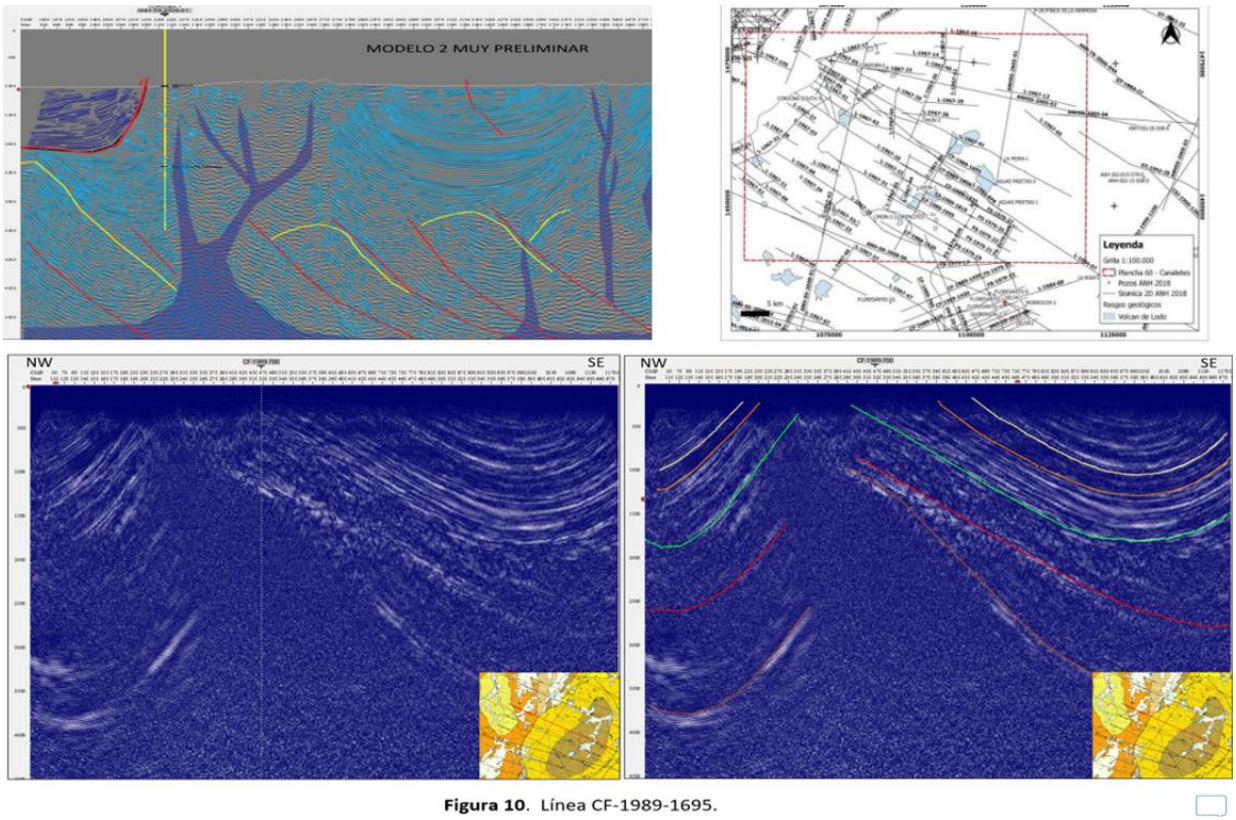


Figura 10. Línea CF-1989-1695.

Fig. 7 Interpretación del subsuelo en el área de la plancha 60 Canalete.

El primer reflector Interpretado corresponde a la base de la unidad denominada en el mapa geológico N1pas, correspondiente a Paujil Superior. Se hace la anotación que dentro del mapa la anotación es N2pas y en la leyenda N1pas (requiere revisión). Este reflector, corresponde dentro de la línea sísmica, a la base de una secuencia en la que se presentan intercalaciones de reflectores de alta amplitud, relativamente continuos y alta frecuencia, con reflectores de baja amplitud, completamente discontinuos (zona sorda) En la figura 7 los reflectores indican la intercalación entre rocas duras y blandas.

Las sismofacies son muy parecidas a lado y lado de la zona sorda, por lo que esta primera interpretación se ha realizado contemplando el hecho de que en ambos sinclinales aparece la misma secuencia de roca y por tanto no se han interpretados fallas.

Para este trabajo, se utilizó como base la plancha Preliminar 60 Canaletes a escala 1:100.000 de 2017 entregada por el grupo de Geociencias Básicas; sin embargo, también se han revisado las planchas 60 Canaletes y 70 San Pedro de Urabá, en las que aparecen cartografiados algunos diapiros de lodo que son de interés para la interpretación sísmica. De igual manera, de gran ayuda fué la Imagen DEM 40m, con la que cuenta la Dirección de Hidrocarburos.

Como conclusión se considera como principal factor en el área la tectónica de shale, que comba en formas sinclinales las estructuras y las repite (sinclinales ritmiados) y las secuencias estratigráficas presentan una relocalizando la fauna fósil, lo que dificulta dar temporalidad a las unidades en campo y a los horizontes interpretados en el subsuelo.

INTERPRETAR EL SUBSUELO EN EL ÁREA DEL SINÚ SAN JACINTO

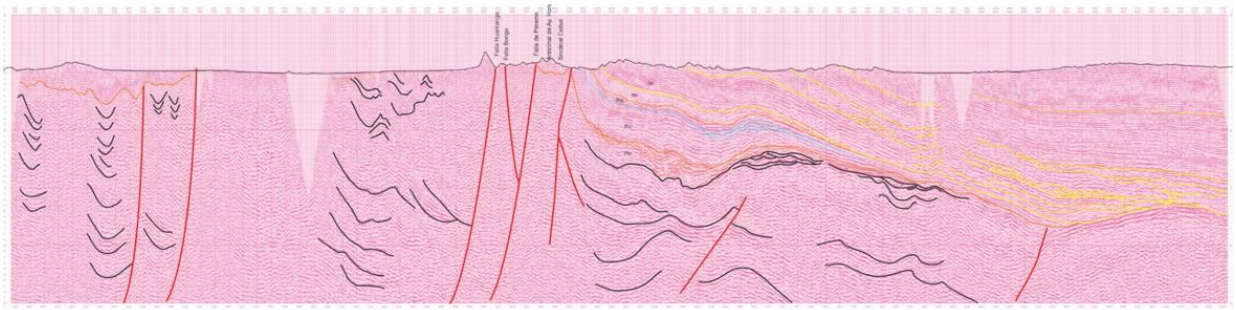


Fig. 8 Ejemplo de la interpretación de línea sísmica para apoyo de la plancha Sinú San Jacinto

El grupo de la Dirección de Hidrocarburos, dentro del proyecto de gestión denominado "Trampas de hidrocarburos asociadas a diapiros de lodo en el cinturón plegado de Sinú San Jacinto", interpreto el subsuelo del área de interés para el presente proyecto, por lo que la interpretación realizada(Fig. 8) se presentó al grupo de Geociencias Básicas en lo que fue una serie de asesorías prestadas dentro del presente proyecto, como apoyo en la plancha Sinú San Jacinto realizada por el grupo de Geociencias Básicas.

Como conclusiones se destacan:

Los fenómenos de diapirismo de lodo activo están en el bloque yacente de la Falla San Jacinto, intruyendo la Formación Floresanto. Se plantea que los lodos podrían originarse de unidades del Eoceno inferior ya que este mismo fenómeno es observado en el miembro basal de la Formación Brechas de Cispatá.

La Formación Cansona únicamente está presente en una porción muy pequeña del área, en donde las dataciones biostratigráficas (Jaramillo et al., 2011) señalan una edad cretácico superior, sin embargo, su litología parece correlacionarse más con un nivel superior de la Formación San Cayetano de edad Eoceno temprano, correspondiente con la Formación Chert de la Candelaria.

Adicionalmente, se adquirieron 3 licencias del software Petrel en modalidad de suscripción para el desarrollo de las actividades de la DTH y se están migrando los proyectos a Petrel.

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

Este proyecto pretende aumentar el conocimiento de los factores geológicos relevantes en la prospección de los no convencionales en roca generadora. Los factores geológicos que se investigaran en este proyecto son: 1) la geometría y continuidad de los yacimientos; 2) La cantidad y la calidad de la materia orgánica y su ubicación en el registro estratigráfico; 3) La fracturabilidad de los intervalos estratigráficos.

Para atacar esos factores se utilizan varias herramientas y se realizaran varios análisis de laboratorio. Para conocer la geometría y continuidad lateral se realizará interpretación de datos geofísicos del subsuelo que se analizarán en el contexto estratigráfico regional junto con el estudio de la procedencia de intervalos areníticos que ayudará a mejorar el entendimiento de la distribución de los sedimentos durante el Cretácico. Para saber la cantidad y calidad de la materia orgánica se realizarán análisis de TOC y pirólisis en muestras levantadas en secciones levantadas con amarre bioestratigráfico. Para estimar la fracturabilidad de los intervalos se harán estudios de estratigrafía de fracturas que junto con los análisis composicionales mineralógicos nos darán luz acerca de cuáles son los intervalos con condiciones fracturables y a que espesores corresponden. Para la madurez termal se realizarán mapas de reflectancia de la vitrinita (Ro) con datos compilados del Banco de información petrolera (BIP), además se tomarán nuevos datos de Ro y Tmax.

Se digitalizaron las columnas estratigráficas levantadas en la región del Cesar, se adelantaron a partir de un convenio con la UIS los análisis de DRX para la caracterización mineralógica de las unidades, y los análisis de TOC y Pirólisis Rock Eval para la caracterización de geoquímica del petróleo. Se cargó la sísmica y los pozos de la cuenca del Cesar y se avanza en la interpretación de las transectas regionales con amarre a datos de pozos en la cuenca. Se avanza en las dataciones geocronológicas, y en los análisis de FRX para la caracterización quimioestratigráfica de los intervalos estratigráficos a caracterizar. Se avanza en la preparación de las secciones delgadas para petrografía y se trabaja en un análisis de litofacies preliminar antes de las observaciones petrográficas. Se compila la información geoquímica y estratigráfica de los pozos con información del BIP. Se adelantan los estudios de estratigrafía de fracturas. Fueron entregados datos de mineralogía y se realizó su integración con las columnas estratigráficas. Se realizaron descripciones de núcleos de perforación para las unidades cretácicas corazonados. Así

se describieron y muestrearon los núcleos de Catalina 1, Infantas 1613 y Llanito 1 de la parte centro y norte de la cuenca del Valle Medio del Magdalena.

4 ÁREA DE CONOCIMIENTO: INVESTIGACIÓN, SEGUIMIENTO Y MONITOREO DE LAS AMENAZAS GEOLÓGICAS Y ACTUALIZACIÓN INSTRUMENTAL DEL SISTEMA SISMOLÓGICO NACIONAL DE COLOMBIA. (GEOAMENAZAS)

4.1 Introducción Geoamenazas

EL objetivo de la Dirección de Geoamenazas es generar conocimiento geocientífico, mediante la investigación, evaluación y monitoreo de los procesos que originan amenazas de origen geológico, que apoye el ordenamiento del territorio (POT y Ambiental), acciones de gestión del riesgo, planes de desarrollo de infraestructura y desarrollo del país.

Uno de los problemas del país es el insuficiente conocimiento del territorio (especialmente del subsuelo), que conduce a la inadecuada toma de decisiones, precario ordenamiento del territorio, incrementando la vulnerabilidad de las comunidades frente a fenómenos naturales, comprometiendo a veces la vida de las personas, los medios de vida, infraestructura y el desarrollo del país.

La Dirección Técnica trabaja en temas relacionados a la investigación, evaluación de amenazas y monitoreo de actividad sísmica, volcánica y deformación de la corteza terrestre. En la evaluación de las amenazas de origen geológico, principalmente investiga las amenazas relacionadas a movimientos en masa, sísmica y volcánica. En la investigación y seguimiento a la 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 Sismológicas, los Observatorios Vulcanológicos y Sismológicos de Manizales, Popayán y Pasto y Red Nacional de Estaciones GNSS – Geored.

La Dirección de Geoamenazas formuló el Macroproyecto *"Investigación Monitoreo Y Evaluación De Amenazas Geológicas Del Territorio Nacional*, cuyo objetivo general es: Fortalecer la investigación, monitoreo y evaluación de amenazas de origen geológico a nivel nacional, cuyos objetivos específicos son: Fortalecer la generación de nuevo conocimiento de los procesos que generan amenazas geológicas y Mejorar las condiciones técnicas, tecnológicas y operacionales para la recolección y análisis de datos. Para lograr estos objetivos específicos se formulan proyecto y actividades de gestión donde se focalizan las acciones para lograr productos específicos.

Proyecto id 10006889 - gestión de actividades de geoamenazas

Se realizan actividades de gestión técnica, administrativa y operativa para que los proyectos de gestión logren desarrollar las actividades que permitan obtener productos de conocimiento e información útil para solucionar problemas y apoyar el desarrollo sostenible del país.

Las principales actividades en el año 2019 se pueden resumir en la participación en el análisis de las situaciones presentadas en el proyecto Hidroelectrico Hidroituango y la situación que se presenta en el Kilómetro 58 de la vía Bogotá – Villavicencio, donde los dueños de los proyectos, las autoridades e instituciones del gobierno nacional aúnan esfuerzos para que desde sus competencias se contribuya para prevenir que ocurran hechos que pongan en peligro a las comunidades que están ubicadas en zonas de influencia de estos proyectos. figura 1, figura 2



Consejo Departamental de Gestión de Riesgo del departamento de Antioquía



Puesto de Mando Unificado PMU en el Campamento de Hidroituango.

En el marco del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres, del Comité de Conocimiento y la Comisión Técnica Nacional Asesora para el Conocimiento del Riesgo de Desastres se definen prioridades de necesidades de investigación y conocimiento a partir de las realidades de los territorios en el país, por ejemplo en el 2019, se definieron áreas de posibles proyectos piloto, para evaluar amenaza por avenida torrencial en Colombia, ya que casos como Salgar en el departamento de Antioquía y más recientemente Mocoa en el departamento de Putumayo, ponen en evidencia la gran vulnerabilidad del país en este tema.

Bajo la dirección del Ministerio de Minas y Energía, el SGC participó en los equipos técnicos que realizaron el análisis del informe de la Comisión de Expertos encargados por el gobierno nacional de "Efectos ambientales (bióticos, físicos y sociales) y económicos de la exploración de hidrocarburos en áreas con posible despliegue de técnicas de fracturamiento hidráulico de roca generadora mediante perforación horizontal" donde se definió el trabajo en 5 mesas, entre otras sismicidad, aguas y coordinación, estas últimas donde el Servicio Geológico Colombiano participa activamente.

Con funcionarios del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio se ha venido interactuando para definir áreas de trabajo conjunto en temas de movimientos en masa, relacionados con ordenamiento territorial de los municipios que por sus características de vulnerabilidad podrían verse priorizadas en proyectos del SGC. Este tipo de análisis y metodologías de priorización ha sido presentado ante el Consejo Directivo del SGC dos veces en este primer semestre.

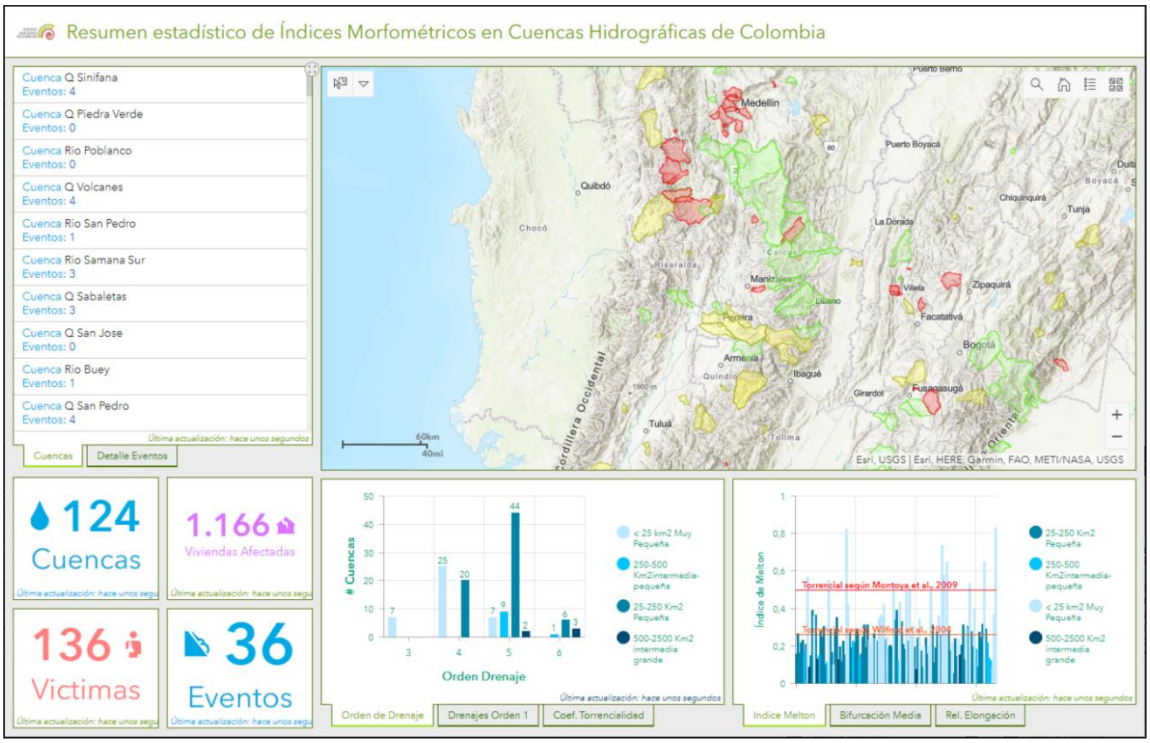
4.2 Evaluación de Amenazas por Movimientos en Masa

Proyecto ID 1000636 - Elaboración de Guías Metodológicas

Objetivo: Generar documentos metodológicos acerca de la evaluación de amenaza y riesgo por movimientos en masa, a diferentes escalas, con diferentes enfoques y para diferentes tipos de movimientos en masa.

En julio se firmó el convenio especial de cooperación N°020 del 2019 con la Pontificia Universidad Javeriana (PUJ) para la 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 esté conocimiento geocientífico pueda ser incorporado en los procesos de ordenamiento territorial" se firmó acta de inicio el día 15 de Julio.

A través de las mesas de trabajo interinstitucional, los grupos de trabajo tanto de la PUJ como del SGC han tratado los temas de definición de los diferentes tipos de avenidas torrenciales, lo cual permite aclarar el alcance de la guía metodológica, además se ha avanzado en el marco teórico, estado del conocimiento, revisión, clasificación, análisis y síntesis de información secundaria temática. Esto llevó a obtener las primeras versiones del proceso metodológico para estudios a escalas 25k y 2k en el marco de la legislación vigente. Se elaboró un aplicativo en línea bajo la plataforma de *ArcGis On line* sobre la cual se encuentra la información de 255 cuencas, que incluye resultados de los índices de torrencialidad, geomorfológicos y tectónicos, y reporte de personas e infraestructura afectada entre otros.



Visualización de aplicativo Web_geográfico, estadísticas de las cuencas visualizadas en la extensión del mapa

Fuente: autores

Se realizaron visitas de reconocimiento de cuencas con torrencialidad y/o dinámica fluvial en el marco del convenio con el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Terrotorio (MVCT), en los municipios de Sotará, Villa Rica y Puerto Tejada (Cauca), Yumbo, Jamundí y Candelaria (Valle del Cauca), adicionalmente se realizó visita de reconocimiento al piloto de la cuenca de la quebrada Surcabásiga del municipio de Guacamayas (Boyacá).



Visita de reconocimiento a la cuenca de la quebrada Surcabásiga del municipio de Guacamayas (Boyacá)
Fuente: autores

Proyecto ID 1000963 – Zonificación Detallada de Amenaza y Riesgo por Movimientos en Masa.

Objetivo: Generar mapas de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa en áreas definidas en estudios básicos de amenaza.

Evaluación de Riesgo por Movimientos en Masa de 17 Zonas del Municipio de Popayán, Escala 1:2.000.

En el primer semestre se terminaron los productos finales del proyecto, de tal manera que se obtuvieron los mapas de amenaza, vulnerabilidad y riesgo para cada uno de los polígonos de estudio, y se generó el informe final compendio y particular para cada polígono. Estos productos fueron entregados a la Alcaldía de Popayán en el mes de marzo, los cuales fueron revisados por dicha entidad y ajustados a la luz de algunos comentarios y aportes hechos por la alcaldía. En el mes de mayo se hizo entrega formal de los informes y mapas a la Alcaldía de Popayán, se realizó un taller de apropiación social del conocimiento con los técnicos de la Alcaldía y la entrega protocolaria en el marco del Concejo de Gobierno Municipal.



Taller de apropiación social del conocimiento de la evaluación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa
Fuente: autores

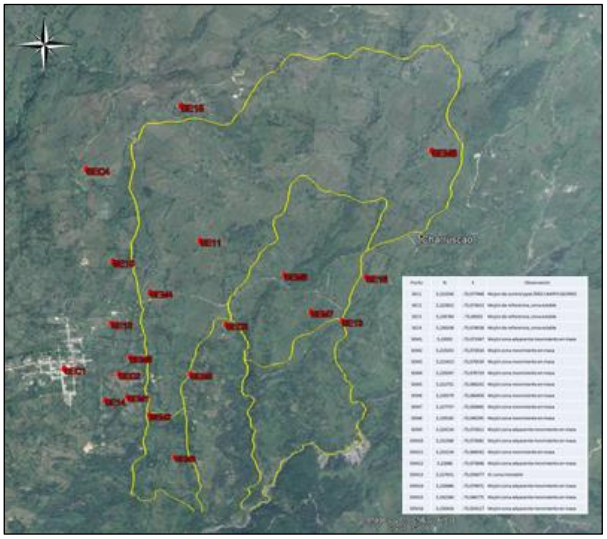
Evaluación de Amenaza Por Movimientos en Masa del Casco Urbano de San Eduardo, Boyacá y Caracterización del Área Inestable Contigua, Escala 1:2.000.

Se realizó el proceso contractual para la generación de la cartografía básica escala 1:2.000 de las áreas de estudio. La firma contratada realizó los vuelos, entregaron los datos crudos y las fotos, a partir de esto se elaboró el ortofotomosaico, la cartografía básica 1:2.000 y el modelo digital de elevación del terreno.



Ortofotomosaico y cartografía básica 1:2.000
Fuente: Autores

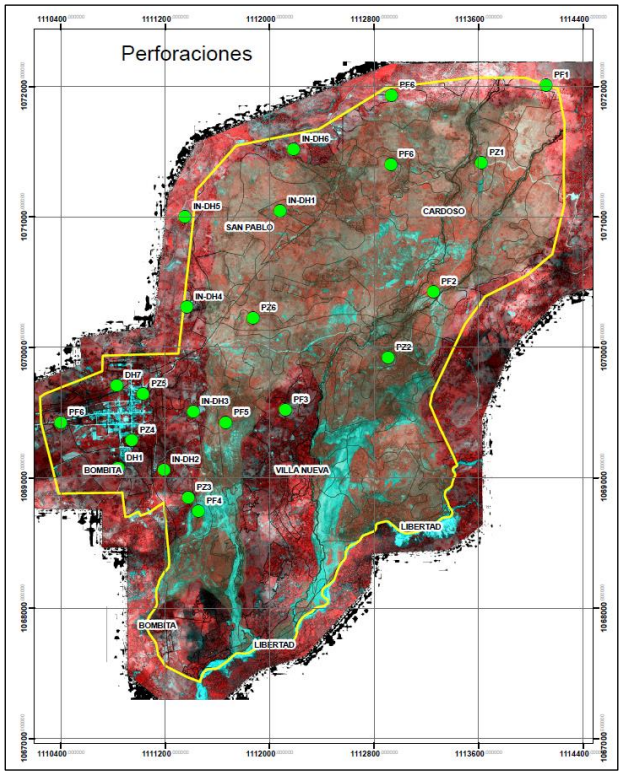
Se han realizado cuatro campañas de control de movimientos superficiales, monitoreo topográfico sobre los 20 mojones instalados en el municipio, se realizó una exploración geotécnica superficial en donde se tomaron muestras y se enviaron al laboratorio de geotecnia recibiéndose los primeros resultados. Igualmente realizaron cinco campañas de recolección de datos de lluvias, mediante la lectura del pluviómetro instalado.



Ubicación de los puntos de monitoreo de movimientos superficiales en el municipio de San Eduardo (Boyacá)
Fuente: autores

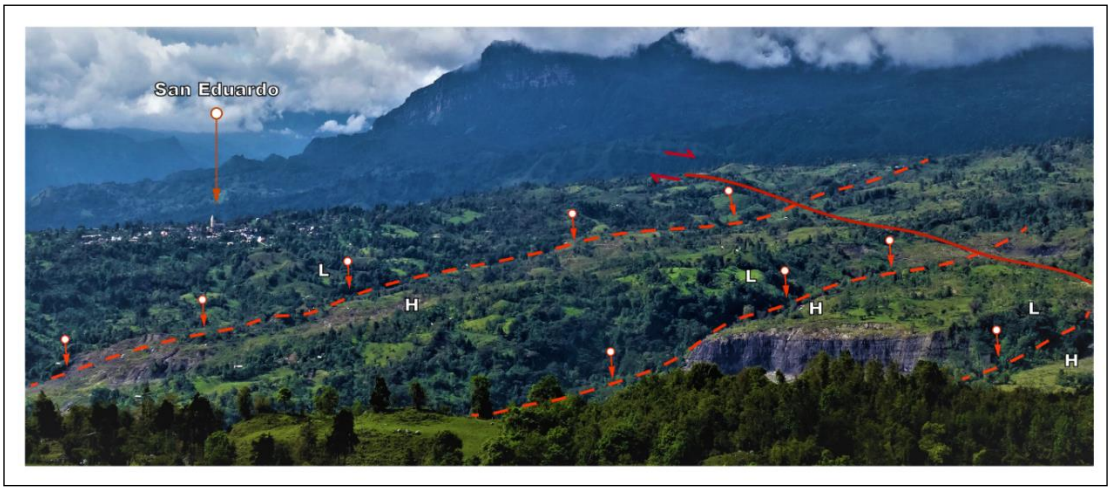
En noviembre se suscribió el contrato No. 1139, ente el SGC y la empresa “PREVENCIÓN Y LOGÍSTICA INGENIERÍA S.A.S, cuyo objeto es el de realizar “Exploración geotécnica directa e indirecta mediante perforaciones mecánicas por rotación en diámetro de muestreo HQ, apiques, líneas de refracción sísmica, pruebas *downhole*, ensayos de laboratorio y monitoreo geotécnico en el municipio de San Eduardo, departamento de Boyacá”:

En cuanto a la exploración del subsuelo y ensayos de laboratorio, se realizaron 133,4 metros de perforación y 5 apiques, de donde se han recuperado muestras para la caracterización de los materiales existentes “in situ”, además, se realizaron 10 líneas de refracción sísmica, 32 ensayos de Vs y se instalaron 77 m de tubería para instrumentación. Por otra parte, profesionales del SGC realizaron seguimiento a la exploración directa e indirecta, realizada en el marco del contrato.



Localización de perforaciones
Fuente: Autores

Se ha avanzado en el levantamiento de las capas temáticas de Cobertura y Usos del suelo, Unidades Geológicas Superficiales (UGS), Elementos Geomorfológicos (EGMF) y geología estructural.



Interpretación de lineamientos de planos normales NS que definen bloques escalonados al este y sistema de falla rumbo dextral sentido EW
Fuente: Autores

El día 22 de octubre se firmó el Convenio Interadministrativo N° 802 de 2019 (consecutivo MVCT), 027 de 2019 (consecutivos SGC), suscrito entre el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT), la Universidad Nacional de Colombia (UNAL) y el Servicio Geológico Colombiano (SGC), cuyo objeto es "Aunar esfuerzos técnicos, financieros y administrativos entre el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, el Servicio Geológico Colombiano y la Universidad Nacional de Colombia, con el fin de generar insumos para apoyar en la elaboración de los estudios técnicos para la incorporación de la gestión del riesgo en la planificación territorial de los municipios priorizados por el Ministerio". El MVCT priorizó los municipios de Puerto Tejada, Villa Rica, La Sierra, Rosas y Sotará en el departamento del Cauca, Candelaria, Jamundí y Yumbo en el departamento del Valle del Cauca, y Puerto Carreño en el departamento de Vichada, sobre los cuales se pretende elaborar estudios básicos de Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa, Inundación y Avenidas Torrenciales a escala 1:5.000, de acuerdo con las disposiciones del Decreto 1807 de 2014, por lo que se hizo necesario iniciar la recopilación y generación de insumos.

Durante la ejecución de convenio se logró un gran avance en la consecución de insumos para la elaboración de los estudios básicos de Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa e inundaciones a diferentes escalas, a través del desarrollo de actividades que consistieron principalmente en: recopilar y seleccionar la información secundaria disponible de cada uno de los municipios; definir de acuerdo con el análisis de esta información y el trabajo de campo, los polígonos de estudio sobre los cuales se identificó la posible materialización de la amenaza por movimientos en masas o inundaciones; elaborar la cartografía básica a escala 1:2000 y el modelo digital del terreno con resolución 1m, para las zonas urbanas, periurbanas y de expansión, así como, para los centros poblados que pudieran verse afectados por las amenazas identificadas; compilar la cartografía digital de las zonas rurales de los municipios priorizados a escala 1:25000 y por último, de forma paralela, la apropiación social del conocimiento.

Por otra parte, como continuación de los trabajos adelantados en el convenio No. 027/2019 se ha trabajado en la estructuración de un nuevo convenio para el año 2020, cuyo objeto sería "Aunar esfuerzos técnicos, financieros y administrativos entre el Servicio Geológico Colombiano y el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio con el fin de apoyar a los municipios priorizados por el SGC y MVCT en la incorporación de la gestión del riesgo en el proceso de revisión y/o implementación de sus planes de ordenamiento de territorial".

Proyecto ID 1001399 – Lineamientos para Incorporar las Geoamenazas en los Macro-Proyectos de Infraestructura.

Objetivo: Generar documento que contenga los lineamientos mínimos a tener en cuenta, en los ciclos de vida de los macro-proyectos de infraestructura, la identificación,

evaluación y mitigación de las amenazas geológicas presentes en el territorio o que se puedan generar o aumentar por la implantación del proyecto.

Se realizó la planificación del proyecto, la conformación del equipo de trabajo y se dio inicio a los trabajos, realizando una búsqueda de la normatividad vigente a nivel nacional que regule la definición de macro-proyectos de infraestructura a partir de la definición de criterios económicos, sociales y técnicos. De igual modo se avanzó en el análisis de la normatividad exigida por las diferentes entidades para los proyectos de infraestructura y se generó un primer documento enfocado a analizar las exigencias para los diferentes tipos de macro-proyectos.

Por otra parte se avanzó en la conceptualización del Sistema de Información Geotécnico (SIGEOT), se definió el modelo conceptual y relacional de la base de datos. Se completó el modelo relacional, el modelo físico. Finalmente se ha definido la información a incluir y tipos de usuarios.

Se identificaron los diferentes proyectos de ingeniería que se analizarán y de este tipo de proyectos se han revisado casos mundiales de fallas, se culminó con la revisión de casos de estudio y el desarrollo de los contenidos del capítulo de niveles de conocimiento de las geoamenazas en cada etapa del proyecto. Entre los casos de estudio se identificaron, a modo de ejemplo, siete eventos nacionales y cinco internacionales.

El 12 de diciembre se realizó un taller participativo para presentar el proyecto y poder desarrollar un proceso de construcción colectiva con diferentes actores, se contó con una asistencia de 120 personas de distintas entidades públicas y privadas, academia, ministerios, empresas de servicios públicos, entre otros.



Imagen del taller participativo
Fuente: autores

Proyecto ID 1000651 – Actualización del Mapa Nacional de Amenaza por Movimientos en Masa Escala 1:25.000

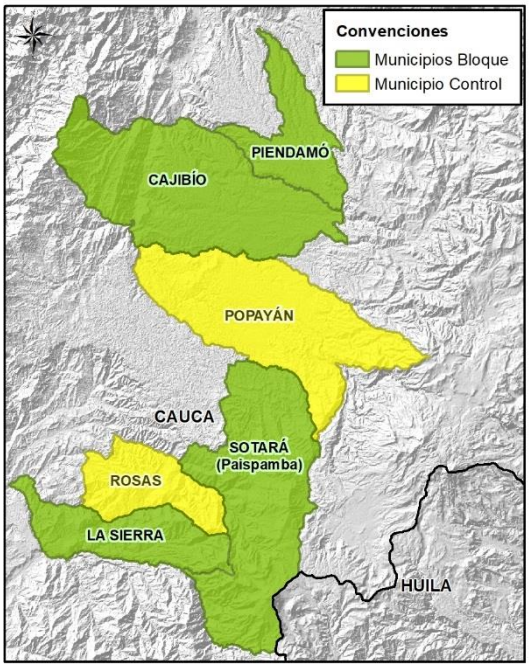
Objetivo: Actualizar el mapa nacional de amenaza por movimientos en masa en ventanas geográficas a escala 1:25.000, en las 1750 planchas donde predomina amenaza alta o muy alta en el mapa 100K, siguiendo el documento metodológico definido por el SGC.

Se definieron los criterios de priorización de municipios que conformarán el Mapa Nacional de Amenaza por Movimientos en Masa escala 1:25.000 (MN25K), y se generó el listado de municipios según categoría Alta, Media y Baja. Se definieron los primeros bloques departamentales a partir de la priorización, de manera paralela se generaron los Términos de Referencia para solicitar cotizaciones a las universidades para firmas de convenios especiales de cooperación para la elaboración del MN25K. Con base en los municipios priorizados y los primeros bloques definidos, se inició el trabajo de consulta con las Gobernaciones (secretaria de Planeación y Gestión del Riesgo) y Corporaciones Autónomas Regionales del área de influencia de los mismos, con el fin de conocer la existencia o no de los estudios básicos de amenaza por movimientos en masa de las zonas rurales, de tal manera que se hizo necesario re-conformar algunos bloques.

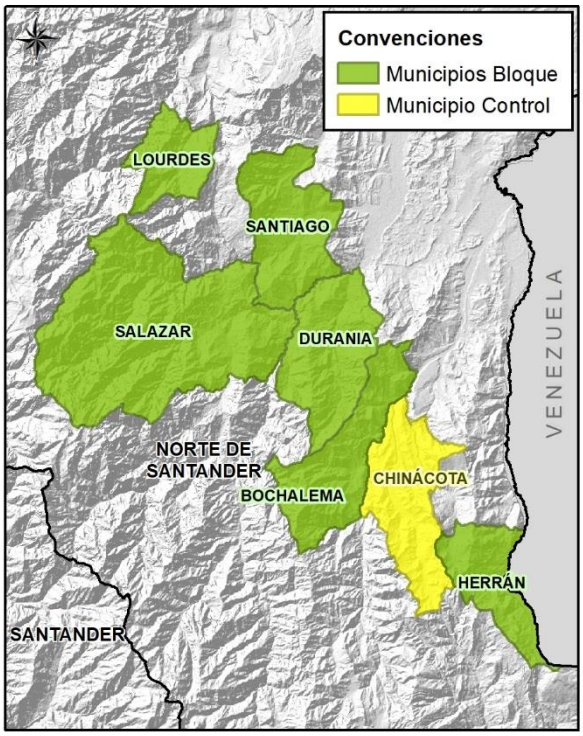
Esta re-definición de bloques se vio la necesidad de ajustar los Términos de Referencia con base en los cuales se solicitaron las propuestas a las universidades, las cuales tuvieron varias fases de revisión y aprobación de la versión final. Las universidades a las cuales se solicitaron propuestas técnico-económicas y fueron aprobadas fueron: Universidades de Cauca, Universidad Industrial de Santander (UIS), Universidad de Pamplona y Universidad Nacional Sede Bogotá.



Localización de los bloque
Fuente: autores



Bloque 1 a ejecutar por la Universidad del Cauca
Fuente: autores



Bloque 2 a ejecutar por la Universidad Industrial de Santander (UIS)
Fuente: autores



Bloque 3 a ejecutar por la Universidad de Pamplona
Fuente: autores



Bloque 4 a ejecutar por la Universidad Nacional sede Bogotá
Fuente: autores

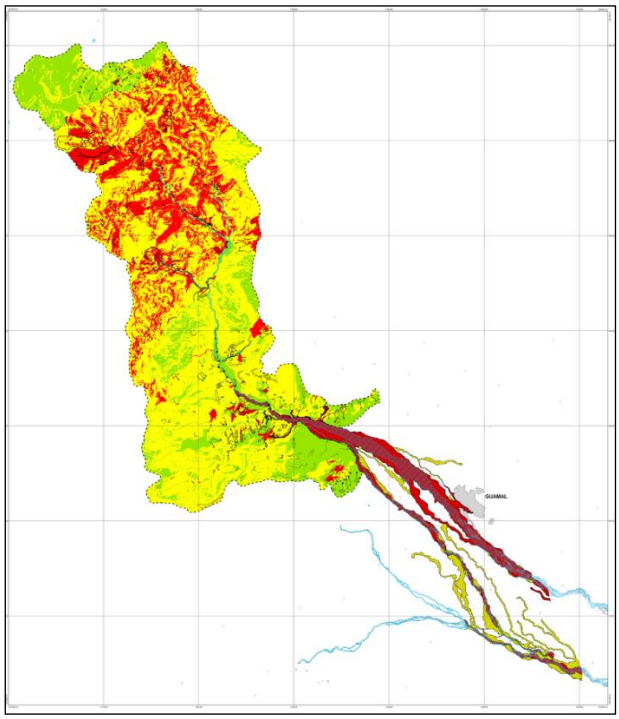
Se continuó con los trámites precontractuales y contractuales tendientes a generar los convenios especiales de cooperación para la ejecución de los estudios, en tal virtud en el mes de diciembre, se suscribieron cuatro convenios especiales de cooperación tabla 1. :

Tabla 21. convenios especiales de cooperación

N° BLOQUE	COOPERANTE	N° CONVENIO	FIRMA DEL ACTA DE INICIO
Bloque 1	Universidad de Cauca	035-2019	27 de diciembre de 2019
Bloque 2	Universidad Industrial de Santander	033-2019	16 de diciembre de 2019
Bloque 3	Universidad de Pamplona	034-2019	20 de diciembre de 2019
Bloque 4	Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá	037-2019	23 de diciembre de 2019

Fuente: autores

Se concluyeron los estudios de amenaza por movimientos en masa escala 1:25.000, en la cuenca alta del río Guamal departamento de Meta y en el municipio de San Eduardo (Boyacá). Se avanzó en los estudios de los municipios de Rosas (Cauca) y Chinácota (Norte de Santander) los cuales se habían definido como municipios control de los bloques 1 y 2, respectivamente.



Mapa de Amenaza a los movimientos en masa de la cuenca alta del río Guamal

Fuente: autores

Proyecto ID 1000875 – Apropiación Social, Asistencia Técnica - SIMMA.

Objetivo: Aplicar la metodología de comunicación con comunidades con el fin de motivar la comprensión, apropiación y aplicación del conocimiento geocientífico de movimientos en masa; atender solicitudes de diferentes entidades y actualizar de manera permanente el 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. Se realizaron visitas técnicas al sector de Pericongo en el municipio de Timaná (Huila), y en los municipio de Rosas (Cauca), en donde perdieron la vida varias personas por efectos de un movimiento en masa, Jericó (Antioquia), Pereira (Risaralda), Chiscas (Boyacá), Guamal (Meta) y Copacabana (Antioquia).

Igualmente se participó activamente en el Puesto de Mando Unificado (PMU) para el manejo de la emergencia generada por la inestabilidad que se presentó en el 58km de la vía Bogotá-Villavicencio, asistiendo a las reuniones en Bogotá, Guayabetal y Villavicencio, por otra parte en virtud del contrato suscrito entre el INVIAS y la Sociedad Colombiana de ingeniería (SCI), en relación con la zona inestable del Kilómetro 58 de la vía Bogotá-Villavicencio, el Ministerio de Transporte invitó al SGC a acompañarlo en el seguimiento de los productos derivados del mencionado contrato, en el cual se aplicará la metodología del SGC, para la evaluación de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo en la infraestructura vial.

Adicionalmente se elaboró un documento con toda la información elaborada por el SGC en la zona de influencia de la zona de inestabilidad, y se presentó el contexto geológico, geomorfológico y de amenazas geológicas a escala regional (1:100.000), del Km 58 de la vía Bogotá – Villavicencio, a su vez, con el fin de contar con escenarios regionales, el documento contiene el resultado de tres procesos de modelamiento hidrodinámico bajo las condiciones geológicas particulares observadas en la zona de influencia del Km 58 de la vía Bogotá – Villavicencio sobre el cauce del río Negro, mediante los cuales se simuló la ruptura de los diques originados en cada uno de los escenarios por procesos de inestabilidad de la ladera de la terraza de Mesa Grande, propuestos por el concesionario. Finalmente el documento incluye los conceptos derivados de dos visitas técnicas realizadas por profesionales del SGC al sitio de inestabilidad.

En el tema de apropiación social del conocimiento, se realizaron los trabajos de campo (talleres y entrevistas semi-estructuradas) en los proyectos San Eduardo (Boyacá), Guamal (Meta), Chinácota (Norte de Santander) y Rosas (Cauca). Se organizaron y realizaron las reuniones de entrega de los productos generados de los proyectos San Eduardo, Cajamarca (Tolima) y Guamal.



Taller de apropiación con el Concejo Municipal de Gestión de Riesgo de Cajamarca
Fuente: autores

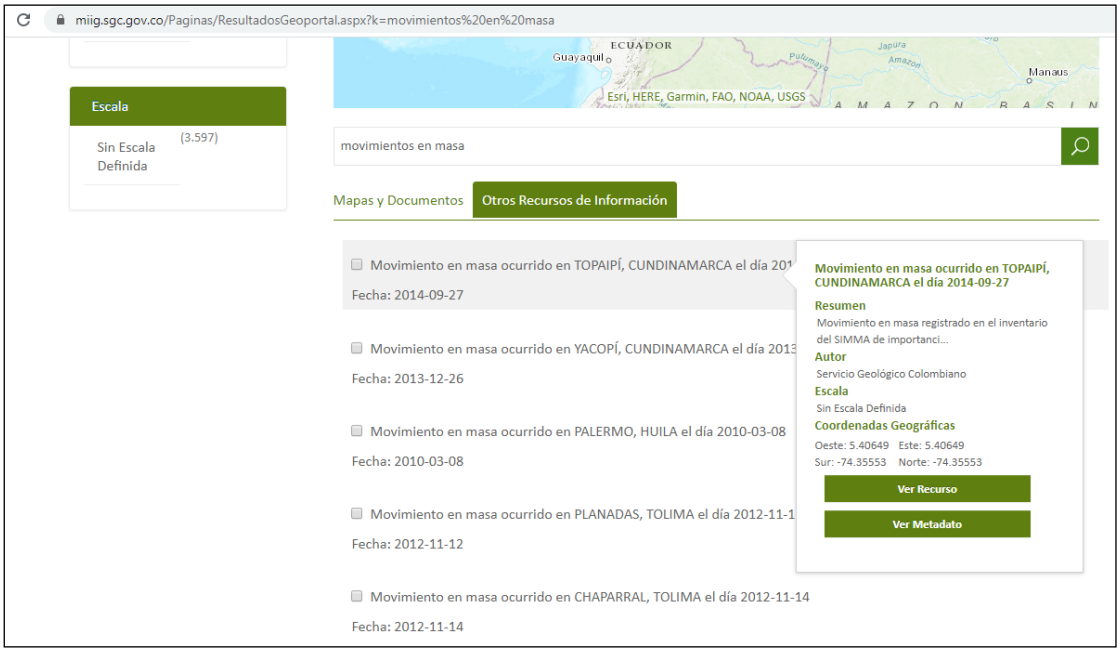


Entrega a los alcaldes de Castilla la Nueva y Guamal, los resultados del estudio de la dinámica fluvial del río Guamal
Fuente: autores

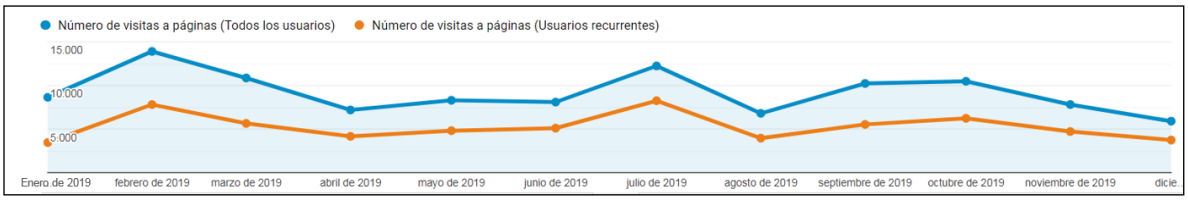
De igual manera en el marco del Convenio Interadministrativo N° 802 de 2019 (consecutivo MVCT), 027 de 2019 (consecutivos SGC), suscrito entre el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT), la Universidad Nacional de Colombia (UNAL) y el Servicio Geológico Colombiano (SGC), se desarrollaron los talleres de presentación de los estudios a adelantar y de recopilación de las percepciones sobre de los fenómenos amenazantes, (movimientos en masa, inundación, avenidas torrenciales) en los municipios de Villa Rica, Puerto Tejada, La Sierra, Rosas y Sotará, Cauca, Candelaria, Valle del Cauca y Puerto Carreño, Vichada.

Se asistió a la convocatoria realizada por la alcaldía municipal de Cáqueza, para la reunión de seguimiento al plan de intervenciones y la ejecución de actividades solicitadas por el juzgado, en relación a la sentencia sobre mitigación de la amenaza por movimientos en masa presente en el municipio.

En el año 2019, el SIMMA tuvo un incremento de registros de movimientos en masa de 931 reportes, siendo para inventario 279 y para catálogo 652 registros, esta información además de ser reportados por los usuarios del SGC principalmente de los proyectos ejecutados en los municipios de San Eduardo, Chinácota, Guamal, Chiscas, Guayabetal, Toledo, Útica, Villavicencio y Timaná; también se identificaron los usuarios externos de la DEGERD, CORPOCHIVOR, CORPOBOYACÁ y CORPONARIÑO, realizando reportes importantes para la nación. Se realizaron mejoras en el sistema relacionadas con: ampliación de la longitud campos CODIGO_TEMATICA en la BD del SIMMA, agregar capas para el cargue de polígonos de Catálogo, Visualización de capas por escala, adición de una "Marca de agua" con mensaje de productos externos en donde corresponda, implementación de una asociación cronológica de registros de inventario y catálogo, actualización del *ArcGis Server* para mayor almacenamiento y velocidad, además se mejora la calidad y rendimiento de los servicios de mapas siendo un 25% más eficiente, descarga de información en formato Excel con todas las variables y links a fotografías y videos, actualización Mapa GMF 100k, por último, la interacción del MIIG con el SIMMA. Finalmente se obtuvo de GoogleAnalytics las estadísticas del año 2019, en donde el número en promedio de interacciones de los usuarios con los módulos de consulta y registros de movimientos en masa son de la siguiente manera: usuarios nuevos 46.155 y usuarios recurrentes 62.716. Cabe mencionar que este sistema de información se ha consultado en diferentes países, a continuación, el top 10 de los que más realizan consultas: Estados Unidos, España, México, Argentina, Chile, Alemania, Países Bajos, Ecuador, Venezuela y Bulgaria.



Forma en que se visualiza en el MIIG el recurso SIMMA
Fuente: autores



Reporte mensual de visitas periodo enero a diciembre 2019
Fuente: GoogleAnalytics

Página	Número de visitas a páginas
Todos los usuarios	108.871 % del total: 100,00 % (108.871)
Usuarios nuevos	46.155 % del total: 42,39 % (108.871)

Usuarios del SIMMA para el 2019
Fuente: GoogleAnalytics

4.3 Evaluación y monitoreo de la actividad sísmica

Durante el 2019, el grupo de evaluación y monitoreo de la actividad sísmica del país tuvo entre otros los siguientes proyectos y operaciones:

Proyecto ID 1000757 – Investigaciones y monitoreo de Sismos y Movimiento Fuerte

Para llevar a cabo esta labor, se contó con un grupo de 32 contratistas y 7 funcionarios de planta, es decir, la Red Sismológica Nacional de Colombia – RSNC y la Red Nacional de Acelerógrafos de Colombia – RNAC operó con un 18% de personal de planta y 82% de personal de contrato.

Monitoreo de la actividad sísmica

A diciembre 31 de 2019, Las redes de monitoreo sísmico del Servicio Geológico Colombiano (Red Sismológica Nacional de Colombia y la Red Nacional de Acelerógrafos) cuenta con 196 estaciones de monitoreo permanentes a lo largo y ancho del territorio nacional, de estas, 125 son estaciones con sensor de aceleración (RNAC) y 71 con sensor de velocidad (RSNC), ver figuras 22 y 23.

Durante el año 2019, se realizó la instalación de seis (6) estaciones permanentes de monitoreo, de estas, tres (3) cuentan con sensor de velocidad (sismómetro) y tres (3) con sensor de aceleración (acelerómetro). Las estaciones con sensor de velocidad son: Quibdó - Chocó (18/03/2019), Colombia- Huila (09/02/2019) y Planadas – Tolima (22/09/2019). Las estaciones con sensor de aceleración son: Una (1) con transmisión vía radio Cruz Verde (13/09/2019). Dos (2) con transmisión satelital Quibdó – Chocó (18/03/19) y Planadas – Tolima (21/09/2019). Ver figuras 24 y 25.

Así mismo, se instalaron equipos que permitieron la transmisión en tiempo real de las estaciones acelerográficas de Colombia – Huila (09/02/2019) y Barrancabermeja – Santander (02/05/2019).

También es de resaltar, que la estación de monitoreo sismológico de Planadas, sirve como modo de transmisión de la estación sismológica denominada BELO, la cual llega vía radio y hace parte de la red de monitoreo del volcán Nevado del Huila.

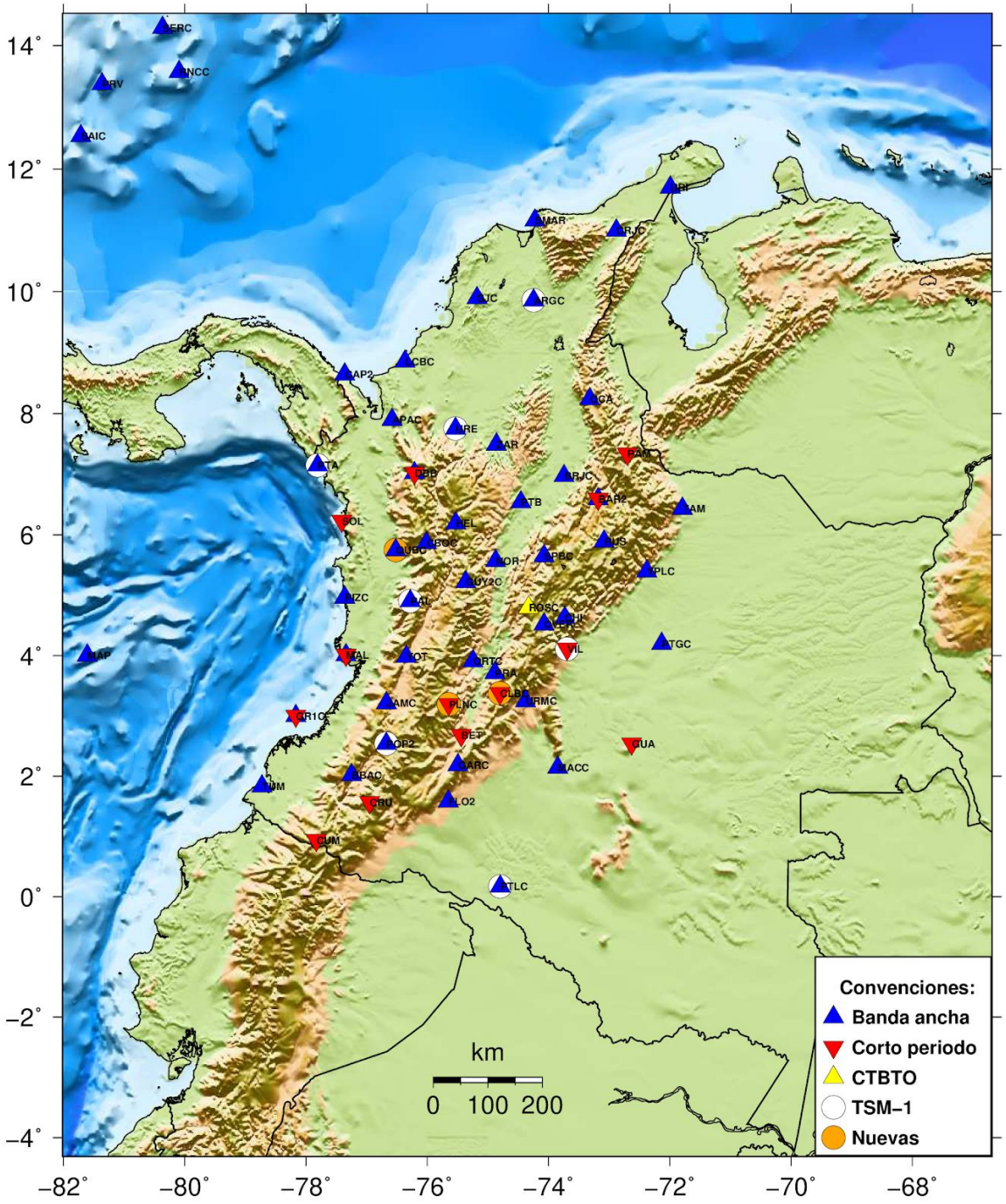
Se presentaron durante el año, algunos inconvenientes por vandalismo en las estaciones PGA1B, PGA3 y SNPBC donde hurtaron generalmente equipos del sistema eléctrico, tales como baterías, regulador y panel solar. En la estación de Guyana, se presentó a finales del año el hurto del cableado eléctrico de los paneles solares y pararrayos. La estación

de Bahía Málaga presenta fallas desde Agosto, debido a problemas en la acometida eléctrica comercial que va desde la base naval hasta la estación de monitoreo sismológico, se espera en el primer trimestre del año 2020 poner nuevamente operativa.

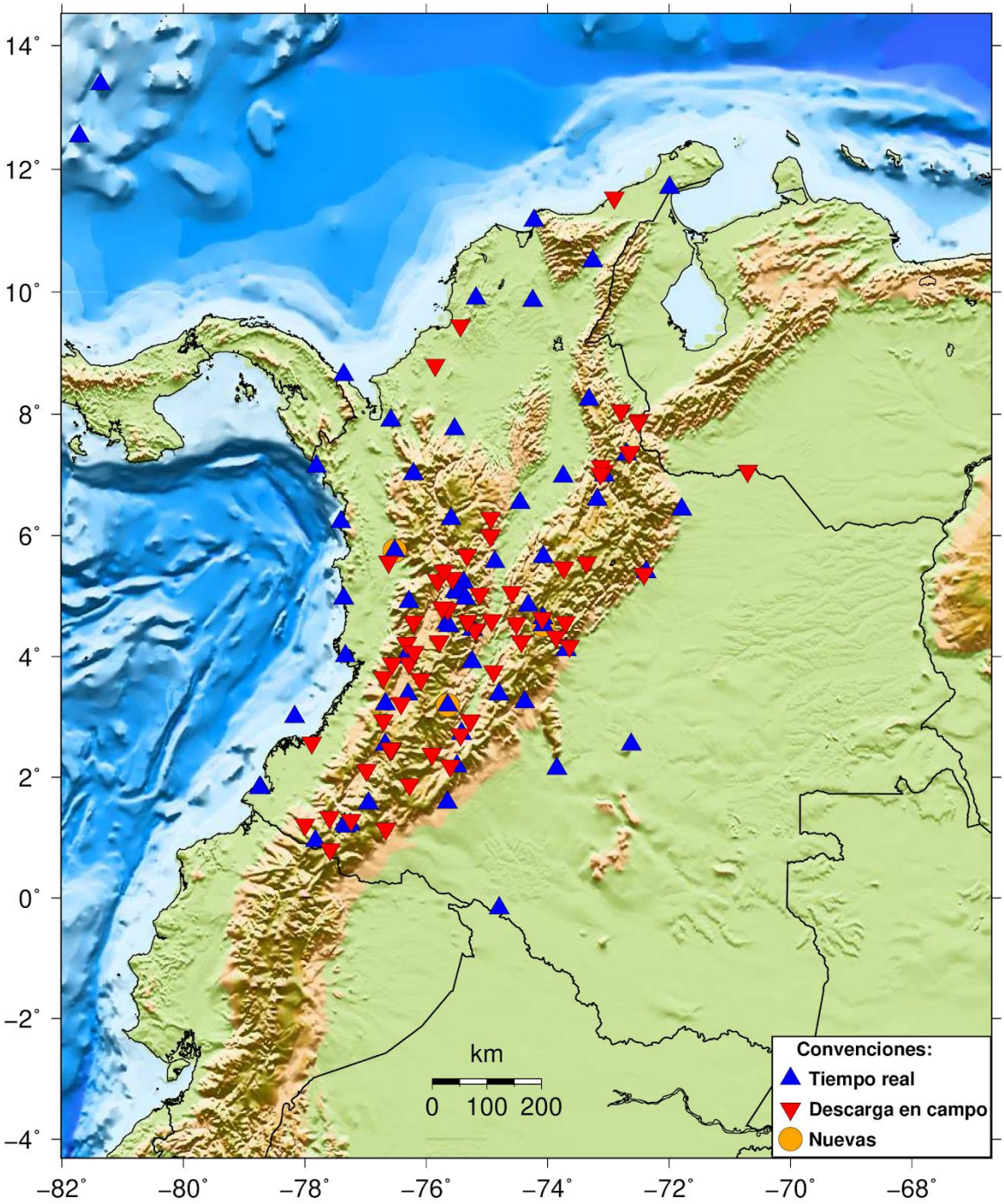
El promedio de funcionamiento de las estaciones de monitoreo sísmico en tiempo real durante el 2019 fue de 85%, las estaciones con desempeño iguales o superiores al 99% fueron: Barichara, Ciudad Bolívar, Cumbal, Dabeiba, Florencia, Macarena, Planadas, Popayán, Prado, Providencia, Punta Ardita, Quibdó, La Rusia, San Andres, Uribia, La Uribe, Yotoco, Betania, Bogotá (superficie), Bogotá (bore-hole), La Cruz, Manizales, Pamplona, Bahía Solano, y Yopal. Los histogramas de funcionamiento mensual están en las figuras 26 y 27.

Durante el año 2019, se realizaron más de 360 visitas de mantenimiento e instalación a la red de monitoreo sismológico, incluyendo estaciones permanentes y portátiles con sensores de velocidad y aceleración, de la red de monitoreo sísmico nacional y regional. La figura 28 muestra el número de visitas ejecutadas por mes.

Durante el 2019 la RSNC localizó más de 25.800 sismos (figura 29), la figura 30 muestra que, en el año 1993, la Red Sismológica registró alrededor de 3.000 sismos, en el año 2008 alrededor de 6.000 sismos, y en el año 2019 más de 25.800 sismos, donde este incremento se debe a la densificación y actualización instrumental realizada anualmente por el SGC, que permite el registro de sismos de menor magnitud. La figura 31 muestra cómo han mejorado los residuos (diferencias entre tiempos reales y teóricos en la localización de eventos) y la figura 32 muestra cómo han disminuido de manera notoria los errores de profundidad en las localizaciones.



Localización de las estaciones con sensor de velocidad de la RSNC a diciembre de 2019.



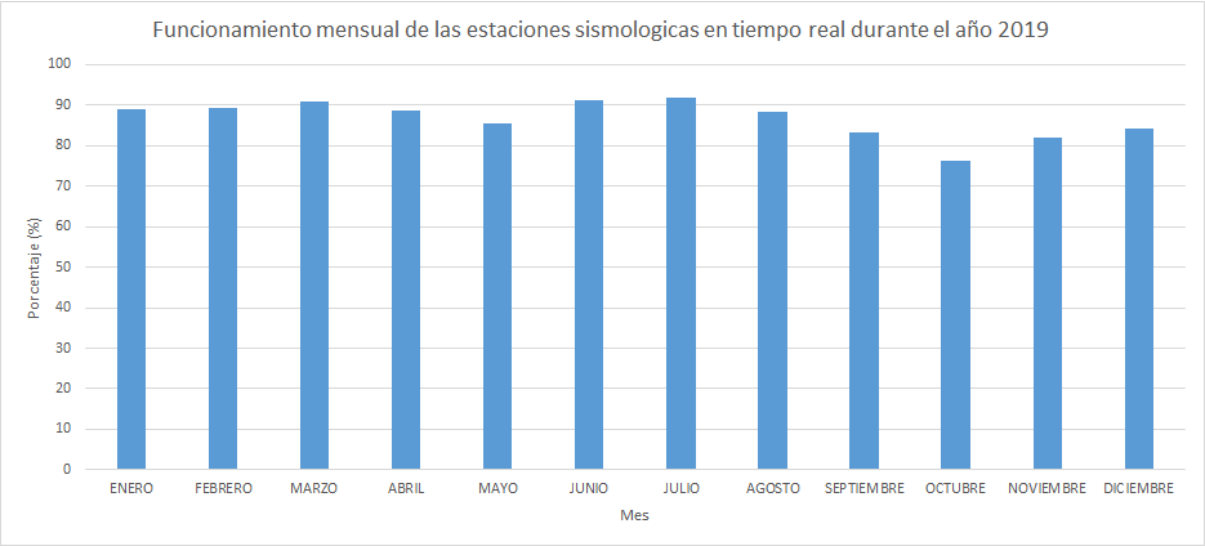
Localización de las estaciones con sensor de aceleración de la RNAC a diciembre de 2019.



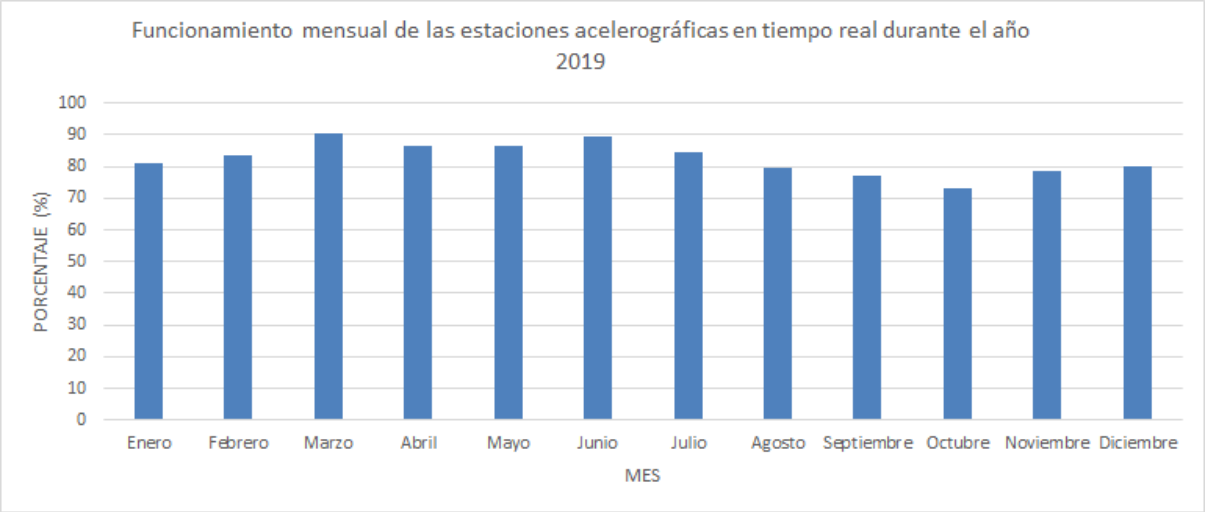
Estación sismológica de Quibdó



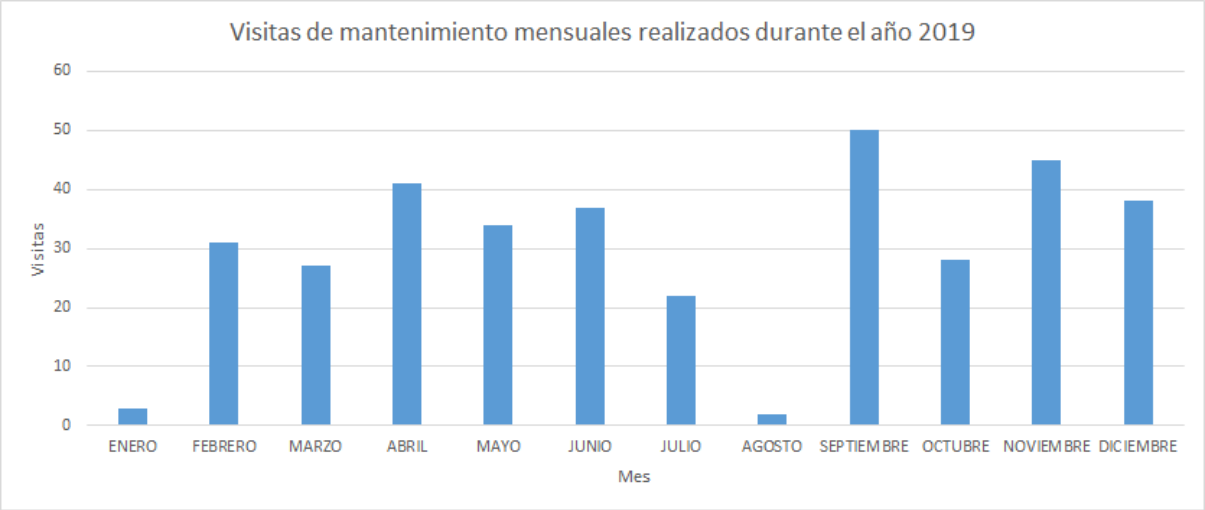
Estación sismológica y acelerográfica de: **Arriba -** Colombia, Huila. **Abajo Izquierda -** Cruz Verde, Cundinamarca. **Abajo Derecha -** Planadas, Tolima.



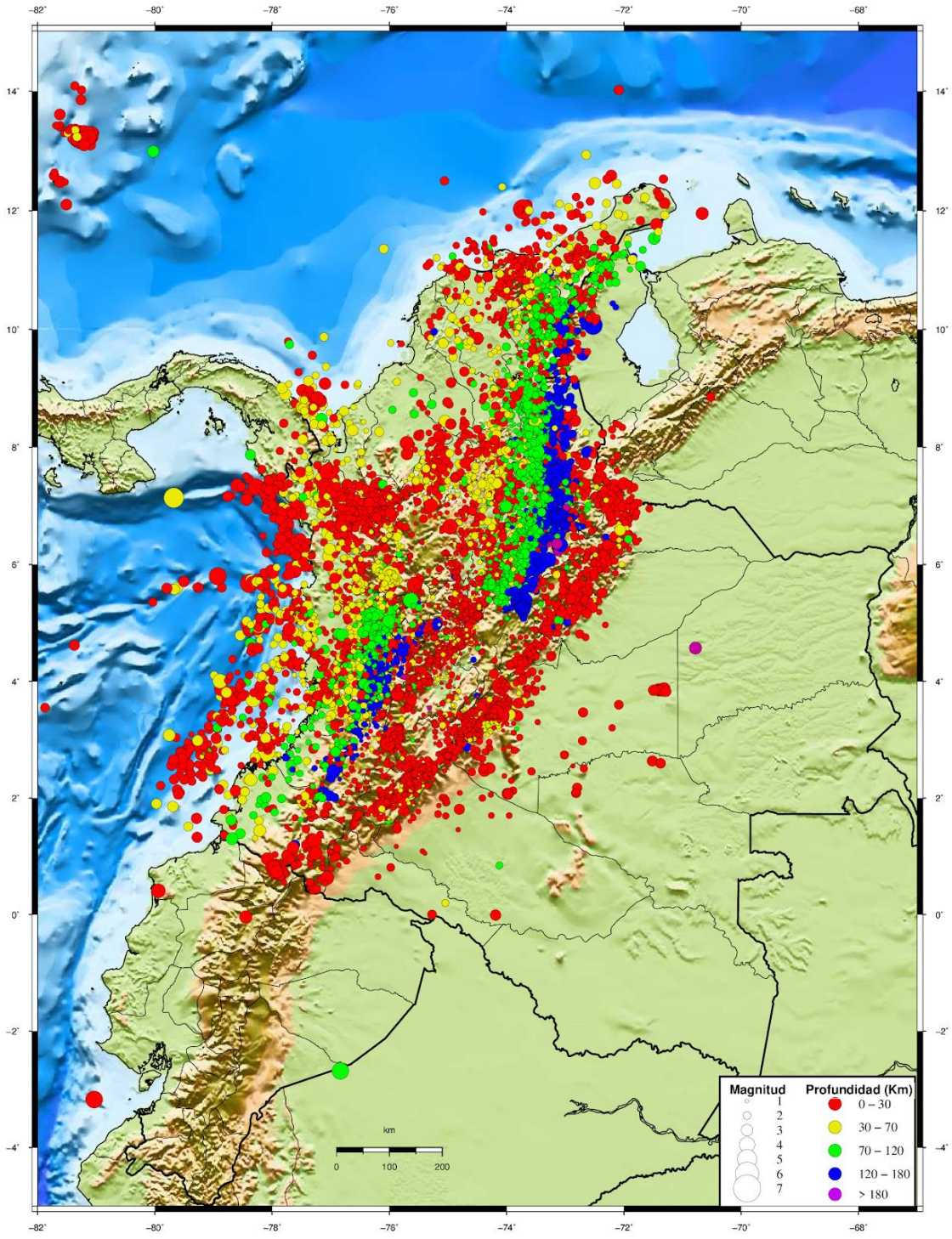
Porcentaje mensual de funcionamiento de las estaciones sismológicas, 2019.



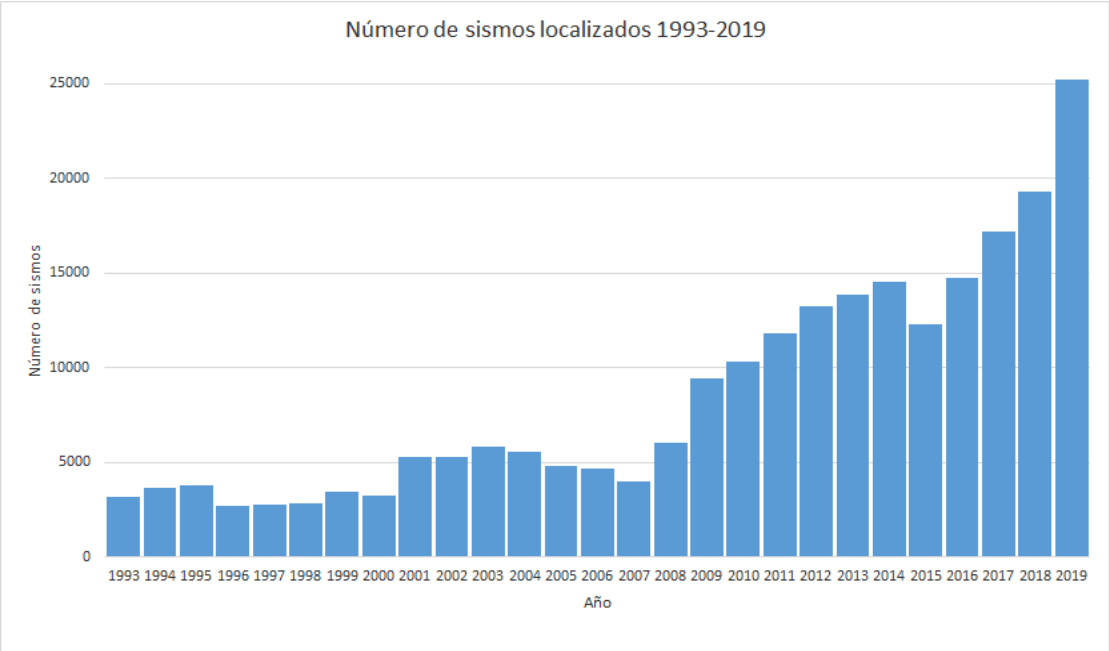
Porcentaje mensual de funcionamiento de las estaciones acelerográficas, 2019.



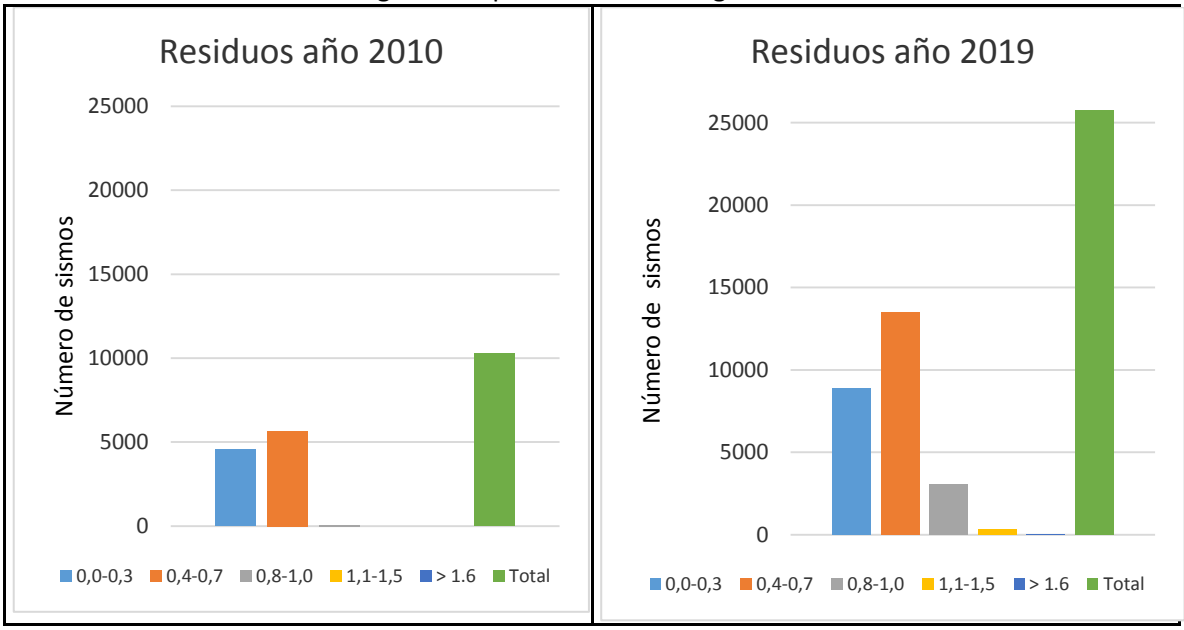
Número de visitas a las estaciones de monitoreo sismológico durante el año de 2019



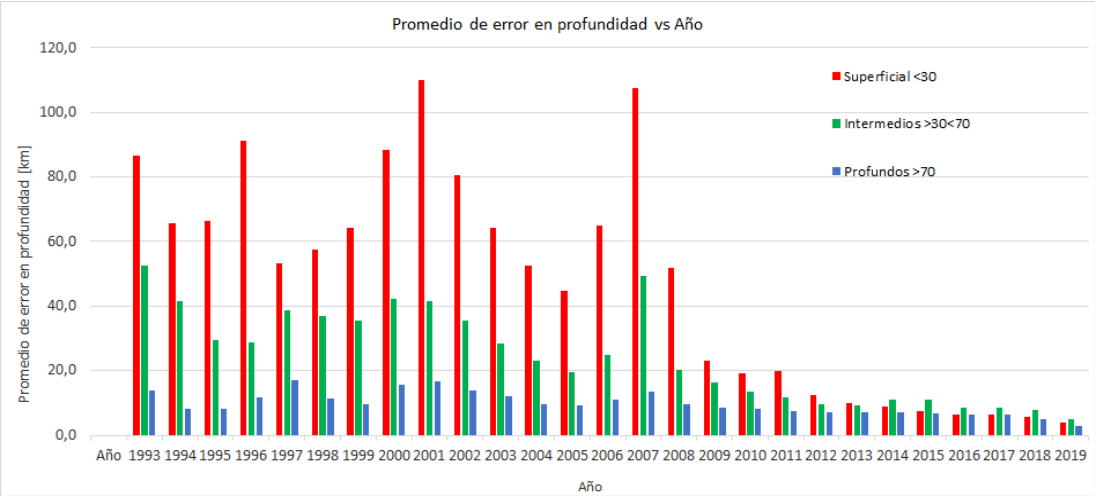
Localización de los eventos registrados por la Red Sismológica Nacional de Colombia durante el año 2019

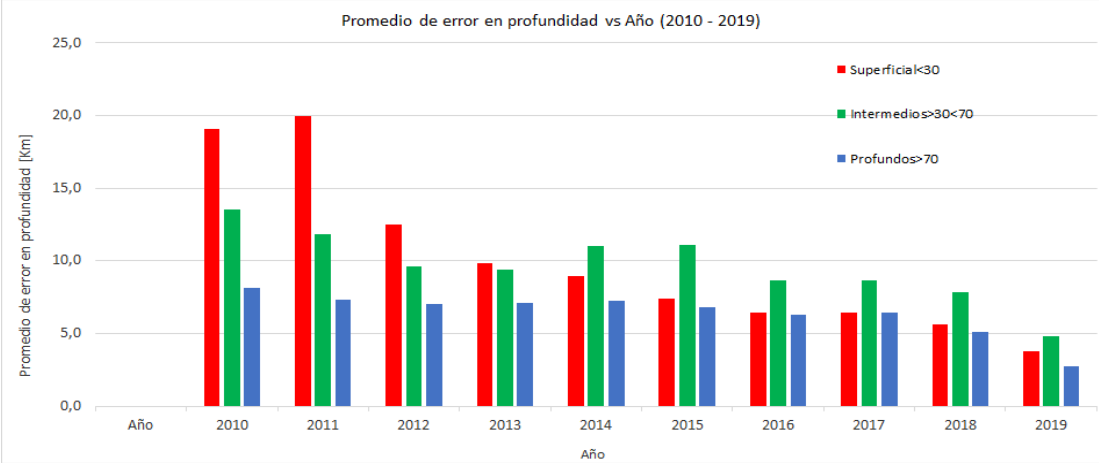


Número anual de sismos registrados por la Red Sismológica Nacional desde el año 1993



Residuos (diferencias de entre tiempos teóricos y tiempos medidos), en el proceso de localización de eventos sísmicos.
A la izquierda, valores para el año 2010; a la derecha, valores para 2019 año en el cual el 87% de los valores están por debajo de 0.7





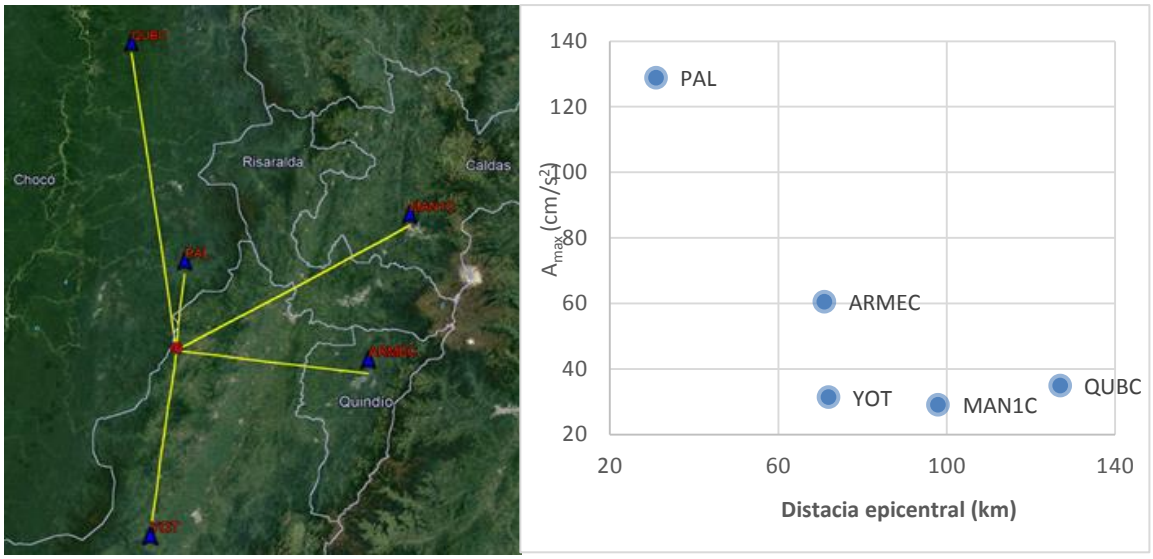
Errores en la localización de eventos sísmicos desde el año 1993. Se observa claramente una disminución notoria en los últimos años.

Con la red de estaciones acelerográficas, se procesaron en tiempo real los parámetros de aceleración para un total de 90 eventos a través del módulo scwfparam de SeisComP3, observando que el mayor valor de aceleración se registró por el evento ocurrido en Versalles - Valle del Cauca de magnitud 6.1, el 2019-03-23 a las 19:21:17 UT en la estación del Palmar (ver tabla 2 y figura 33).

Tabla 22. Valores máximos de aceleración de las estaciones cercanas al evento registrado el 23 de marzo de 2019.

Datos Evento			Estación de Registro				Aceleraciones en gales				
Fecha	Hora UTC	Magnitud	Estación	Código	R_{Epi} (km)	R_{Hipo} (km)	Este - Oeste (cm/s²)	Norte - Sur (cm/s²)	Vertical (cm/s²)	A_{max} (cm/s²)	Gravedad (%)
23/03/2019	19:21	6.1	Palmar	PAL	31	128	111.68	143.85	71.64	128.77	13.14
			Armenia	ARMEC	71	143	47.54	70.97	24.80	60.40	6.16
			Yotoco	YOT	72	143	27.75	34.62	13.32	31.37	3.20
			Manizales	MAN1C	98	158	24.63	32.80	15.45	29.00	2.95
			Quibdó	QUBC	127	177	36.46	33.27	8.47	34.90	3.56

La aceleración máxima (A_{max}) que se presenta en la tabla corresponde a la media geométrica de las componentes horizontales; se calcula la aceleración máxima en % de gravedad (donde g = 980m/s²) para facilitar la interpretación de los valores registrados.

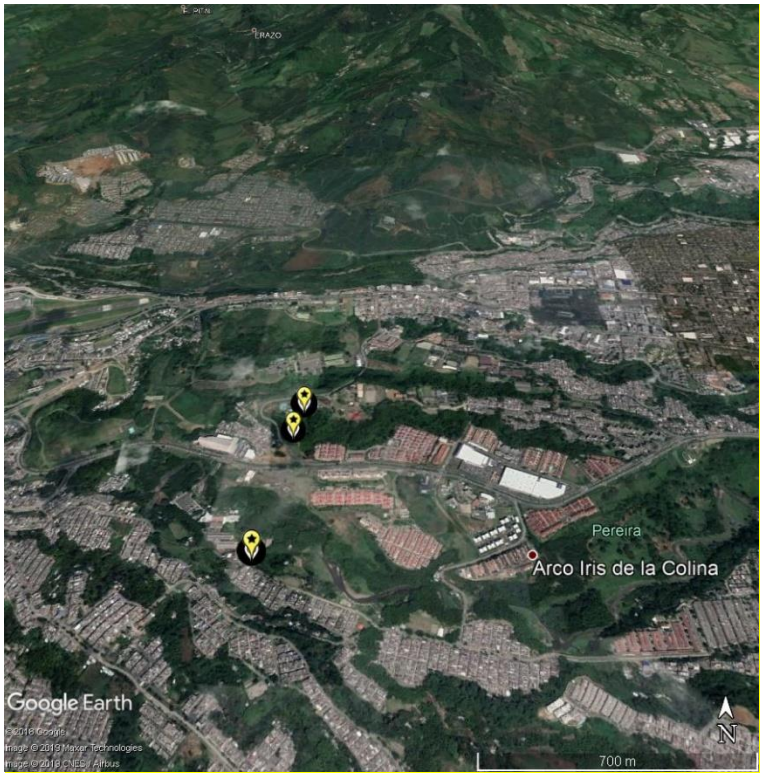


Izquierda: Mapa de distribución de estaciones más cercanas al evento registrado el 23 de marzo de 2019. Derecha:

Distribución de aceleraciones máximas para las estaciones cercanas al epicentro R_{Epi} < 150 km. La estación Palmar – PAL, es la más cercana al epicentro (~31 km), muestra los mayores valores de aceleración.

Red portátil de monitoreo sismológico con sensor de aceleración

En abril se realizó el retiro de la red portátil de monitoreo de Mocoa instalada en mayo de 2017 y en junio se instalaron tres (3) estaciones de acelerógrafos para apoyar los estudios de microzonificación en el municipio de Pereira (figura 34).



Localización de estaciones de acelerógrafos para estudios de microzonificación en Pereira

Búsquedas de sitio

Con el fin de mejorar los sitios de algunas estaciones por condiciones geológicas o antrópicas que puedan estar afectando el registro sísmico, así como para la ampliación de las redes sísmicas, durante el 2019 se realizaron las siguientes búsquedas de sitio:

Municipio - Departamento	Fecha Comisión
El Rosal – Cundinamarca (Reubicación)	Evaluación geológica de sitios cercanos
Puerto Gaitán – Meta (Reubicación)	
Bochalema - Norte de Santander (Estación Nueva)	

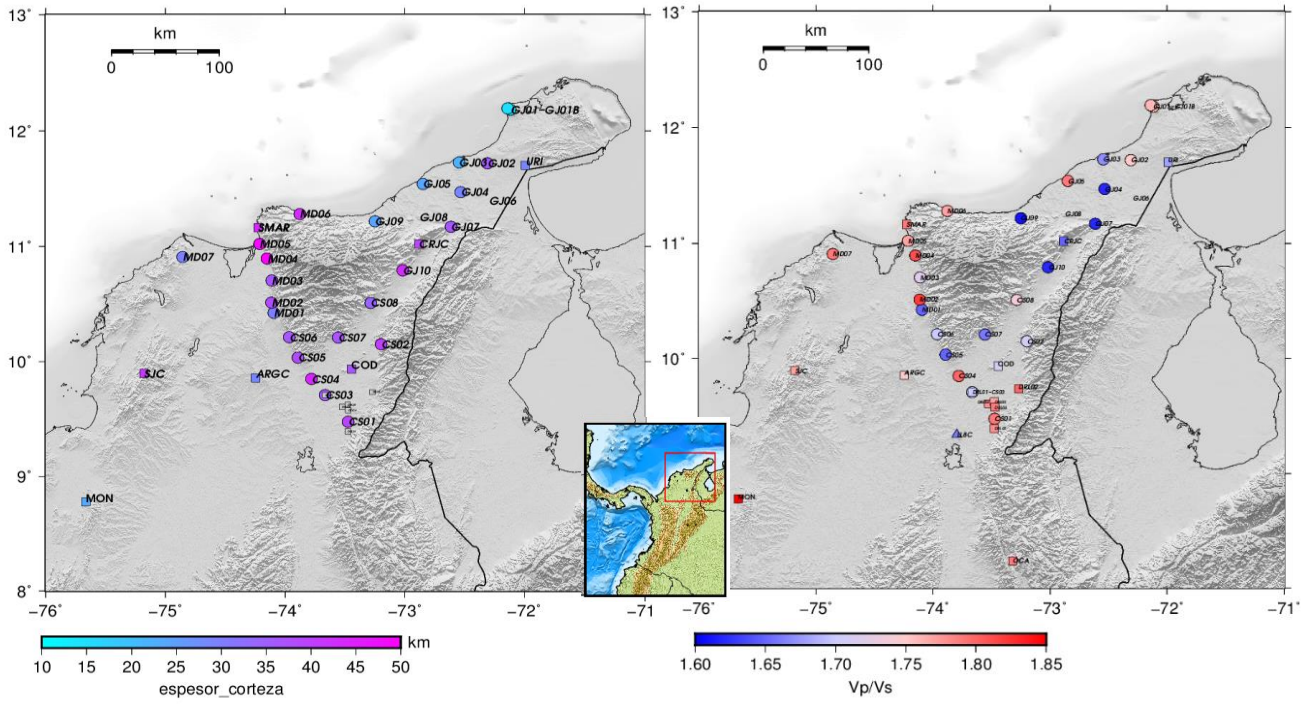
Investigaciones y monitoreo de sismos y movimiento Fuerte

Estructura cortical y modelo de velocidades para la región norte de Colombia.

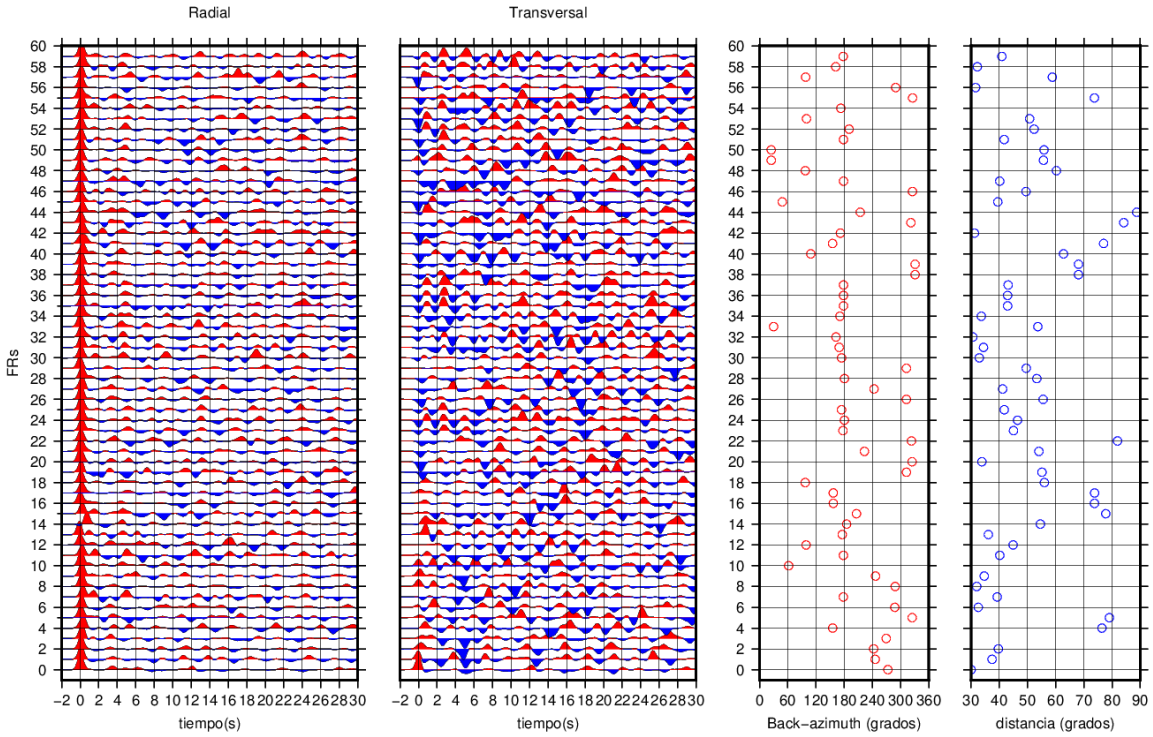
El proyecto CARMA (Caribbean-Merida Andes Array), es proyecto de investigación resultado de un esfuerzo conjunto de Rice University (Houston, Texas) y el Servicio Geológico Colombiano para el estudio de la estructura tectónica y zona de subducción de la placa del Caribe en la región colombo-venezolana. Con este fin se instalaron 25 estaciones sismológicas en el Caribe Colombiano entre abril de 2016 a abril de 2018.

Durante el año 2019 se localizó y revisó la sismicidad registrada desde abril de 2016 hasta marzo de 2017 y del 1 de enero al 31 de marzo de 2018.

Se calculó el espesor de corteza y la relación Vp/Vs con los datos registrados por las estaciones temporales del proyecto CARMA (Figura 35), usando datos sismológicos de telesismos con la técnica de la función receptora. A modo de ejemplo se muestra en la Figura 36 las funciones receptoras estimadas para la estación CS02, ubicada en Bosconia, Cesar.

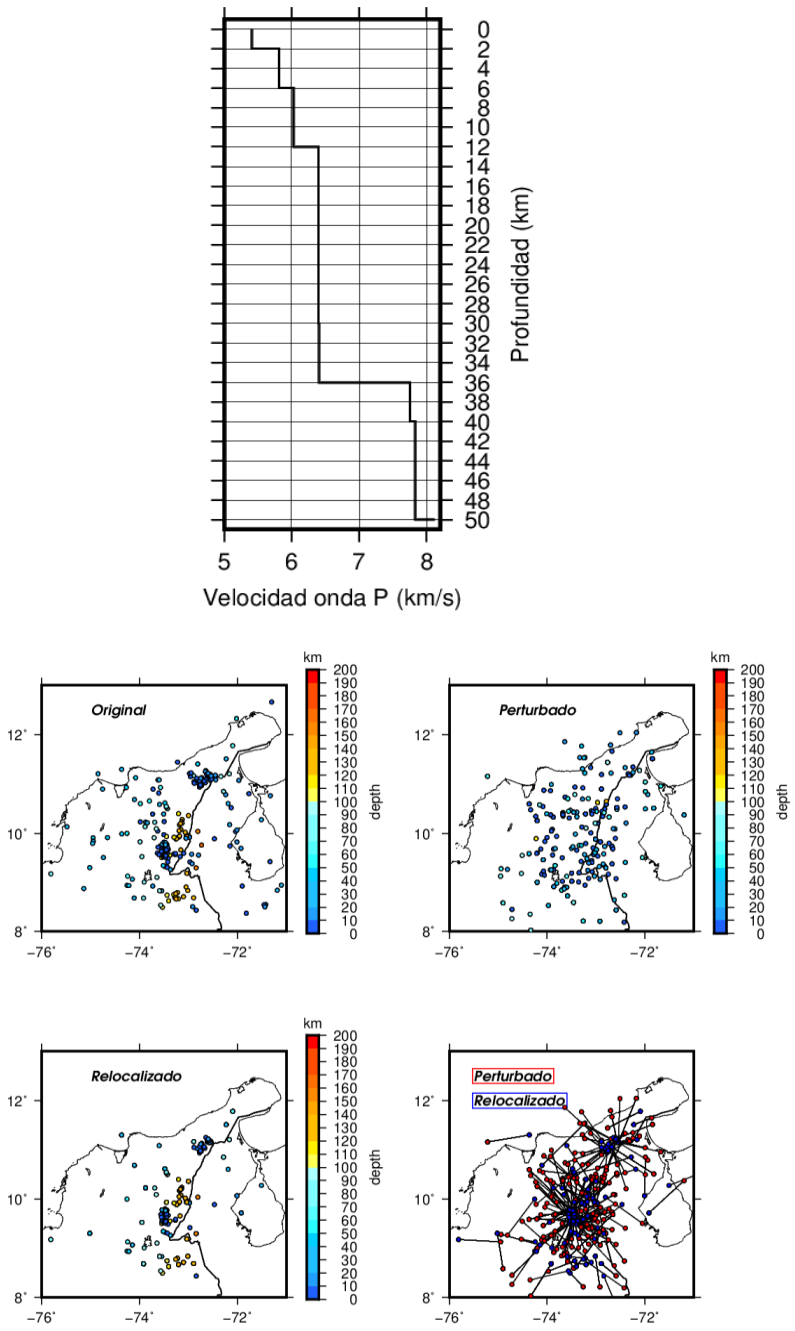


Valores de espesor de corteza y relación Vp/Vs para las estaciones del convenio CARMA



Funciones receptoras radiales y transversales de la estación CS02, con su respectivo back-azimuth y distancia epicentral

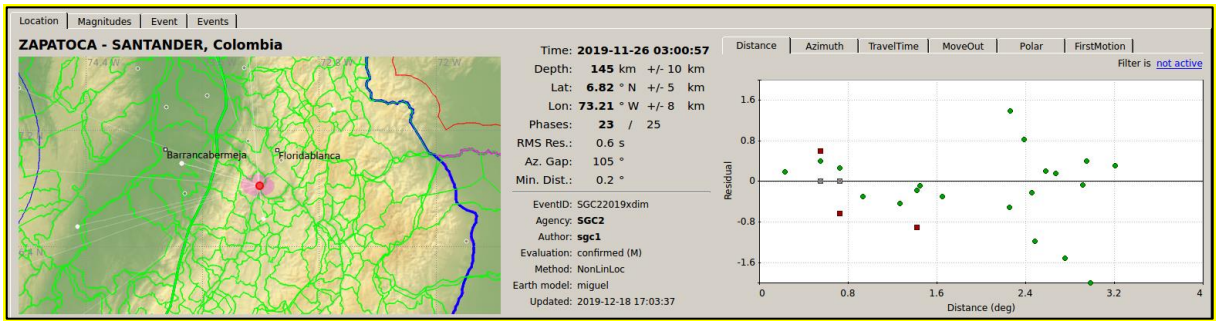
Adicionalmente se generó un modelo de velocidades con la sismicidad registrada entre 2017 y 2018 (figura 37) por las mismas estaciones, con el fin de mejorar las localizaciones en la región, como se presenta en la figura 38



Modelo de velocidades obtenido para región norte de Colombia (izquierda).
En la parte central se observa la sismicidad usada para el cálculo del modelo de velocidades (arriba) y la sismicidad relocalizada con el modelo obtenido (abajo). Las figuras de la derecha muestran una prueba de resolución del modelo de velocidades perturbando los hipocentros de manera aleatoria.

Implementación de modelo de velocidades 3D en la localización de sismos

Se implementó el modelo de velocidades 3D derivado del trabajo de Poveda et al. (2018) en el sistema de localización de sismos de la Red Sismológica Nacional para mejorar la localización de los sismos. Específicamente, se configuró el algoritmo de localización NonLinLoc en el sistema de adquisición y procesamiento de datos sismológicos SeisComP3.



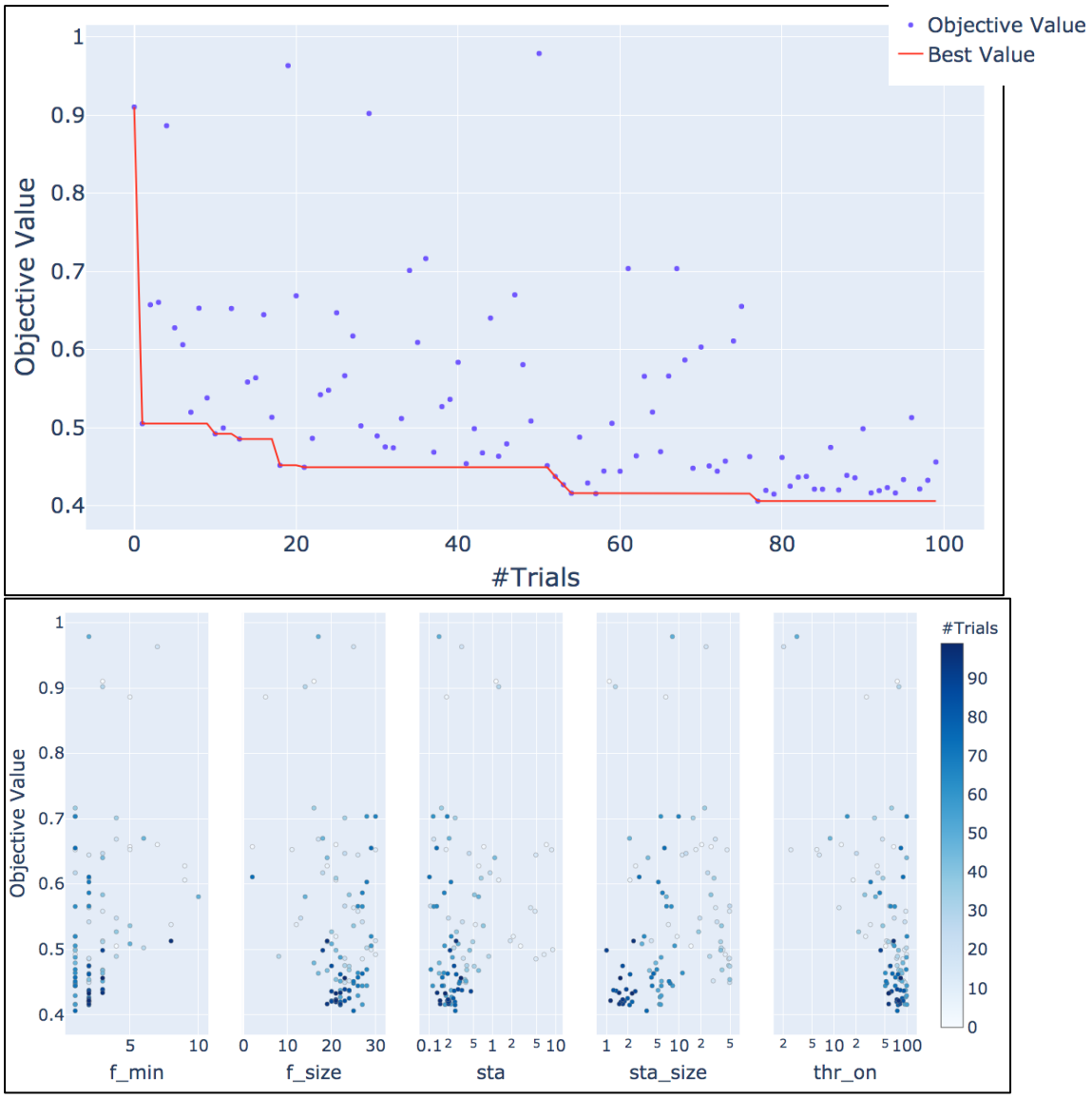
Localización de sismo en Zapatoca-Santander usando modelo de velocidades 3D con el algoritmo NonLinLoc.

Ajuste del Picado Automático en el Software SeisComP3

Con el fin de obtener los mejores resultados en las localizaciones de sismos automáticas que realiza el software de adquisición y procesamiento SeisComP3 es necesario ajustar los parámetros de picado y localización.

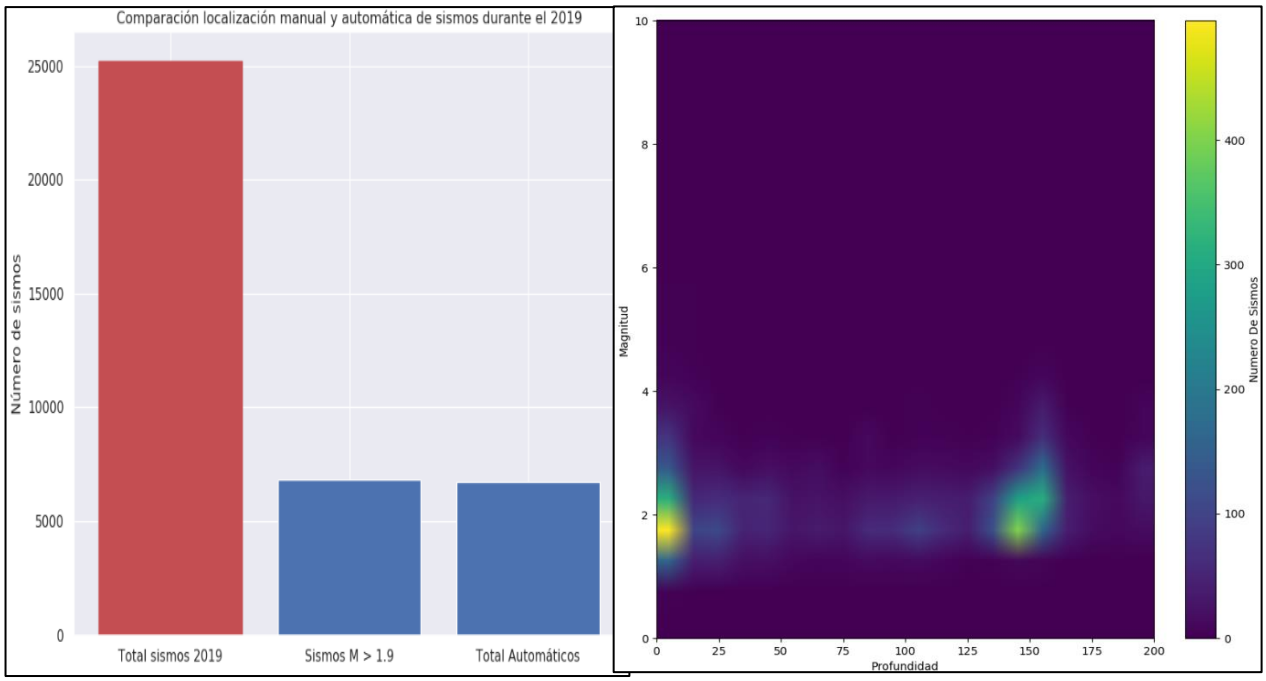
Para esto, se desarrolló una metodología y un programa que permite la automatización del ajuste de los parámetros del algoritmo de detección automática de sismos (STA/LTA) usando un enfoque de estadística bayesiana. En este método se prueban distintas combinaciones de los parámetros en función de disminuir el valor de una función objetivo relacionada con el error en el desempeño del STA/LTA.

Cómo caso de estudio a través de este programa se ajustaron los filtros para el picado automático en SeisComP3 de las 8 estaciones sismológicas más cercanas al Nido de Bucaramanga. En la figura 39 se observa el historial de la optimización de la fase P para la estación PAM (Pamplona) y como se relacionaron los distintos parámetros con el valor de la función objetivo, respectivamente.



Búsqueda automática de los parámetros óptimos para ajuste de picker automático. Caso particular estación PAM.

Durante el 2019 el sistema de adquisición y procesamiento SeisComP3 presentó estabilidad en su funcionamiento. En total se procesaron de forma manual más de 25.800 eventos locales (asociados al territorio colombiano), de los cuales 6806 son de magnitud mayor a 1.9. Si se establece una comparación entre el número de eventos localizados de forma automática (6725) y los sismos de magnitud mayor igual a 1.9 registrados en el catálogo (6806), se observa que hay un óptimo funcionamiento del sistema de localización automática con errores tolerables, tal como se observa en la figura 40.



Izquierda: Comparación entre la localización automática de sismos y los sismos registrados manualmente en el catálogo de magnitud mayor igual a 1.9. La localización automática logra una detección de hasta el 97% comparada con la sismicidad total registrada de magnitud mayor a 1.9. **Derecha:** Distribución de sismos locales de 2019 con localización automática por magnitud y profundidad. Se evidencia una mayor distribución de sismicidad a una profundidad de 140 km aproximadamente, que representaría la sismicidad del Nido de Bucaramanga.

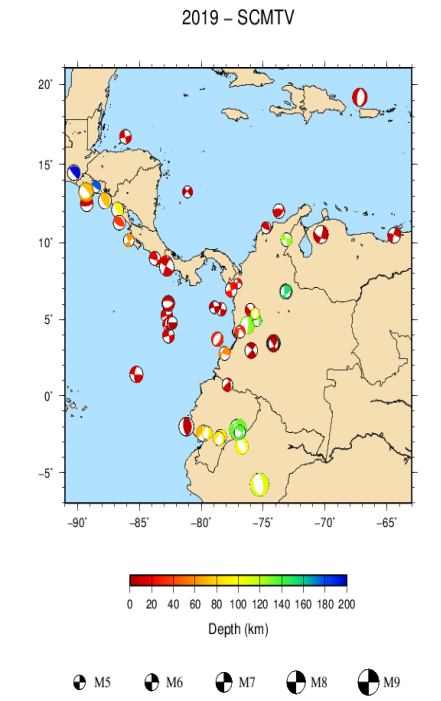
Cálculo Parámetros de fuente, tensor momento sísmico y mecanismos focales

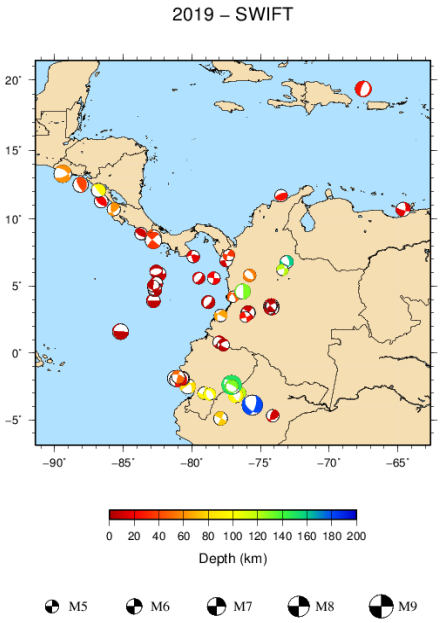
1. Mantenimiento de los módulos scmtv y scautomt de seiscomp3 para el cálculo manual y automático del tensor de momento sísmico. Las soluciones automáticas generadas por scautomt para el año 2019 son revisadas manualmente y son presentadas en la figura 41.

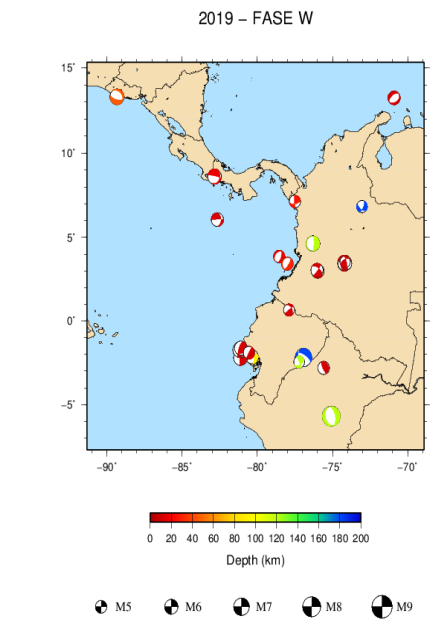
2. Mantenimiento del software Fase W (Kanamori & Rivera, 2008) para el cálculo automático y manual del tensor de momento a partir de la inversión de formas de onda, se encuentra funcionando apropiadamente, en la Figura 41 se observan las soluciones obtenidas revisadas, para un total de 30 sismos con magnitud de momento (Mw) mayores a 5.

3. Mantenimiento y actualización del sistema SWIFT: El sistema para cálculo automático y manual de mecanismos focales y el tensor de momento a partir de la inversión de formas de onda, se encuentra funcionando apropiadamente. Se revisan las soluciones generadas por SWIFT para el año 2019 para un total de 62 eventos. En la Figura 41 se pueden observar las soluciones.

4. Cálculo manual de los tensores de momento sísmico de sismos ocurridos en el territorio colombiano mediante la inversión de formas de onda registradas por las estaciones sismológicas de banda ancha del Servicio Geológico Colombiano. Se usó el software libre de inversión ISOLA desarrollado por Zahradnik, J. y Sokos E. Se ajustaron las localizaciones de los centroides, se calcularon las componentes del tensor momento sísmico y el momento escalar y se obtuvieron los planos de falla del mecanismo focal.







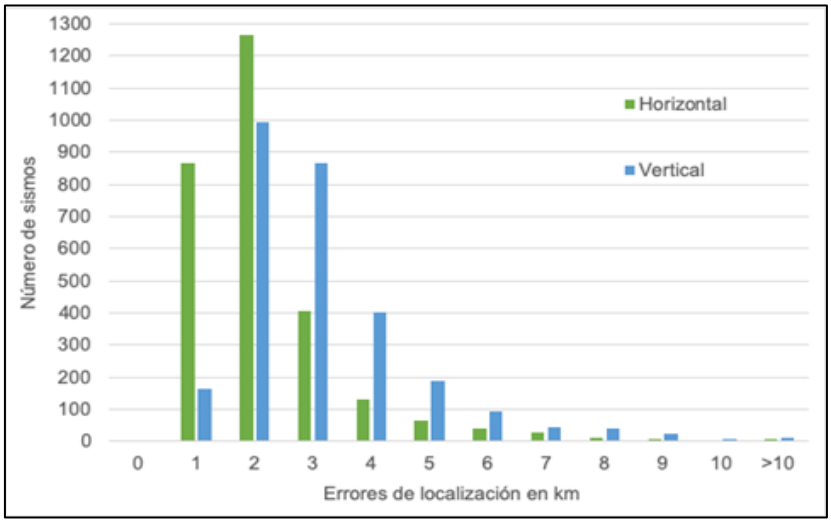
Soluciones revisadas de Tensor momento sísmico para SCMTV (superior izquierda), SWIFT (derecha) y Fase W (inferior izquierda)

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

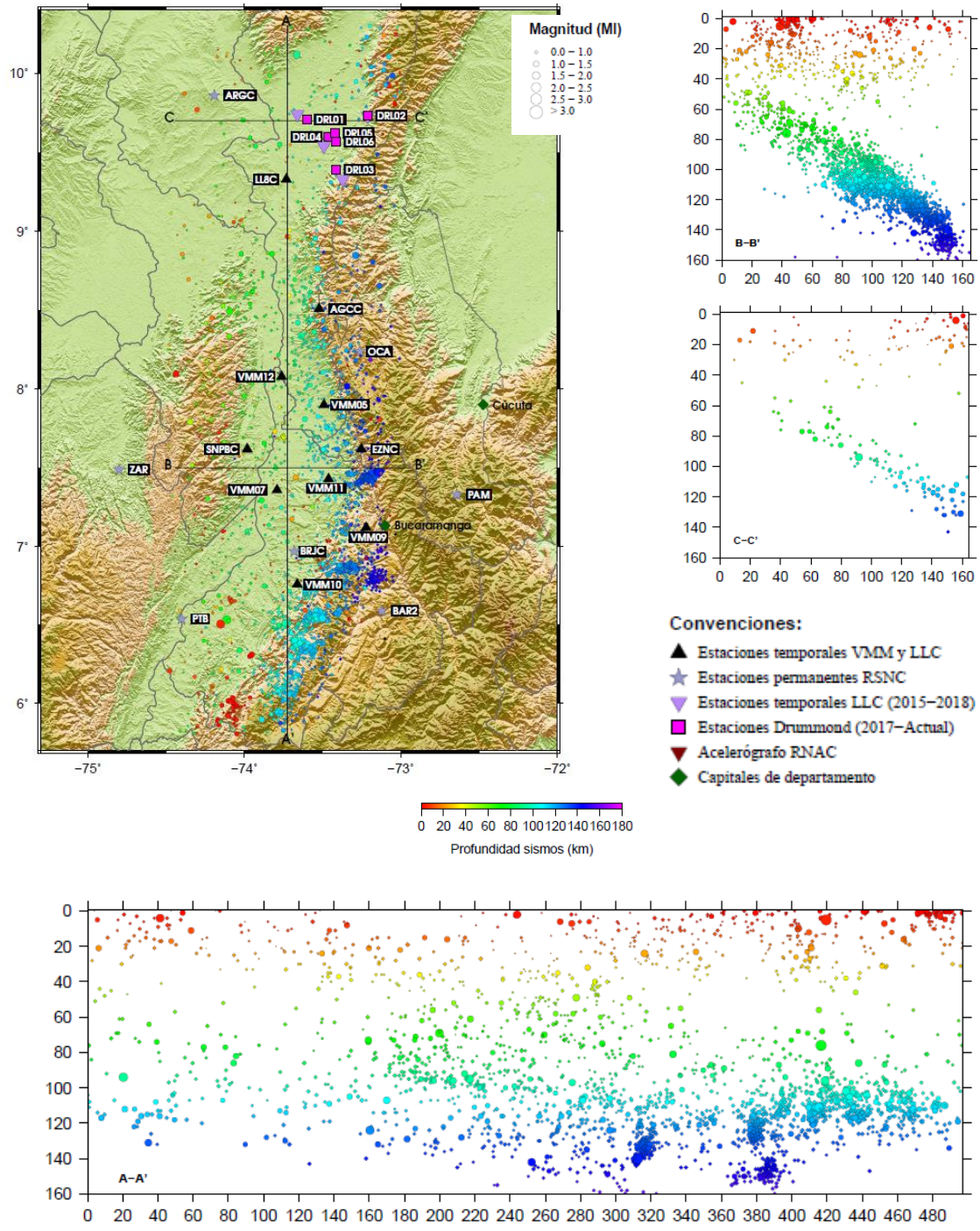
Desde febrero de 2014 se ha llevado a cabo ininterrumpidamente el registro y procesamiento de los datos de las estaciones sismológicas de las redes regionales del Valle Medio del Magdalena y La Loma, Cesar, las cuales fueron instaladas con el fin de estudiar el comportamiento sismológico natural en áreas prospectivas para hidrocarburos en yacimientos no convencionales (HYNC). Durante el año 2019 se realizó el procesamiento de los datos de julio de 2018 a marzo de 2019 con un total de 2839 eventos localizados (ver figura 43). En total, el catálogo contiene 15164 sismos localizados, estos eventos presentan magnitudes entre 0.1 y 5.4 (Ml), y 337 mecanismos focales calculados mediante polaridades de onda P.

La figura 42 corresponde al histograma de errores de localización en la horizontal y vertical para los eventos registrados en el VMM y La Loma, Cesar, entre julio de 2018 y marzo de 2019. En este histograma se observa que la mayoría de los eventos tiene errores inferiores a los 6-7 km, siendo el menor error el correspondiente a la horizontal, con un rango predominante entre 1 y 3 km. Para los errores en la vertical el rango predominante se encuentra entre 2 y 4 km.

En el mes de mayo, fue necesario realizar el cambio de los equipos en las estaciones VMM10 (El Carmen) y SNPBC (San Pablo), ya que durante la visita de marzo se evidenciaron problemas con los mismos.



Errores de localización en kilómetros de los sismos localizados en las áreas del Valle Medio del Magdalena y La Loma (Cesar) durante el año 2019.



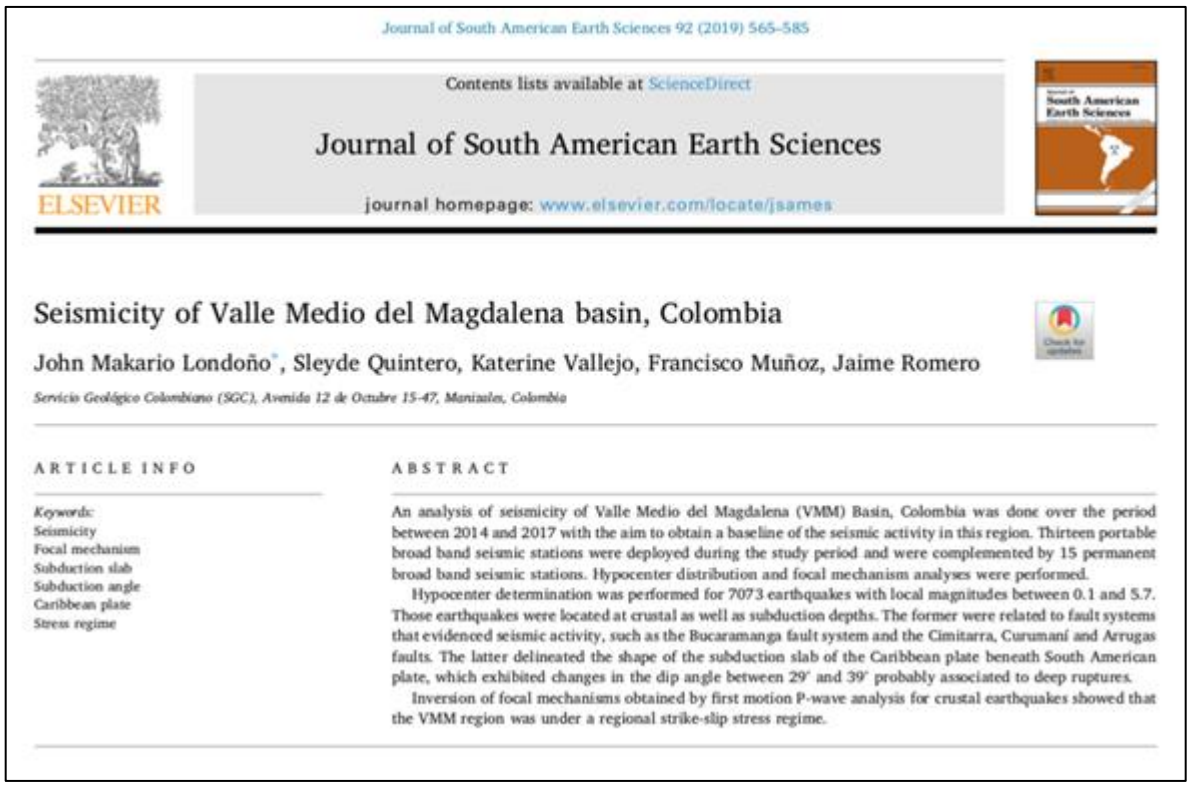
Localización hipocentral de los sismos registrados en el VMM y La Loma, Cesar, entre julio de 2018 y marzo de 2019. La línea AA' en el mapa representa el perfil NS y las líneas BB' y CC' representan los perfiles EW.

En el mes de diciembre, se llevó a cabo la búsqueda, selección de sitio e instalación de la estación sismológica VMM13 en el municipio de San Pablo, sur de Bolívar (figura 44), en reemplazo de la estación SNPBC instalada en 2014, ya que algunos de los equipos de esta estación fueron hurtados en meses anteriores.



Imágenes de la instalación de la estación sismológica VMM13.

En abril fue publicado el artículo *"Seismicity of Valle Medio del Magdalena basin, Colombia" Journal of South American Earth Sciences*.



Journal of South American Earth Sciences 92 (2019) 565–585

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of South American Earth Sciences

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jsames

Seismicity of Valle Medio del Magdalena basin, Colombia

John Makario Londoño*, Sleyde Quintero, Katerine Vallejo, Francisco Muñoz, Jaime Romero

Servicio Geológico Colombiano (SGC), Avenida 12 de Octubre 15-47, Manizales, Colombia

ARTICLE INFO

Keywords:
Seismicity
Focal mechanism
Subduction slab
Subduction angle
Caribbean plate
Stress regime

ABSTRACT

An analysis of seismicity of Valle Medio del Magdalena (VMM) Basin, Colombia was done over the period between 2014 and 2017 with the aim to obtain a baseline of the seismic activity in this region. Thirteen portable broad band seismic stations were deployed during the study period and were complemented by 15 permanent broad band seismic stations. Hypocenter distribution and focal mechanism analyses were performed.

Hypocenter determination was performed for 7073 earthquakes with local magnitudes between 0.1 and 5.7. Those earthquakes were located at crustal as well as subduction depths. The former were related to fault systems that evidenced seismic activity, such as the Bucaramanga fault system and the Cimitarra, Curumaní and Arrugas faults. The latter delineated the shape of the subduction slab of the Caribbean plate beneath South American plate, which exhibited changes in the dip angle between 29° and 39° probably associated to deep ruptures.

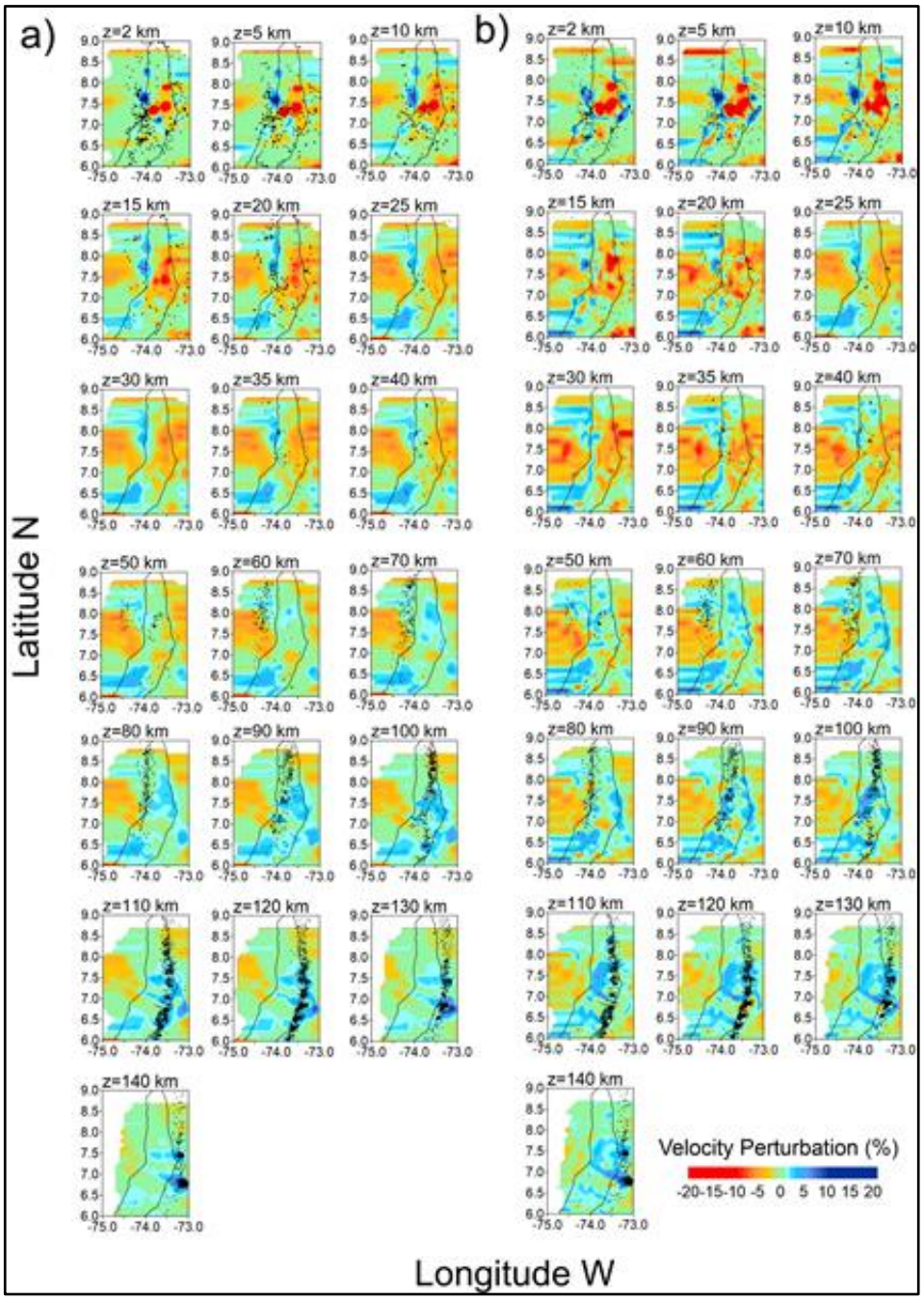
Inversion of focal mechanisms obtained by first motion P-wave analysis for crustal earthquakes showed that the VMM region was under a regional strike-slip stress regime.

En el mes de agosto de 2019 se sometió al *Journal of South American Earth Sciences* el artículo "*Detailed seismic velocity structure of the Caribbean Plate in the NE of Colombia, Valle del Magdalena region*". En este estudio se llevó a cabo una tomografia de velocidades 3D para ondas P y S (Vp y Vs, respectivamente) en el Valle Medio del Magdalena con el objetivo de obtener una imagen del segmento de subducción bajo este sector de Colombia que pudiera aportar al entendimiento de la interacción entre las placas Suramérica, Nazca y Caribe en el área.

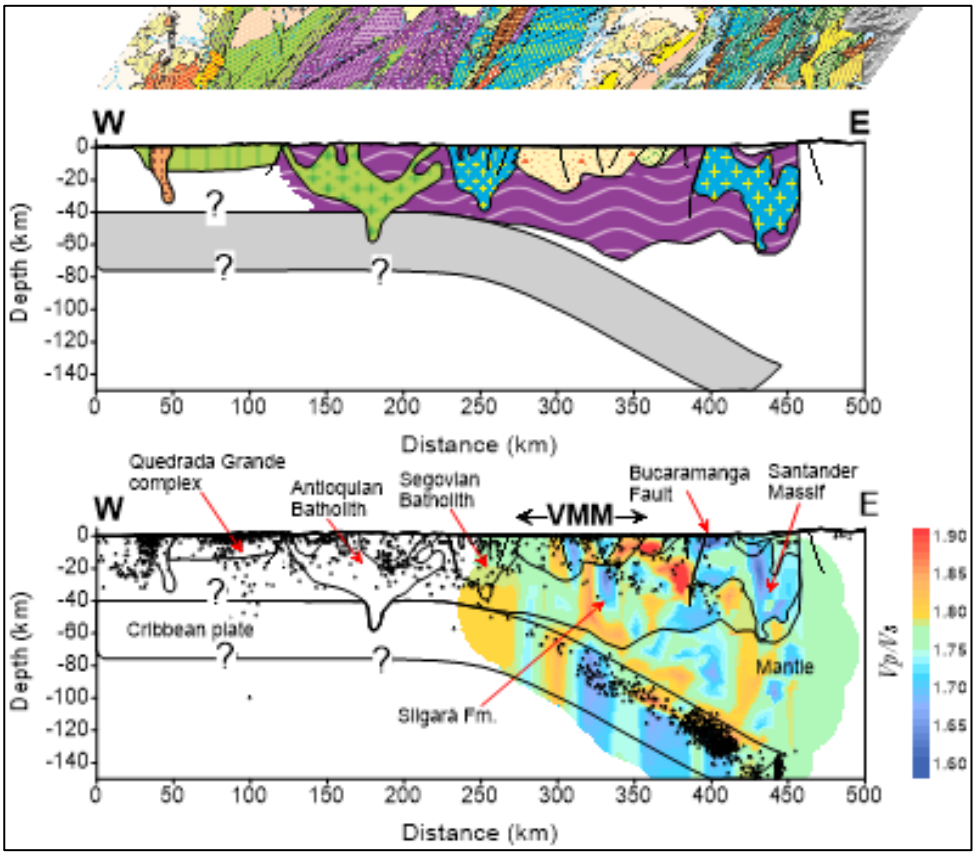
Para recuperar la distribución de velocidades en profundidad, se realizó la inversión de tiempos de arribo de ondas P y S mediante el software LOTOS-12, para lo cual se utilizaron 19046 sismos locales registrados en el área por las estaciones de la RSNC y la red regional del VMM y La Loma, Cesar entre 1993 y 2017.

A partir de las imágenes obtenidas de la inversión (figura 45) se encontró que las anomalías de velocidad están bien correlacionadas con características geológicas regionales en el VMM, tales como el batolito de Segovia, macizo de Santander y la falla de Bucaramanga, destacando esta última por el contraste de valores de Vp/Vs al este y al oeste de la misma, evidenciando la importancia que tiene en el control tectónico del área. Además, anomalías de Vp, Vs y Vp/Vs a partir de los 40 km fueron relacionadas con el segmento en subducción bajo el VMM, el cual fue interpretado como correspondiente a la placa Caribe. Variaciones en los valores de las anomalías sugieren que la placa podría estar segmentada en bloques y que algunos cambios en la composición o temperatura están ocurriendo dentro de la placa (figura 46).

Gracias a un set de datos adicional utilizado para la inversión fue posible observar una zona evidente de altos valores de Vp representando la subducción de la placa Caribe de norte a sur entre 12ºN y 5ºN. A juzgar por la distribución de sismicidad, la placa está subduciendo en un ángulo de aproximadamente 25º. La subducción de la placa Caribe muestra una forma de herradura en esta región con diferentes ángulos de subducción en dirección WE (aprox. 34º) y dirección NS (aprox. 25º). Basados en los resultados obtenidos en este estudio, se propone que el vulcanismo cuaternario del Complejo Volcánico de Paipa-Iza localizado en la Cordillera Oriental podría ser causado por la subducción de la placa Caribe bajo la placa de Suramérica en el NE de Colombia (figura 47).

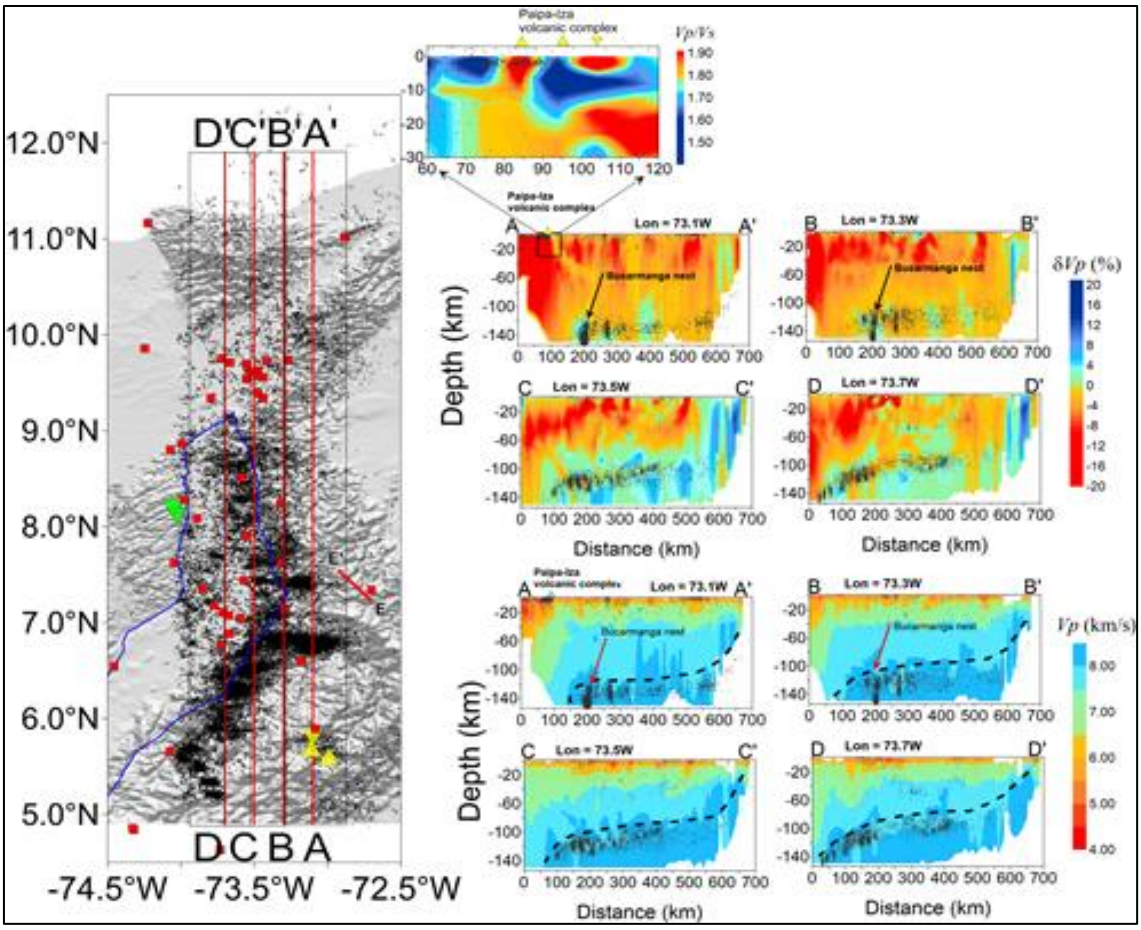


Vista de planta de las anomalías de velocidad para las ondas P (a) y S (b). Los círculos negros representan los hipocentros en cada profundidad. El polígono en línea negra representa el límite de la cuenca del VMM.



Corte geológico de la zona de subducción en el VMM 7ºN, 77-72ºW. Sección del mapa geológico en la misma localización fue obtenido del Mapa Geológico de Colombia, 2017 1:2.000.000.

Se muestran los hipocentros de los sismos a 20 km a ambos lados de la sección.

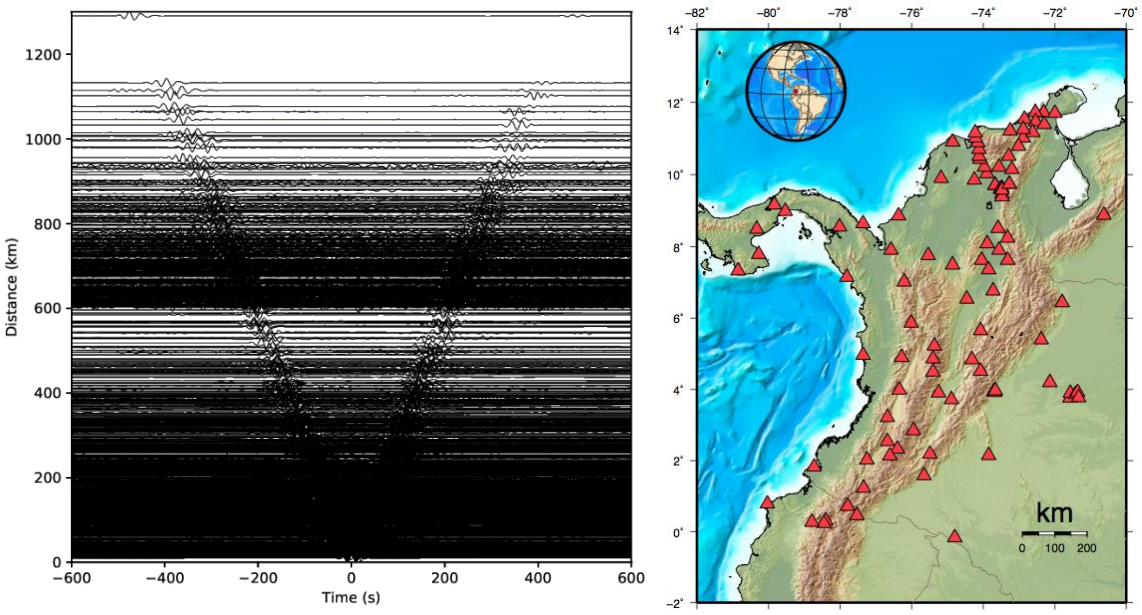


Secciones transversales SN desde 5ºN a 12ºN de perturbación (%) y valor absoluto (km/s) de velocidad de onda P. Los puntos negros representan los sismos (en secciones transversales 20 km a cada lado del perfil).

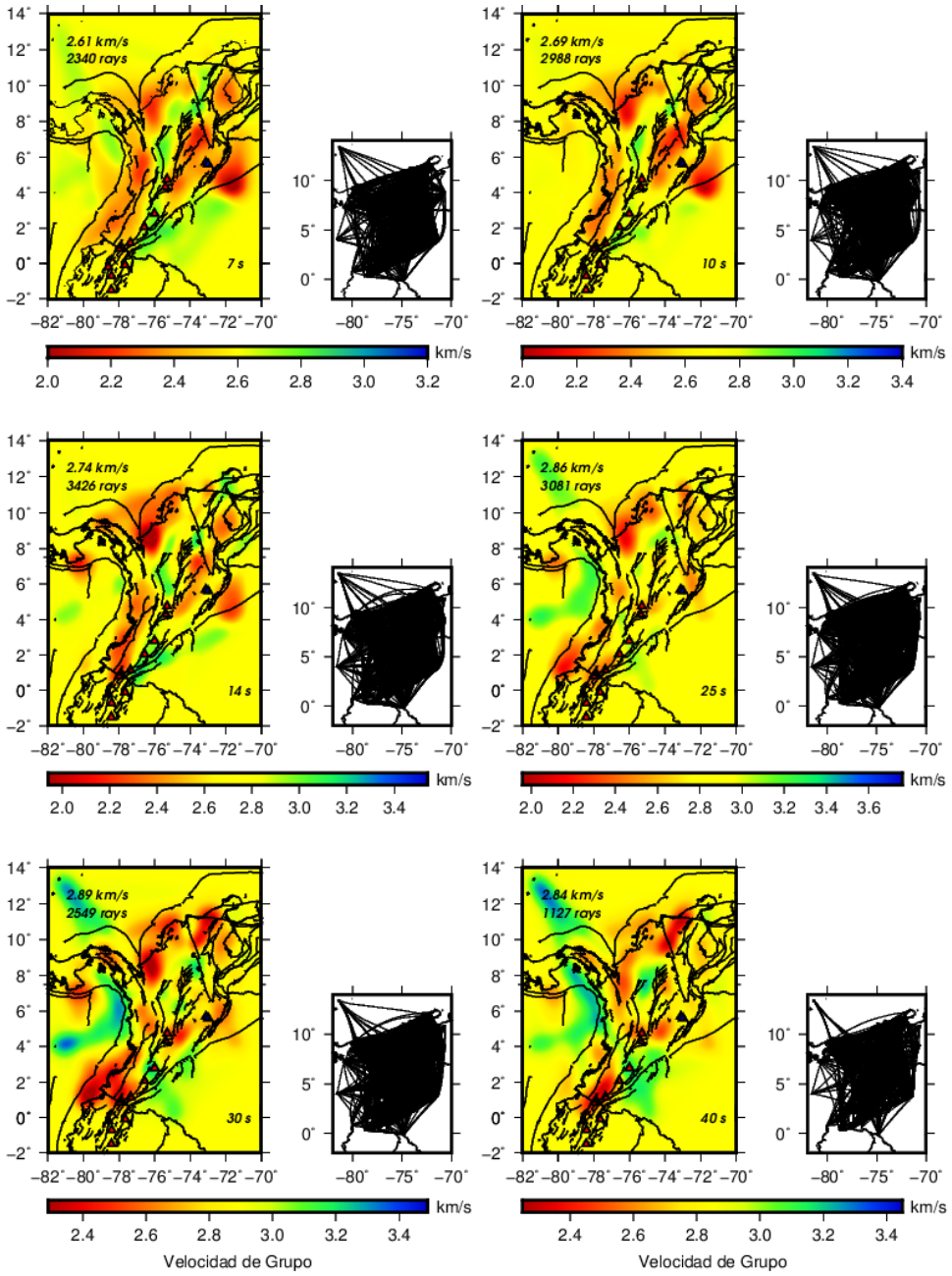
Los rectángulos rojos representan las estaciones sismológicas. Triángulos verdes = volcanes cretácicos. Triángulos amarillos = volcanes cuaternarios. Triángulos invertidos = ubicación inferida de focos volcánicos, triángulos normales = volcanes reconocidos. Polígono de línea azul representa el límite del VMM. En el marco superior, se encuentra una imagen detallada de la relación Vp/Vs para el Complejo Volcánico Paipa-Iza. Línea negra punteada gruesa en secciones transversales representa el límite superior estimado del segmento en subducción.

Tomografía de Ruido ambiente en el territorio colombiano

El continuo despliegue de la Red Sismológica Nacional entre estaciones permanentes, redes temporales y estaciones compartidas (figura 48) ha permitido tener el registro continuo de más de 120 estaciones de banda ancha desde hace varios años. Dicho registro ha sido usado para el cálculo de correlaciones cruzadas de ruido sísmico entre todos los pares posibles de estaciones. Con esta información ha sido generados más de 6000 trayectorias que iluminan la estructura cortical y el manto superior bajo el territorio colombiano. Los tiempos de viaje obtenidos con las correlaciones cruzadas del presente estudio (2016-2017) fueron integrados con los estimados en Poveda et al. 2018 en el periodo de 2013 a 2015 para posteriormente ser invertidos tomográficamente para crear nuevos mapas de velocidad de grupo de ondas Rayleigh entre 5 y 40 s en una grilla de 0.4° x 0.4° de resolución (figura 49).



Correlaciones de ruido ambiente obtenidas con un filtro entre 5 y 20 Hz y con una relación-señal ruido (SNR) mayor a 20 (izquierda). A la derecha estaciones de banda ancha utilizadas en este estudio.

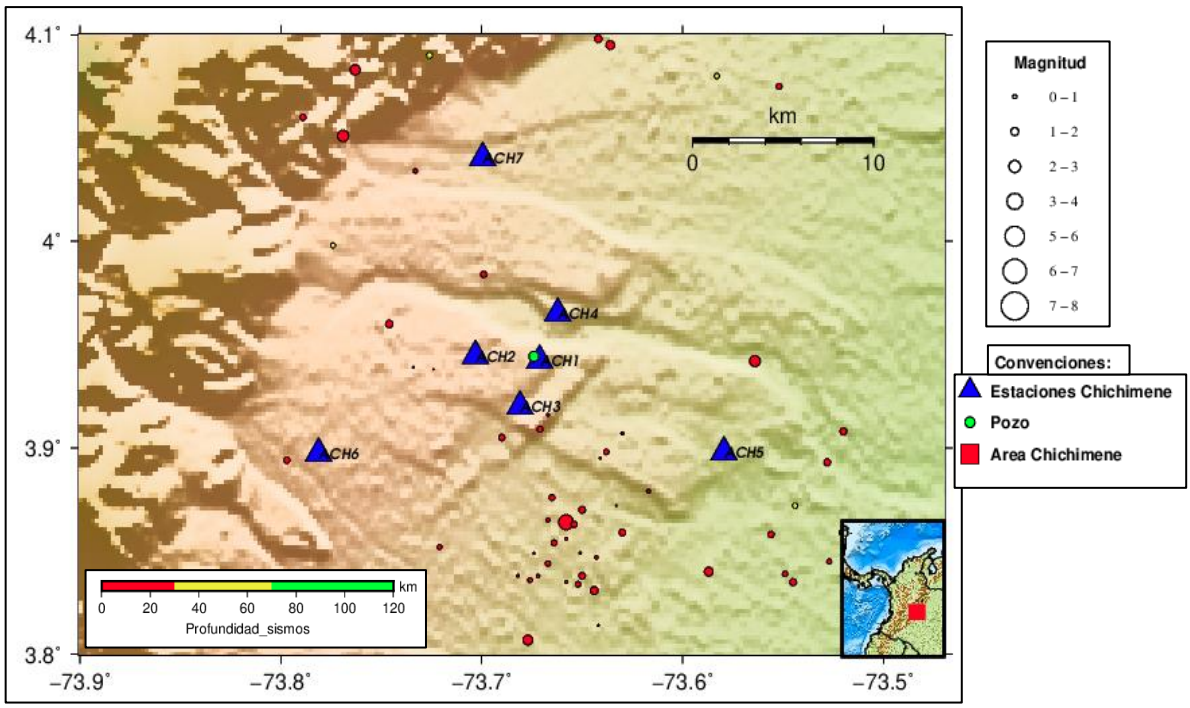


Tomografía de ruido ambiente de ondas Rayleigh para 7, 10, 14, 25, 30 y 40 s para un periodo de 2014 a 2017. En los mapas pequeños se observa el cubrimiento de rayos para cada mapa tomográfico.

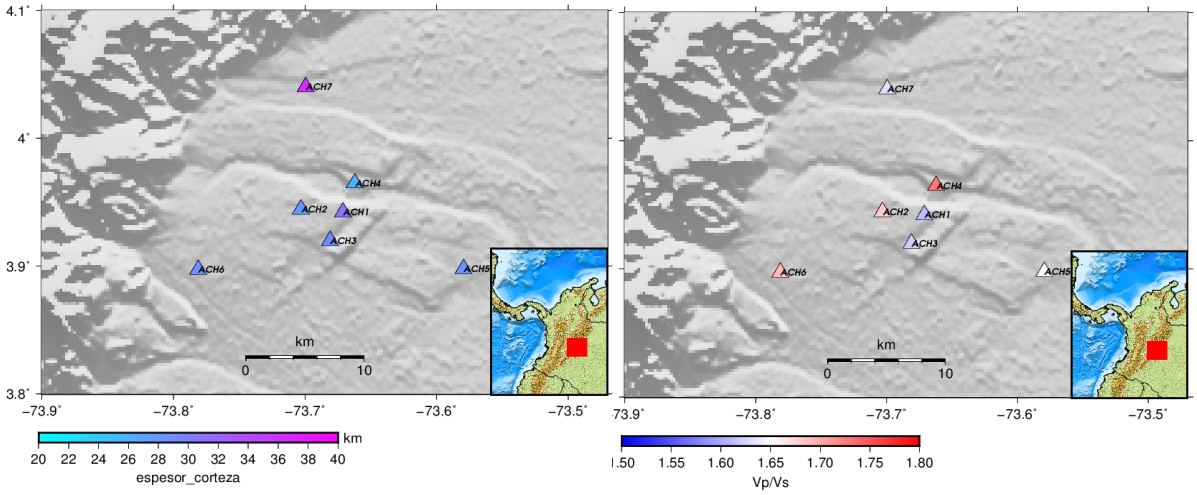
Monitoreo de la Actividad Sísmica en Áreas Locales

Red de monitoreo Acacias-Chichimene (ACH)

La red ACH es una red local de monitoreo que funciona por descarga y la cual se visita cada tres meses para su mantenimiento y descarga de datos. Durante el año 2019 los datos se procesaron para seguir construyendo y robusteciendo la línea base de sismicidad de la zona (figura 50). Además, se elaboró un modelo de velocidad local que permite relocalizar los sismos del área, para disminuir las incertidumbres en la localización a valores inferiores a dos kilómetros (figura 51).



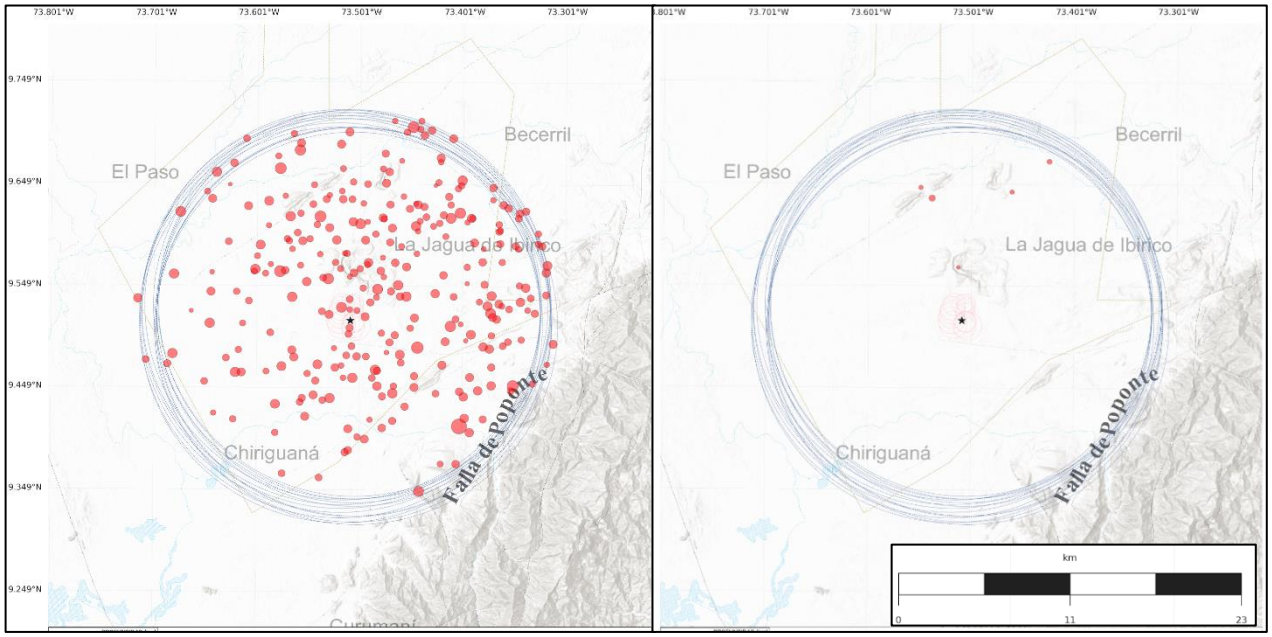
Línea base de sismicidad alrededor de Chichimene en Acacías, Meta.



Estimación de la profundidad del moho y relación Vp/Vs en cada una de las estaciones de la red local ACH para la construcción del modelo de velocidad local.

Red de monitoreo Drummond (DRL)

La red DRL es una red local de monitoreo que funciona en tiempo real por transmisión satelital. Se analizó el comportamiento de la sismicidad antes, durante y posterior a las operaciones de estimulación hidráulica en 16 pozos en el bloque La Loma de la empresa Drummond Ltda. durante los meses de abril de 2018 a junio de 2018, mediante la implementación de metodologías estadísticas. Se usó una línea base de sismicidad (figura 52) discriminada por rangos de magnitud y frecuencia de ocurrencia en el tiempo para obtener umbrales de ocurrencia histórica de sismicidad y promedios de sismicidad esperada y se revisó la sismicidad presentada (figura 52) para identificar si se superaron los diferentes umbrales estimados. Se evaluó y concluyó que no existe ningún indicio de una posible asociación entre las actividades realizadas por la operadora y la sismicidad presentada en el área durante el periodo de tiempo en el que se llevaron a cabo las actividades, puesto que nunca se superaron los umbrales definidos y el número y la magnitud de los sismos se encuentran dentro del comportamiento histórico de la zona.



Izquierda: Línea base de sismicidad registrada por la RSNC en una superficie epicentral circular de radio 23 km centrada en la latitud 9.515º y longitud -73.510º con una profundidad máxima de 16 km entre 1993-06-01 y 2018-03-31. **Derecha:** Sismicidad registrada por la RSNC durante las actividades de estimulación, en un área circular de radio 23 km y punto central en la ubicación del pozo a estimular entre 2018-04-08 y 2018-06-22.

Propuesta semáforo de sismicidad aplicable al protocolo alerta temprana para el intercambio de la información ante un evento sísmico en las actividades de estimulación hidráulica e inyección vinculadas a la exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos de roca generadora para la implementación del piloto de Yacimiento No Convencionales (YNC)

Desde la Red Sismológica se trabajó en una propuesta técnica de un semáforo de sismicidad (figura 53) que será útil para la toma de acciones preventivas o correctivas concernientes a las operaciones pilotos de fracturamiento hidráulico en yacimientos de roca generadora en Colombia. Este corresponde a un sistema de gestión de riesgos que involucra acciones diarias, diseñadas para mitigar el riesgo asociado a la sismicidad, cuyo objetivo es evaluar, monitorear y responder operativamente ante la ocurrencia de eventos sísmicos.

Rango de magnitud *m*	Magnitud (M_L)	Tolerancia (d)			
		< 1d	(1d, 2d]	(2d, 3d]	>3d
m4	≥ 4 caso a				
	≥ 4 caso b	NSRD < NMSED(m4)+d(m4)	NMSED(m3) +d(m3) ≤ NSRD < NMSED(m3)+2d(m3)	NMSED(m3) +2d(m3) ≤ NSRD < NMSED(m3)+3d(m3)	NSRD ≥ NMSED(m3)+3d(m3
m3	[3,4)	NSRD < NMSED(m3)+d(m3)	NMSED(m3) +d(m3) ≤ NSRD < NMSED(m3)+2d(m3)	NMSED(m3) +2d(m3) ≤ NSRD < NMSED(m3)+3d(m3)	NSRD ≥ NMSED(m3) +3d(m3)
m2	[2,3)	NSRD < NMSED(m2)+d(m2)	NMSED(m2) +d(m2) ≤ NSRD < NMSED(m2)+2d(m2)	NMSED(m2) +2d(m2) ≤ NSRD < NMSED(m2)+3d(m2)	NSRD ≥ NMSED(m2)+3d(m2)
m0	[0,2)	NSRD < NMSED(m1)+d(m1)	NMSED(m1) +d(m1) ≤ NSRD < NMSED(m1)+2d(m1)	NMSED(m1) +2d(m1) ≤ NSRD < NMSED(m1)+3d(m1)	NSRD ≥ NMSED(m1)+3d(m1)

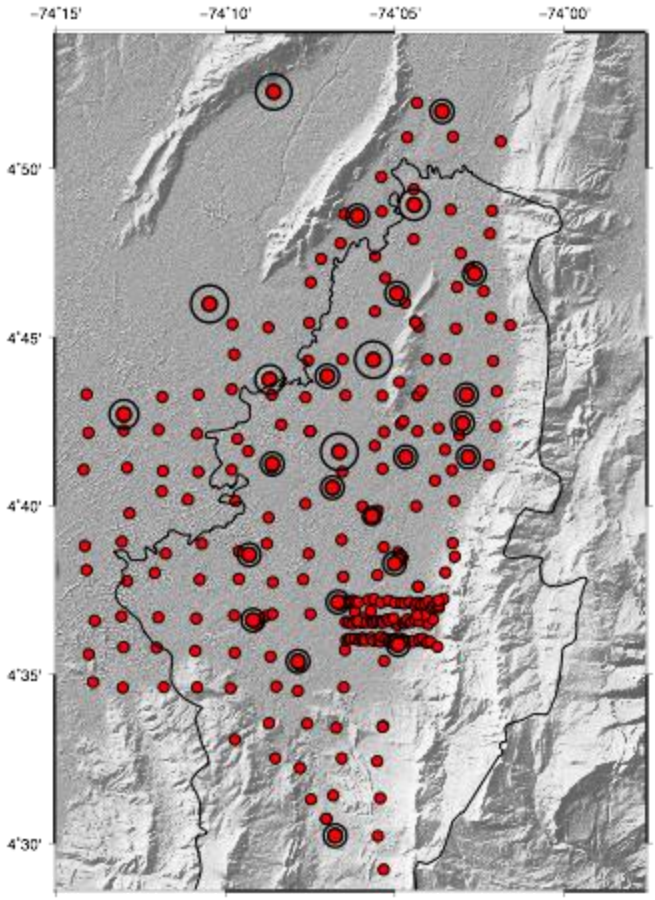
Semáforo propuesto para el monitoreo diario de operaciones de los PPII.

Se define como caso a: Evento con magnitud mayor o igual a 4.0 en el volumen de monitoreo previsto por la normativa. caso b: Evento con magnitud mayor o igual a 4.0 en el volumen de monitoreo extendido propuesto por el SGC. m0: rango de magnitud mayor o igual a cero y menor a dos [0,2). m2: rango de magnitud mayor o igual a dos y menor a tres [2,3). m3: rango de magnitud mayor o igual a tres y menor a cuatro [3,4). m4: rango de magnitud mayor o igual a cuatro ≥ 4. NSRD: Número de Sismos Registrados Diarios. NMSOD(m): Número Máximo de Sismos Observados Diarios para un rango de magnitud m (m0, m2, m3, m4). NPSOD(m): Número Promedio de Sismos Observados Diarios para un rango de magnitud m (m0, m2, m3, m4). d(m) = (NMSOD(m) - NPSOD(m)) / 3: Tolerancia de frecuencia para un rango de magnitud m (m0, m2, m3, m4). Si NMSOD(m) - NPSOD(m) = 0, tomar d(m)= 1.

Modelo de velocidad de la cuenca de Bogotá, Proyecto SATREPS[1]

En el marco del proyecto SATREPS se realizaron durante el cuarto trimestre del 2019, 29 arreglos miniatura para el registro de microtremores, para un total de 26 arreglos grandes y 300 miniatura figura 54. A partir de los resultados de las medidas de microtremores, se obtuvieron relaciones empíricas para el residual de Bouguer, profundidad de capas para diferentes valores de Vs (obtenidas de los microtremores) y de manera similar se están generando ecuaciones para calcular los modelos de capas (Profundidades) para diferentes valores de Vs a partir del periodo predominante (HoV) tomando ventaja de la gran cantidad de mediciones realizadas. Resultados preliminares de las ecuaciones (modelo HoV) son consistentes para las capas superficiales (Vs <700m/s) mientras las ecuaciones de Vs-Bouguer mejoran en las capas profundas (Vs <700 m/s).

[1] Proyecto entre el gobierno colombiano y la Agencia de Cooperación Internacional de Japón para "aplicación de tecnologías más avanzadas para el fortalecimiento de la investigación y respuesta a eventos de la actividad sísmica, volcánica y tsunami, y el mejoramiento de la gestión del riesgo en Colombia"

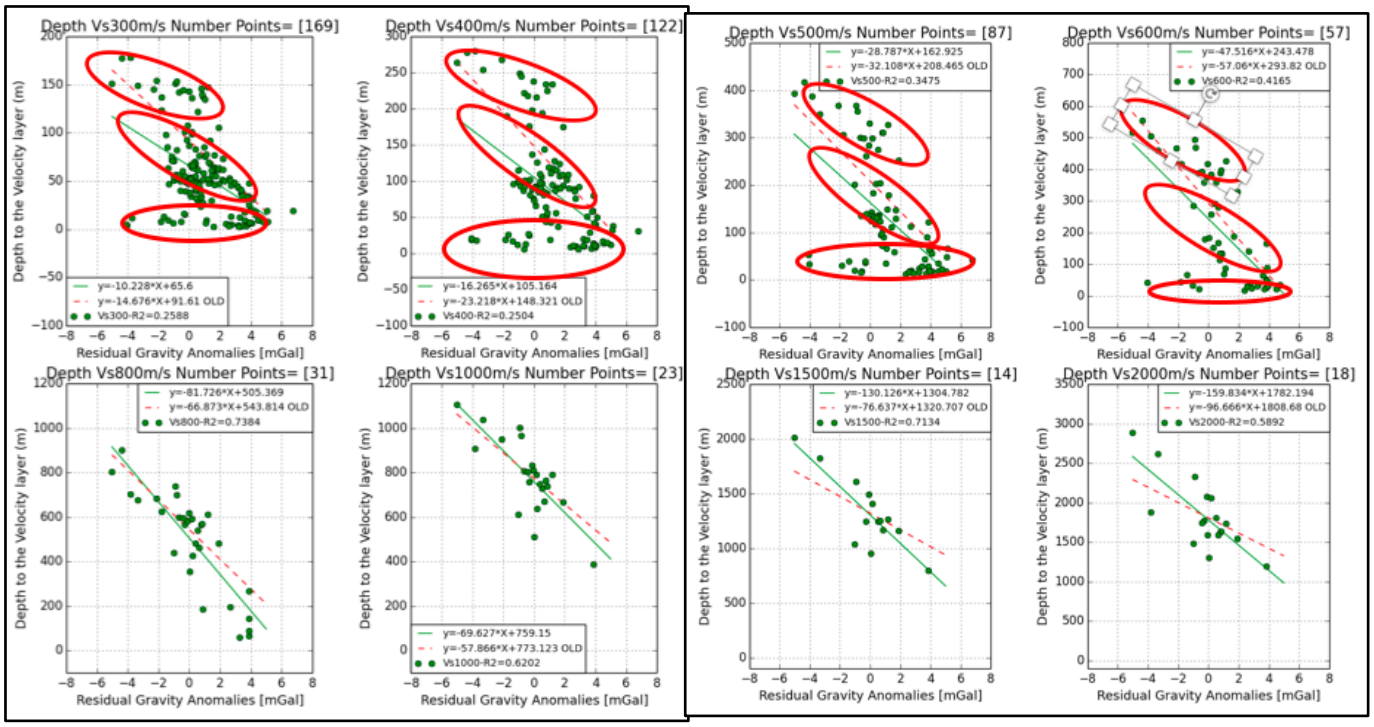


Arreglos de microtremores. 26 arreglos grandes (círculo rojo dentro círculo negro) y 300 arreglos miniatura (círculo rojo)

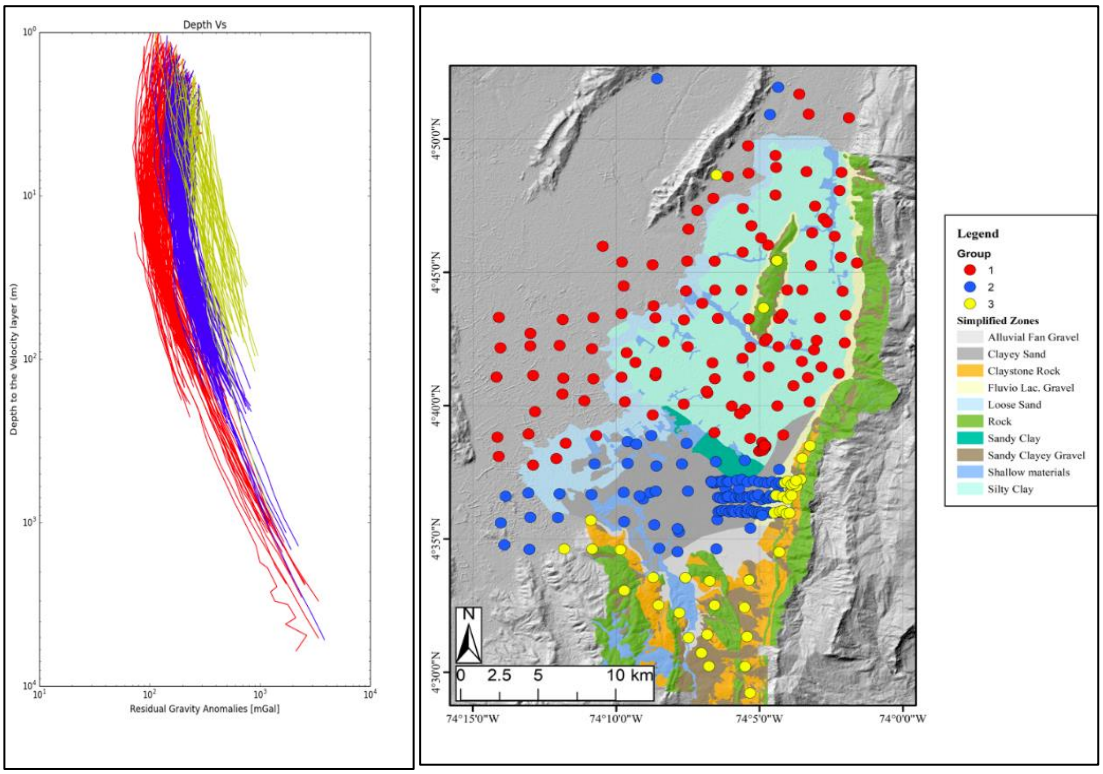
- **Residual Bouguer – Perfiles Vs**

Calculamos relaciones empíricas de profundidad-Residual de Bouguer, para cada valor de Vs (Vs300m/s, Vs400m/s, Vs600m/s, Vs1000m/s, Vs1500m/s, Vs2000m/s y Vs3000m/s), obtenidos a partir de la relación entre el valor de velocidad de onda de corte (Vs) para diferentes profundidades obtenidos de los perfiles de velocidad de los arreglos de microtremores y el valor de residual de Bouguer encontrados en los sitios de medición. Sin embargo, al observar los resultados encontramos gran dispersión en los datos, especialmente para valores de Vs menores a 600 m/s, donde los valores de R2 encontrados son muy bajos, al realizar un análisis más detallado, identificamos tres grupos de datos los cuales se mantenían para los diferentes valores de Vs mencionados anteriormente (elipses rojas en figura 55), se identificaron los puntos de medición a los que pertenecen estos tres grupos, se apilaron los perfiles de velocidad correspondiente

y se graficaron espacialmente sobre el “Mapa actualizado de zonificación geotécnica” (Fopae,2010), figura 56.

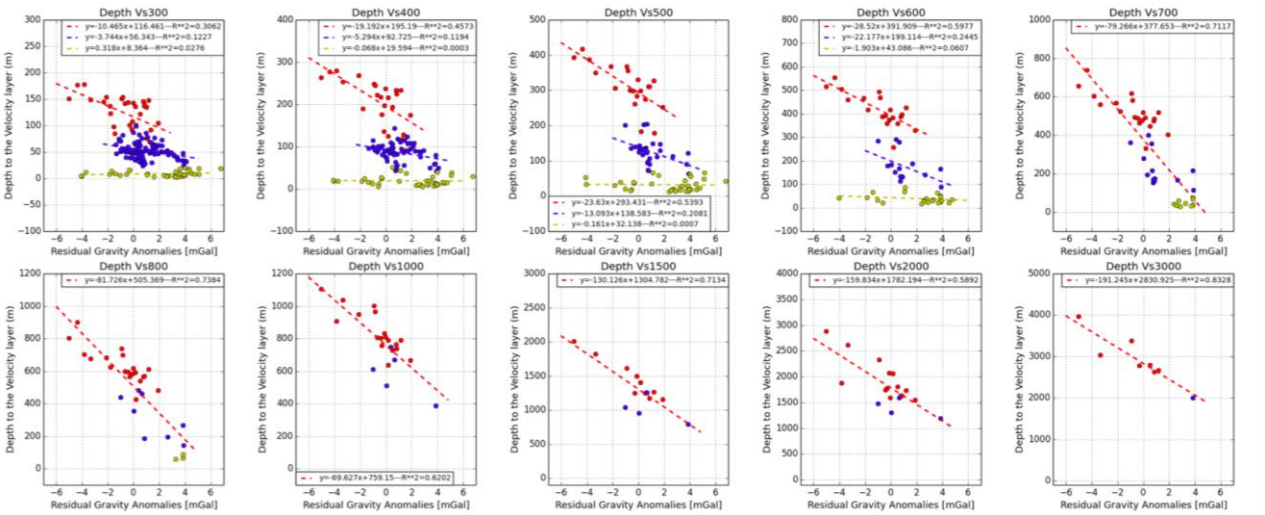


Relaciones empíricas de profundidad-Residual de Bouguer, para cada valor de Vs (Vs300m/s, Vs400m/s, Vs600m/s, Vs1000m/s, Vs1500m/s, Vs2000m/s y Vs3000m/s),



Izquierda: Perfiles de velocidad apilados, correspondientes a los tres grupos de datos observados en las relaciones empíricas (Bouguer – Profundidad para diferentes Vs), separados por los colores amarillo, azul y rojo. **Derecha**: Ubicación de perfiles de velocidad sobre el mapa "Mapa actualizado de zonificación geotécnica" (Fopae,2010).
Podemos observar como estos tres grupos de datos se encuentran ubicados sobre tres zonas geotécnicas Cerros (círculos amarillos), Aluvial (círculos azules) y Lacustre (círculos rojos).

Finalmente se calcularon las relaciones empíricas para los diferentes grupos para valores de velocidad de onda de corte Vs < 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 la zona el residual de Bouguer no aporta información a nuestro modelo. Para valores de Vs > 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 R2 son mayores a 0.7, indicando un buen ajuste en los datos, figura 57.



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 microtremores para la obtención del periodo predominante del suelo, alrededor de 800 mediciones y las mediciones de arreglos de microtremores para la obtención de perfiles de velocidad de onda de corte Vs, se obtuvieron las 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), como se observa en la figura 58.

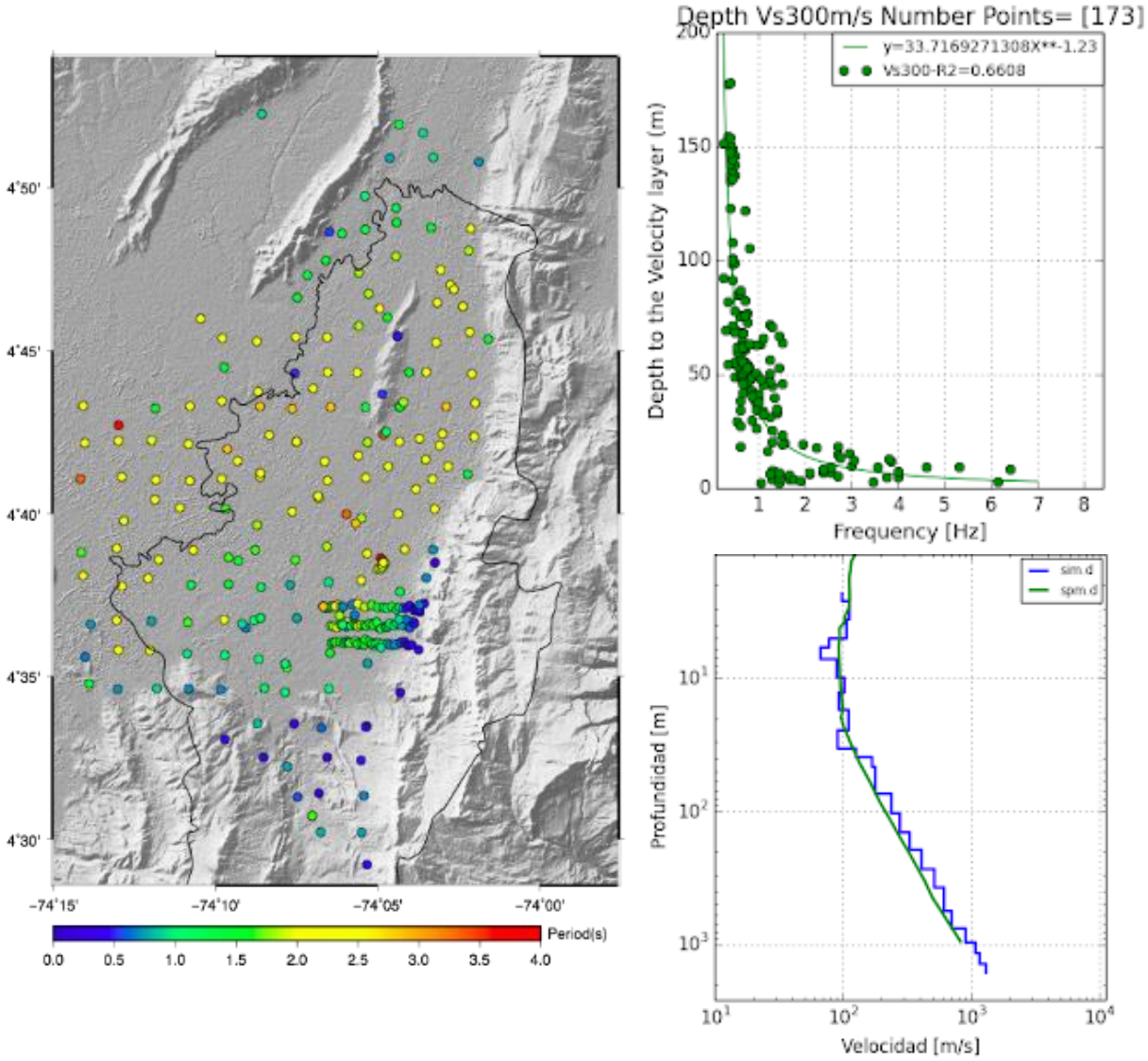
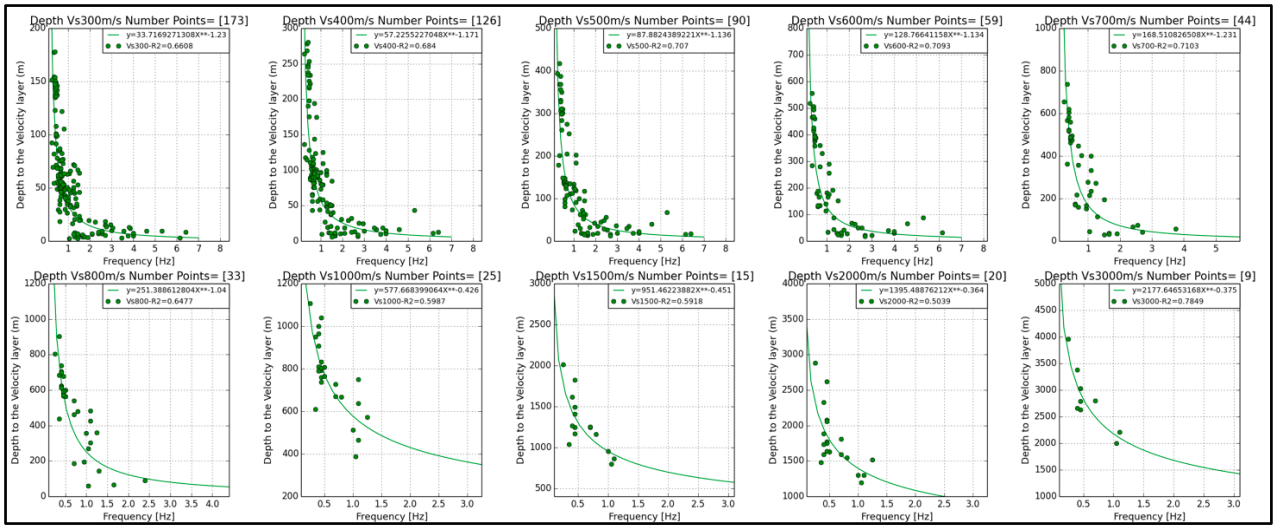


Diagrama para la obtención de las relaciones empíricas obtenidos para los diferentes valores de Vs (300 a 3000m/s).

Izquierda: periodos de HoV obtenidos en los sitios donde se realizaron mediciones de microtremores y que cuentan con estructura de velocidad, A**rriba:** relación de la frecuencia y la profundidad obtenidos para Vs300m/s en cada uno de los sitios que cuentan con estructura de velocidad y su correspondiente valor de frecuencia. **Abajo:** estructura de velocidad obtenida del arreglo de microtremores realizado en Alcalá.

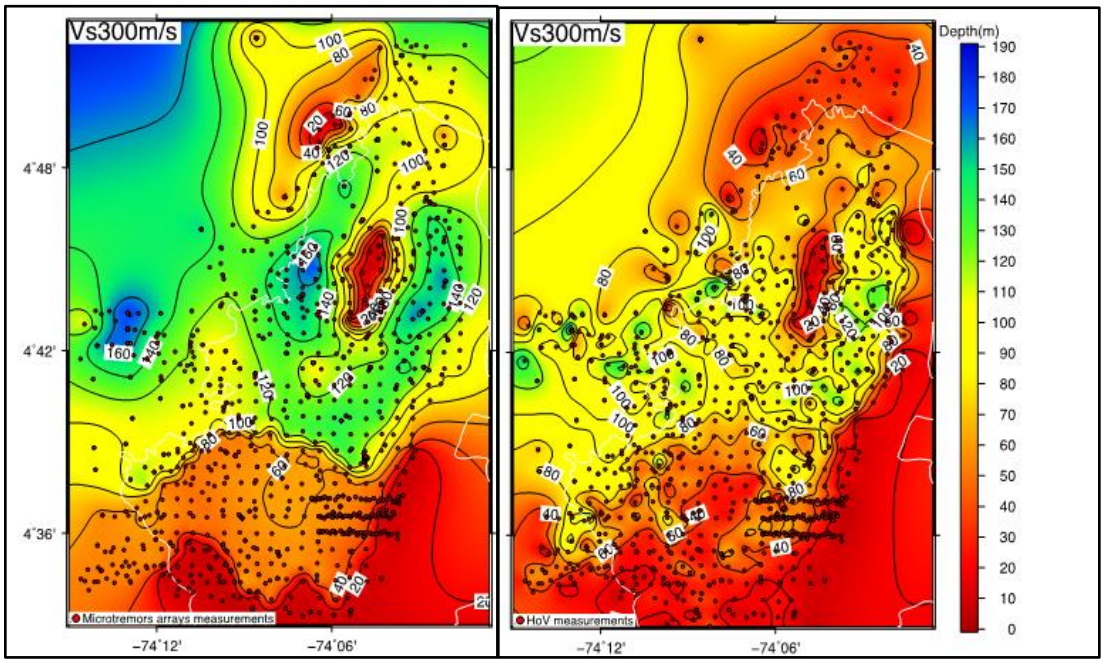
Las relaciones empíricas calculadas presentan buen ajuste, R2 mayores a 0.66, para Vs < 700 m/s, para los modelos profundos Vs > 700 m/s, los valores de R2 disminuyen (mayores a 0.5) al igual que el número de datos disponibles, figura 59.



Relaciones empíricas obtenidas 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 60.



Comparación del modelo gravimétricos (izquierda) y el modelo H/V (derecha) para Vs 300 m/s, obtenidos de las relaciones empíricas.

Actualmente se está trabajando en la obtención de un modelo híbrido que contenga lo mejor de cada uno de estos modelos, el modelo H/V restringe mejor las capas superficiales mientras el Gravimétrico presenta un mejor control en las capas profundas.

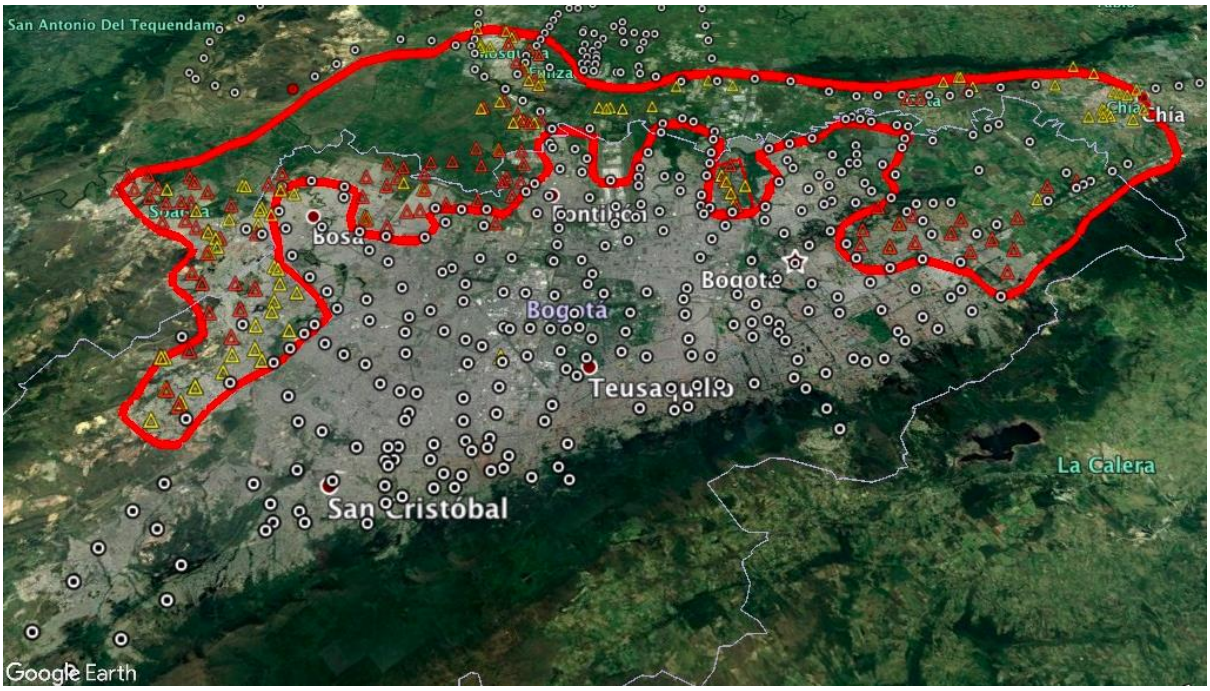
- **Mediciones Gravimétricas**

Para la elaboración de modelo de velocidad de la cuenca de Bogotá aparte de la información de arreglos de microtremores se encontró que la información de gravimetría obtenida durante el proyecto de microzonificación de Bogotá realizado por el INGEOMINAS (ahora Servicio Geológico Colombiano) en el año 1997 es de gran utilidad. Estos datos contienen información valiosa sobre la geometría profunda del basamento de la cuenca. Teniendo en cuenta estos resultados preliminares se consideró de gran utilidad, actualizar-densificar las mediciones gravimétricas en Bogotá para poder obtener un modelo más detallado de la geometría de la cuenca. Se propuso hacer mediciones gravimétricas cada kilómetro aproximadamente, en las zonas que no fueron realizadas durante las mediciones de los años 90 (polígono rojo figura 61). Esta información en conjunto con las mediciones de arreglos de microtremores permitirían tener un modelo 3D más preciso y detallado de la cuenca.

Durante el año 2018 se inició la campaña de mediciones gravimétricas, durante el 2018 se realizaron 128 mediciones de GNSS y gravimetría con el apoyo de GeoRed y personal

del OVSP (Triángulos rojos), durante el año 2019 se realizó el levantamiento de 91 mediciones de GNSS con el apoyo de GeoRed (triángulos amarillos), pero no fue posible continuar con el levantamiento gravimétrico debido a que no se contó con la disponibilidad del gravímetro. Estas mediciones no van a ser incluidas en el modelo de velocidad Bogotá, sin embargo, es necesario que sean incluidas en la elaboración del modelo de velocidad para la Sabana de Bogotá.

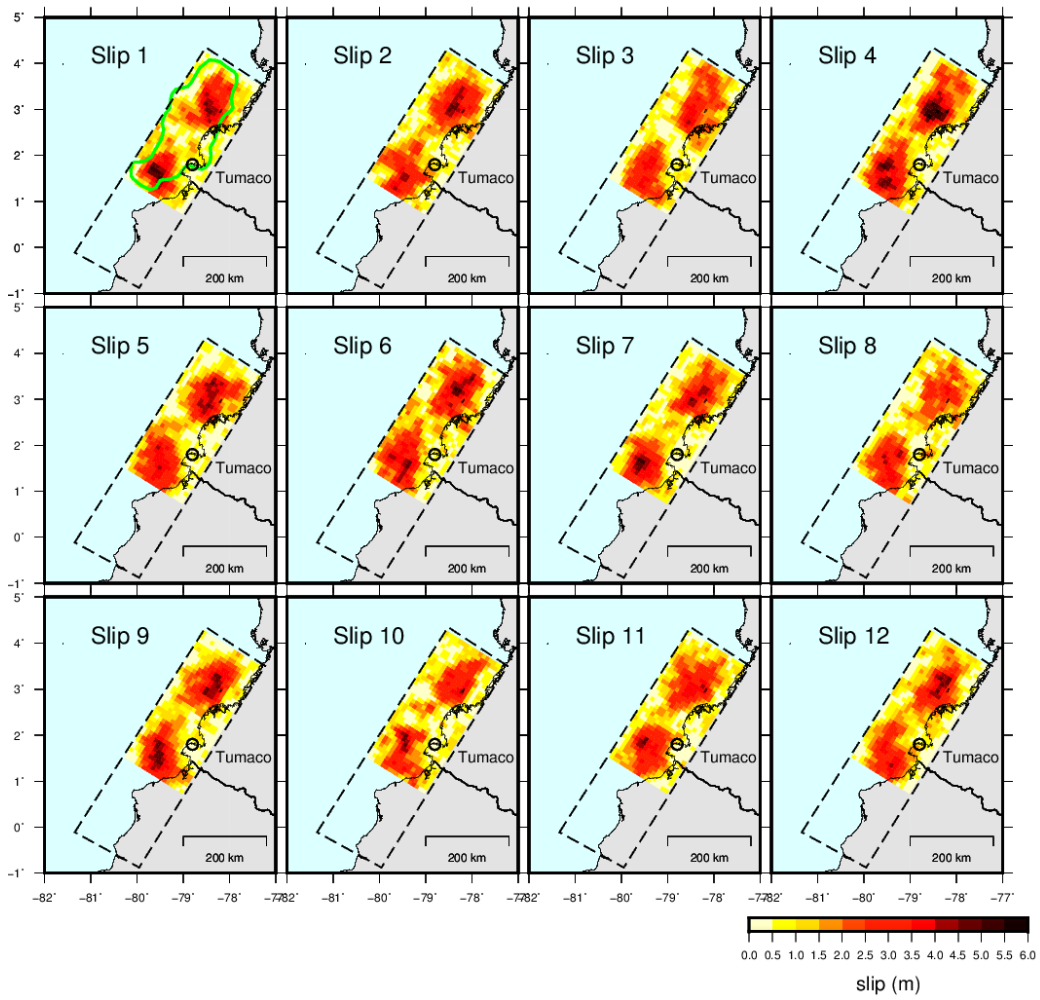
Como actividades pendientes está: Procesar la información gravimétrica disponible, medir gravimetría en los sitios donde se realizó el levantamiento GNSS (triángulos amarillos figura 61), densificar las mediciones en las zonas que no está cubierta dentro del polígono rojo.



Plan de mediciones Gravimétricas (polígono rojo), los círculos blancos corresponden a la información gravimétrica disponible del estudio de Microzonificación sísmica de Bogotá de 1997,
los triángulos representan las mediciones GNSS y gravimétricas realizadas desde el 2018 a la fecha. 128 mediciones GNSS-Gravimétricas (triángulos rojos) y 81 mediciones GNSS durante el 2019 (Triángulos amarillos)

Escenarios de ruptura y deslizamiento de terremotos para la zona de subducción Ecuador-Colombia

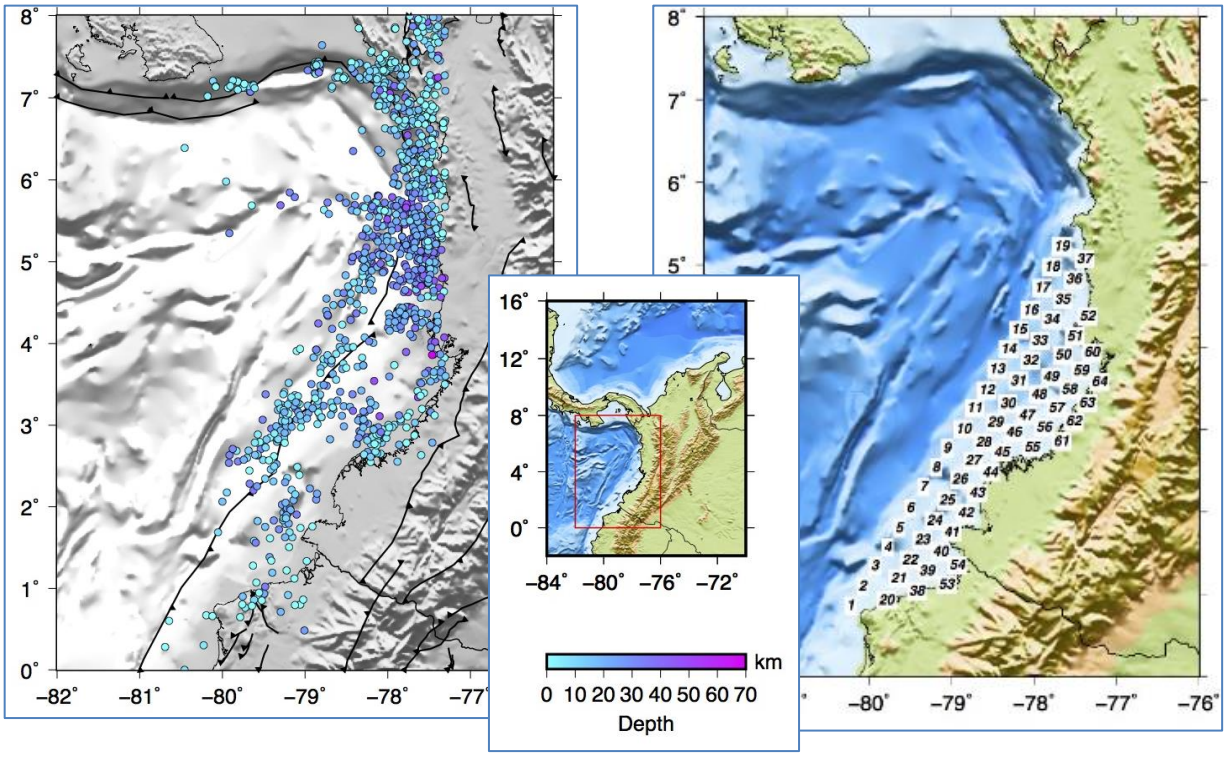
En el marco del proyecto SATREPS, se desarrollaron un conjunto de modelos de deslizamiento de falla finita para posibles terremotos en el Pacífico margen de Ecuador y Colombia. Los modelos son apropiados para las estimaciones deterministas del riesgo sísmico en Colombia (simulaciones de movimiento fuerte del terreno), así como para la evaluación del peligro de tsunami en la costa del Pacífico de Colombia. Un ejemplo de los escenarios generados se puede observar en la figura 62.



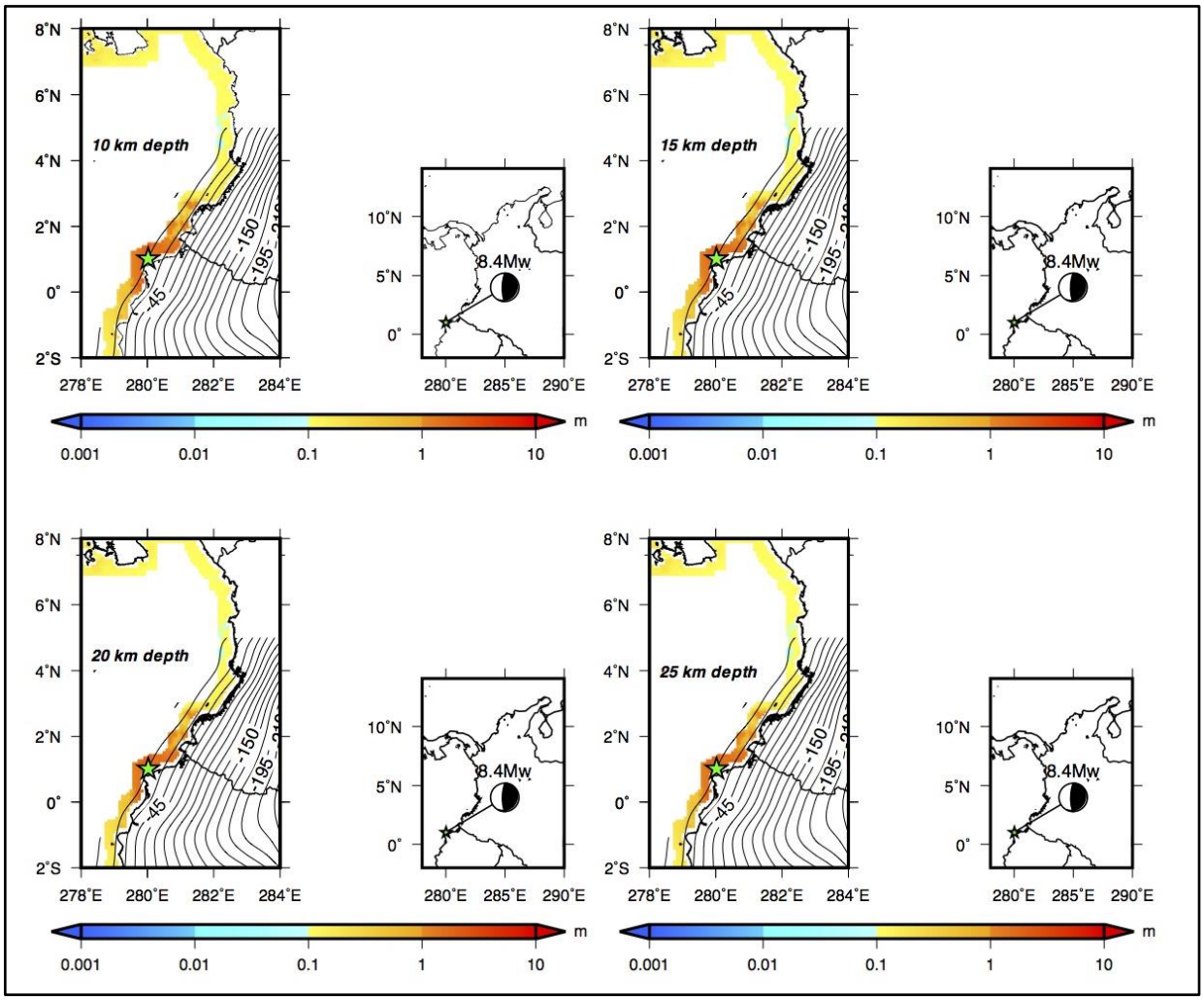
Realización de deslizamiento de 1 a 12 para el escenario de terremoto de 1979. Se muestra el área de ruptura del terremoto de 1979 (línea verde, Yoshimoto et al. 2019).

Escenarios de Tsunami para la zona de subducción Ecuador-Colombia

Por medio del análisis de la sismicidad registrada en el océano Pacífico y el modelo de la fuente para el sismo de 1906 obtenido en Yoshimoto et al. 2017, se continúa con el desarrollo de un conjunto de escenarios de altura Tsunami para las costas del Pacífico con el sistema SWIFT-TSUNAMI implementado en el SGC en el marco del proyecto SATREPS. Un total de 64 escenarios fueron obtenidos con el objetivo de comparar con los generados por la Dirección General Marítima – DIMAR. En la figura 63 se puede observar la sismicidad usada para el análisis y la localización de los modelos obtenidos, en la figura 64 se muestra uno de los escenarios de altura de tsunami obtenido a diferentes profundidades.



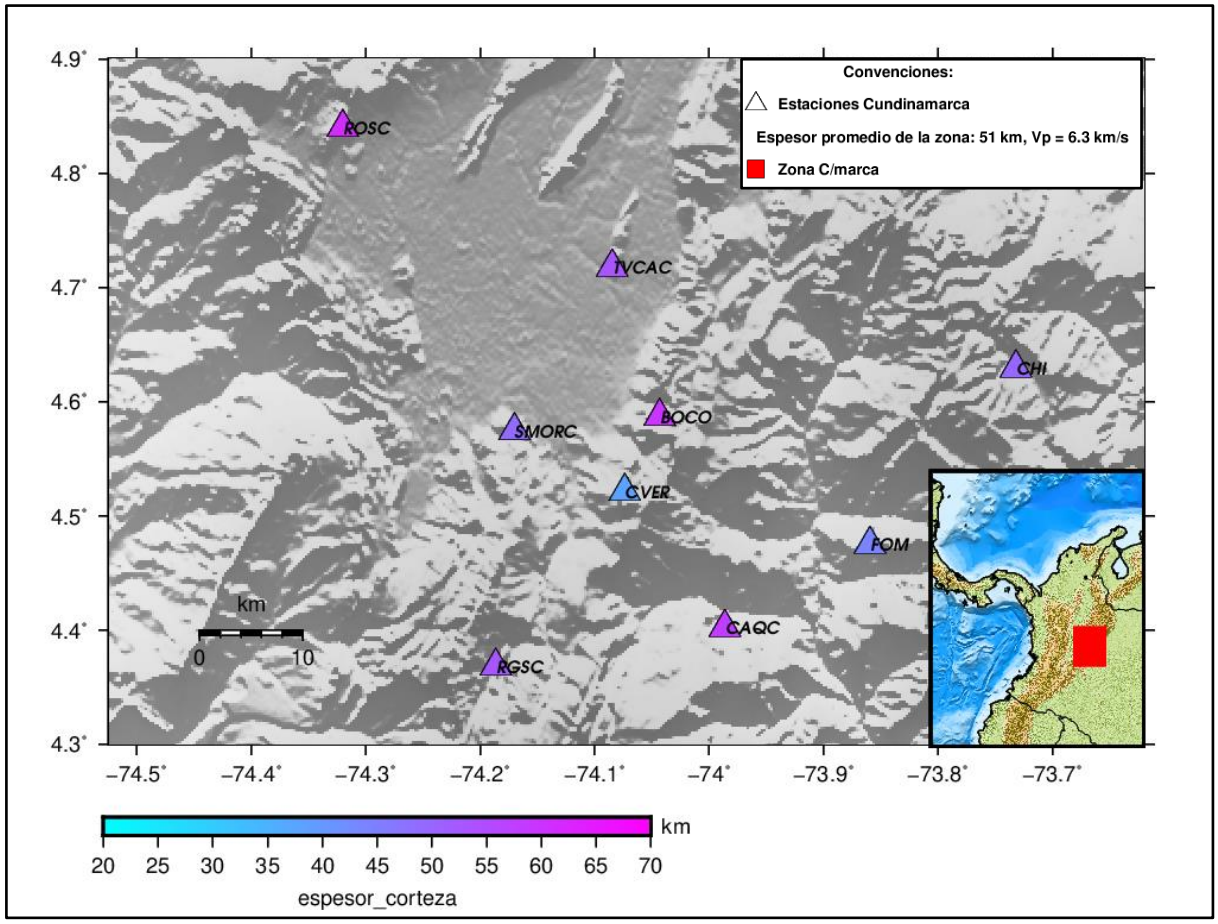
Sismicidad analizada para el cálculo de los errores promedio en latitud, longitud y profundidad (izquierda). Localización de los escenarios obtenidos (derecha).



Ejemplo del escenario 3 (ver Figura 42) obtenido para una magnitud de momento (Mw) de 8.4, con el modelo de fuente para el sismo de 1906 (Yoshimoto et al., 2017) a diferentes profundidades. Líneas de contorno representa la profundidad del tope de la placa de Nazca (Slab 2.0 - Hayes et al. 2012)

Estructura cortical para las estaciones de la red temporal del Sur Este de Bogotá

Se determinó el espesor de la corteza en la región de la sabana de Bogotá y al Sur Este de Bogotá, usando datos telesísmicos de la red sismológica temporal instalada en el marco del proyecto SATREPS (abril 2016 – octubre 2017), los valores estimados se pueden observar en la figura 65



Espesor de Corteza para el SE Bogotá

Participación en el XVII Congreso Colombiano de Geología

1. Ponencia: ASPECTOS SISMOLÓGICOS DE LAS SECUENCIAS SÍSMICAS DE 2018 EN EL ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA. *Autores: Lizarazo, M, Pedraza P, Mercado O, Aguirre L.P, Poveda, E. Siervo D., Mayorga E., Bolaños R. y Garzón F.*

2. Poster: Implementación del modelo ETAS para el análisis de secuencias de sismos en el territorio colombiano. *Autores: Omar Mercado y Lina Aguirre.*
3. Poster: Avances en el cubrimiento nacional de la Red Sismológica Nacional de Colombia y presentación del mapa de sismicidad instrumental de Colombia 1993-2019. *Autores: Lina Aguirre, Viviana Dionicio, Daniel Siervo, Edwin Mayorga, Patricia Pedraza, Esteban Poveda, Omar Mercado, Ruth Bolaños, Fernando Garzón y Miguel Lizarazo.*
4. Poster: Respuesta ante eventos sísmicos. *Autores: Ruth Emilse Bolaños y Viviana Dionicio*
5. Poster: Catálogo de Tensor de Momento Sísmico para Colombia (2014-2019). *Autores: Esteban Poveda, Viviana Dionicio, Patricia Pedraza, Fernando Garzón y Edwin Mayorga.*

Participación en el AGU Fall Meeting 2019, en colaboración con investigadores externos se enviaron los siguientes resúmenes:

The recent seismicity of the Eastern Cordillera of Colombia Autores: *Albert Aguilar, Stanford University, Stanford, CA, United States; Universidad Nacional de Colombia, Bogota, Colombia, German A Prieto, Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Geociencias, Bogota, Colombia, Patricia Pedraza, Servicio Geológico Colombiano, Bogotá, Red Sismológica Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia, Nelson E Pulido Hernandez, National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Earthquake and Tsunami Research Division, Tsukuba, Japan and Gregory C Beroza, Stanford University, Department of Geophysics, Stanford, CA, United State*

Investigating the Northern Andes and Southwestern Caribbean: New Insights from Earthquake Relocations using the Colombian National Seismic Network. Autores: *Brandon Bishop[1], Linda M Warren[1], Sungwon Cho[1], Lillian Soto-Cordero[1], Nick Belecanech[1], Patricia Pedraza[2], German A Prieto[3] and Viviana Dionicio[2], (1)Saint Louis University Main Campus, Department of Earth and Atmospheric Sciences, Saint Louis, MO, United States, (2)Servicio Geológico Colombiano, Bogotá, Red Sismológica Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia, (3)Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Geociencias, Bogota, Colombia.*

Comparison of the Aftershock Sequences of Shallow and Intermediate-Depth Earthquakes in Colombia Autores: *Sungwon Cho[1], Linda M Warren[1], Brandon Bishop[1], Lillian Soto-Cordero[1], Patricia Pedraza[2], German A Prieto[3] and Viviana Dionicio[2], (1)Saint Louis University Main Campus, Department of Earth and Atmospheric Sciences, Saint Louis, MO, United States, (2)Servicio Geológico Colombiano, Bogotá, Red Sismológica Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia, (3)Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Geociencias, Bogota, Colombia*

Detailed structure of the Caribbean plate in the NE of Colombia, Valle del Magdalena region, Autores: *John Makario Londoño, Andrea Katerine Vallejo y Sleyde Paola Quintero.*

Reunión bilateral entre redes sismológicas de Colombia (Servicio Geológico Colombiano) y Ecuador (Instituto Geofísico - Escuela Politécnica Nacional) - julio 2019, con el apoyo de la Agencia Presidencial de Cooperación Internacional - Colombia. En conjunto, las dos redes sismológicas adquirieron compromisos comunes, además de establecer acuerdo para compartir los datos de quince estaciones sismológicas de cada red.

Reunión bilateral entre entidades del sistema de Gestión del Riesgo de Desastres de Colombia y Ecuador - noviembre 2019, con el apoyo de la Agencia Presidencial de Cooperación Internacional - Colombia. Se creó protocolo preliminar de apoyo entre Colombia y Ecuador en el estudio, monitoreo y atención de emergencias relacionadas con las amenazas sísmica o volcánica, con el objetivo de proveer al Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres de Colombia (SNGRD) y al Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos del Ecuador (SNDGR) de un instrumento que permita coordinar las acciones que deben ser adelantadas en caso de apoyo binacional en el estudio, monitoreo y atención de emergencias relacionadas con las amenazas sísmica o volcánica.

Artículos científicos o publicaciones oficializadas

Seismicity of Valle Medio del Magdalena basin, Colombia, Journal of South American Earth Sciences. Autores: *John Makario Londoño, Sleyde Paola Quintero, Katerine Vallejo, Francisco Muñoz, Jaime Romero. 10.1016/j.jsames.2019.04.003*

Detailed structure of the Caribbean plate in the NE of Colombia, Valle del Magdalena, Journal of South American Earth Sciences, Autores: *John Makario Londoño, Andrea Katerine Vallejo y Sleyde Paola Quintero.* En revisión.

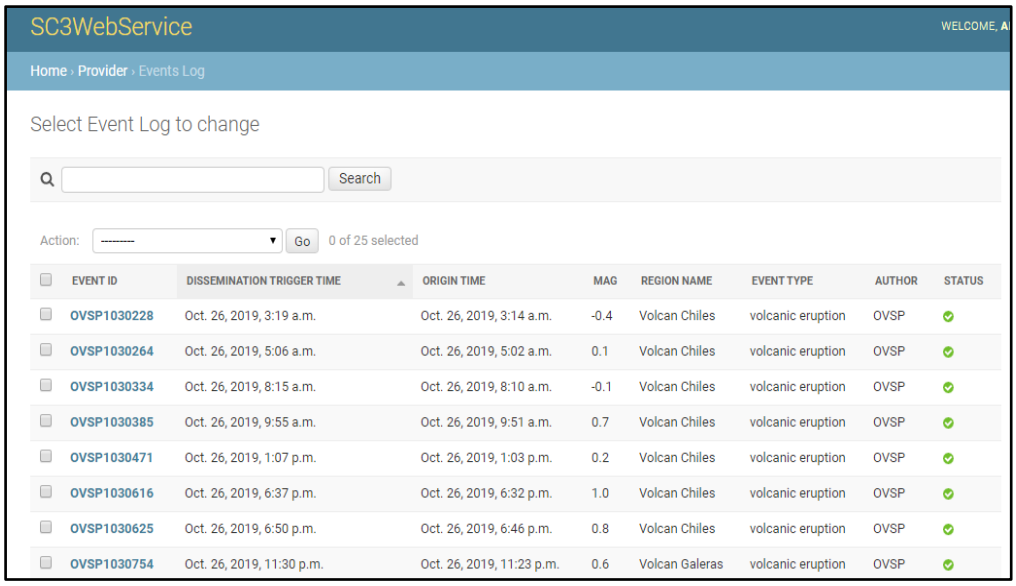
Empirical Models for Surface- and Body-Wave Amplifications of Response Spectra in the Bogotá Basin, Colombia. Bulletin of the Seismological Society of America. Autores: *Miura, Hiroyuki & Okamura, Taisho & Matsuoka, Masashi & Leal, Mario & García, Helber & Pulido, Nelson. (2019).* 10.1785/0120180154.

Boletín de Sismos. Enero – Junio de 2018. Volumen 26, I. Servicio Geológico Colombiano, Autores: *Servicio Geológico Colombiano; Dirección de Geoamenazas; Daniel Siervo, Omar Mercado, …, David Riobamba.*

Mejoras en gestores de información y consultas

- **Publicación Lakiy to SeiScomP3:** implementación del aplicativo Web para la integración de eventos sísmicos localizados por diferentes sistemas de información sismológicos en los Observatorios Vulcanológicos con SeisComP3; este sistema sincroniza la información

de forma automática y ejecuta los diferentes procedimientos de publicación (ver figura 66).



Interfaz gestión Lakiy to SeiScomP3.

- **Sistema de descarga de Formas de Onda Online:** implementación del aplicativo Web que permite descargar las formas de onda (registros sísmicos o sismogramas/acelerogramas) almacenadas por el Sistema de Información Sismológico - SeisComP3 desde el año 2018 hasta la fecha (ver figura 67). El servicio, brinda acceso a datos de series de tiempo por canales y rangos de tiempo específicos de la red de monitoreo. Los datos se seleccionan utilizando identificadores de series temporales de SEED (red, estación, localización y canal) además de los intervalos de tiempo. Los datos se descargan en formato miniSEED. El aplicativo se encuentra disponible a través del siguiente enlace: http://sismo.sgc.gov.co:8080/

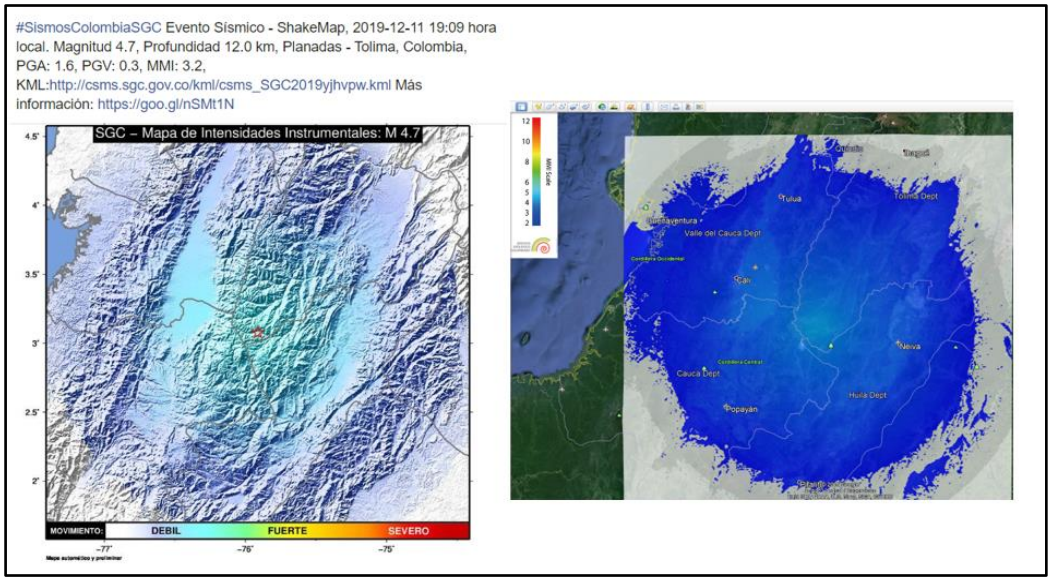
- **Servicio Web de notificaciones de eventos sísmicos – GeoJson:** implementación del servicio web GeoJson encargado de compartir la información de los eventos sísmicos localizados por el Servicio Geológico Colombiano en tiempo real con las entidades locales de gestión del riesgo.

- **Web Mapping Service – ShakeMap:** en el marco del proyecto SATRPES (Colombia-Japón) se realizó un trabajo en conjunto para la implementación de los mapas de intensidad instrumental que visualizan gráficamente el movimiento del terreno y posibles efectos causados por un sismo, expresados en niveles de intensidad sísmica (ver figura 68). Esta publicación aún no esta producción, pero

próximamente estará disponible en las cuentas oficiales del Servicio Geológico Colombiano y a través de correo electrónico.

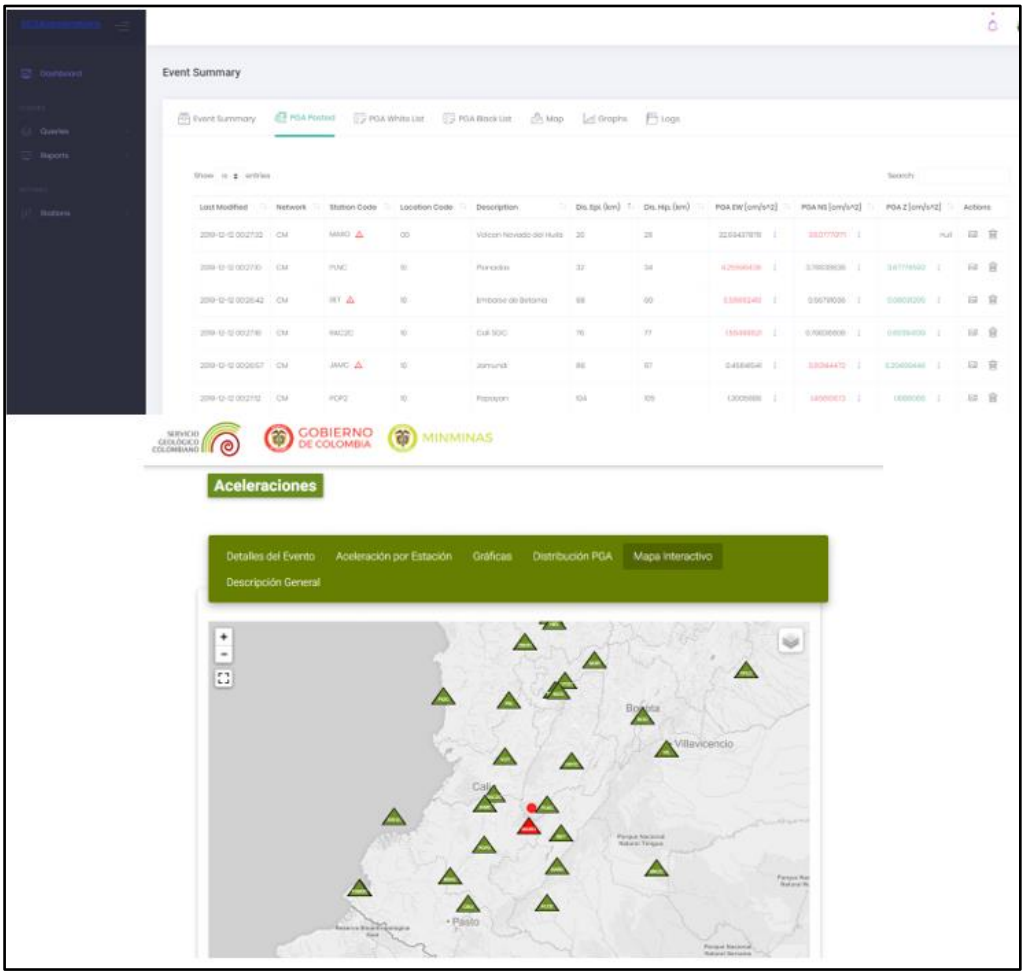


Interfaz de consulta de servicio de descarga de datos de forma de onda.



Publicación en Twitter y KML.

- **Catálogo Aceleraciones SeisComP3- scwfparams:** implementación una herramienta de gestión y consulta que permite el procesamiento y publicación de la medición directa de las aceleraciones que sufre la superficie del suelo en tiempo real y automático después de la ocurrencia de un evento sísmico (ver figura 69). El catálogo se encuentra disponible a través del siguiente enlace: **https://sismo.sgc.gov.co/**



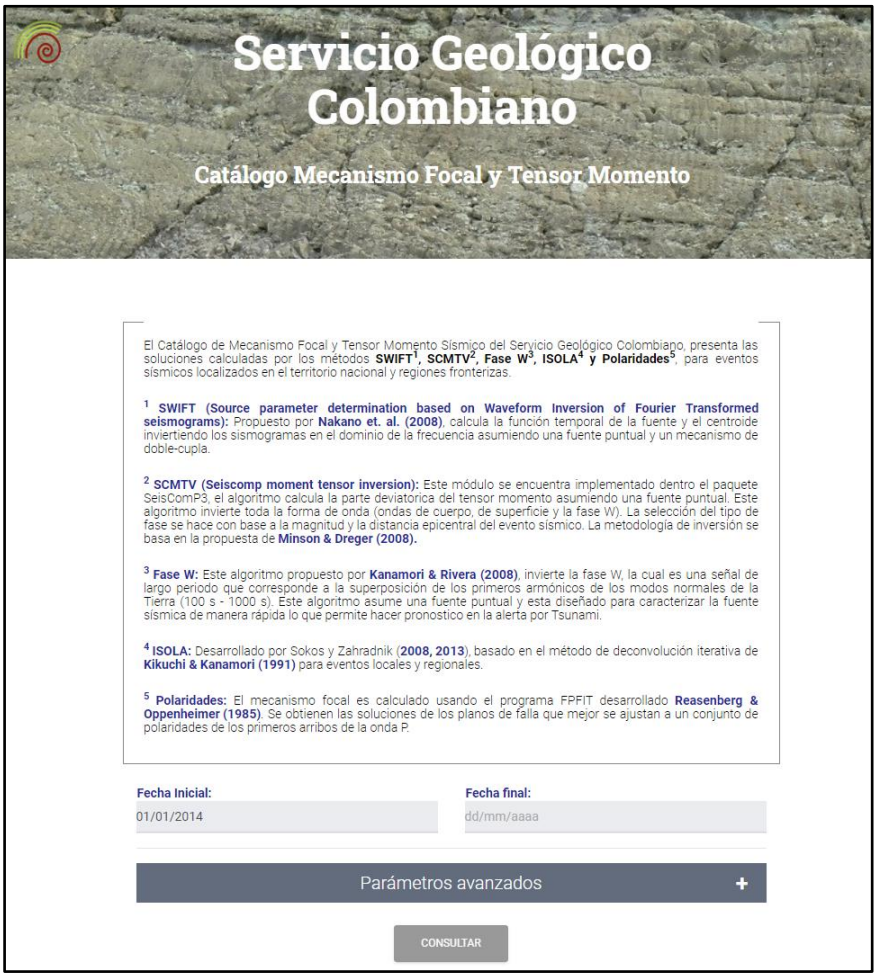
Interfaz de gestión y consulta del catálogo aceleraciones SeisComP3- scwfparams

- **Catálogo Mecanismo Focal y Tensor Momento:** implementación del Catálogo de Mecanismo Focal y Tensor Momento Sísmico del Servicio Geológico Colombiano, el cual presenta las soluciones calculadas por los métodos SWIFT, SCMTV, Fase W, ISOLA y Polaridades, para eventos sísmicos localizados en el territorio nacional y regiones fronterizas (ver figura 70). Este catálogo recoge las diferentes

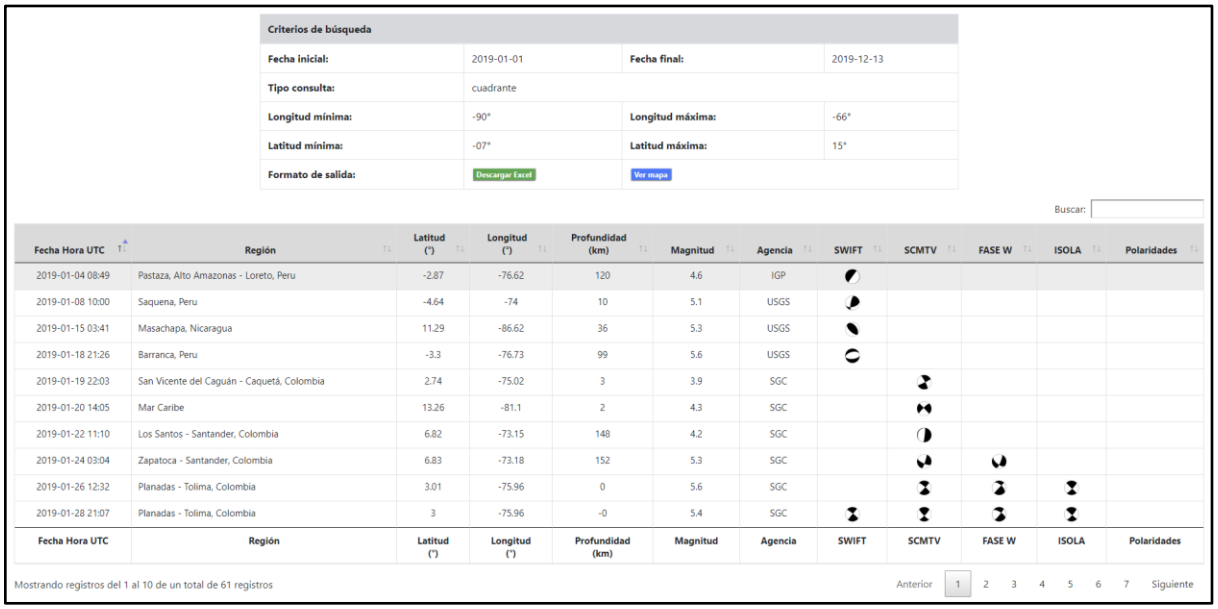
soluciones calculadas para un evento sísmico, desde el año 2014 y permite consultarlas en detalle, permitiéndole al usuario realizar búsquedas con parámetros por defecto o con parámetros avanzados, generar un reporte en Excel y visualizar el resultado de la búsqueda en un servicio de mapas por capas (ver figura 71 y 72).

El catálogo está disponible al público a través del visor de sismos, en el siguiente enlace:

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



Catálogo mecanismo focal y tensor momento



Criterios de búsqueda			
Fecha inicial:	2019-01-01	**Fecha final:**	2019-12-13
Tipo consulta:	cuadrante		
Longitud mínima:	-90°	**Longitud máxima:**	-66°
Latitud mínima:	-07°	**Latitud máxima:**	15°
Formato de salida:	Descargar Excel	Ver mapa	

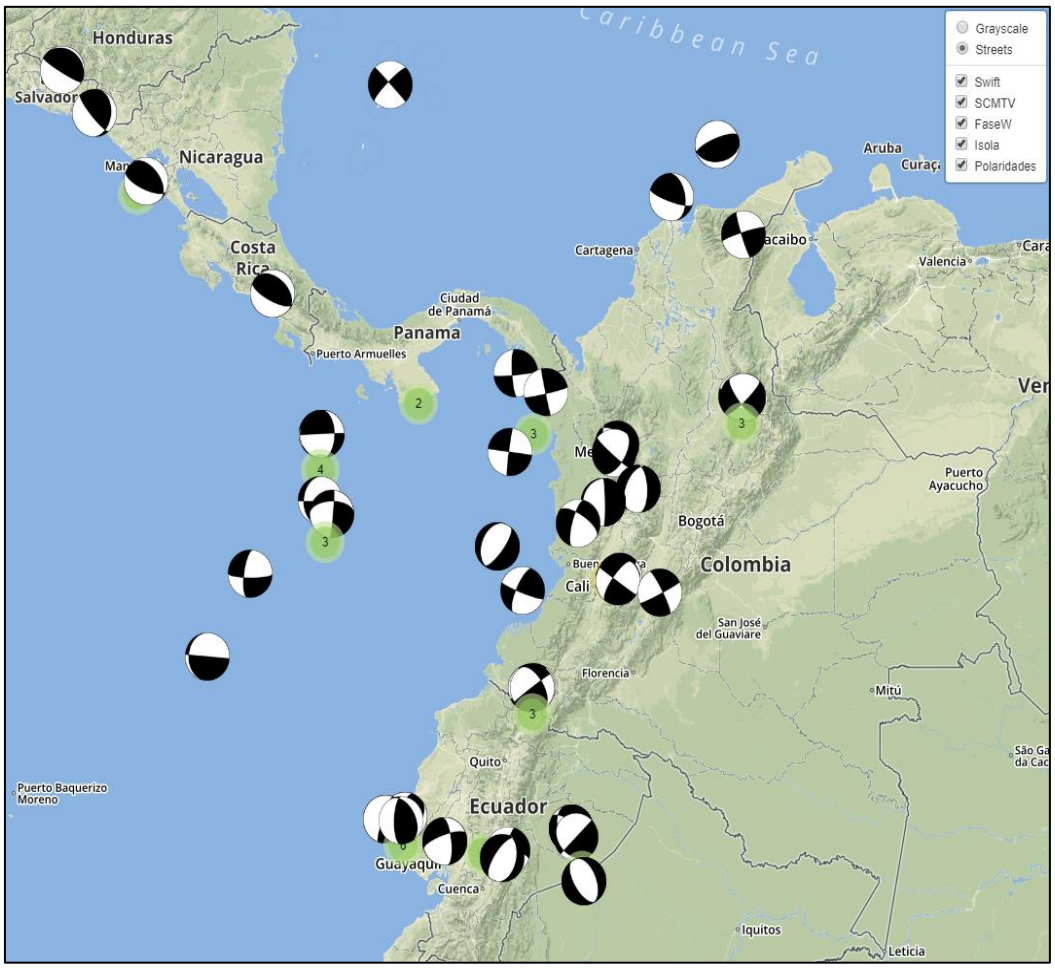
Buscar:

Fecha Hora UTC	Región	Latitud (°)	Longitud (°)	Profundidad (km)	Magnitud	Agencia	SWIFT	SCMTV	FASE W	ISOLA	Polaridades
2019-01-04 08:49	Pastaza, Alto Amazonas - Loreto, Peru	-2.87	-76.62	120	4.6	IGP					
2019-01-08 10:00	Saquena, Peru	-4.64	-74	10	5.1	USGS					
2019-01-15 03:41	Masachapa, Nicaragua	11.29	-86.62	36	5.3	USGS					
2019-01-18 21:26	Barranca, Peru	-3.3	-76.73	99	5.6	USGS					
2019-01-19 22:03	San Vicente del Caguán - Caquetá, Colombia	2.74	-75.02	3	3.9	SGC					
2019-01-20 14:05	Mar Caribe	13.26	-81.1	2	4.3	SGC					
2019-01-22 11:10	Los Santos - Santander, Colombia	6.82	-73.15	148	4.2	SGC					
2019-01-24 03:04	Zapatoca - Santander, Colombia	6.83	-73.18	152	5.3	SGC					
2019-01-26 12:32	Planadas - Tolima, Colombia	3.01	-75.96	0	5.6	SGC					
2019-01-28 21:07	Planadas - Tolima, Colombia	3	-75.96	-0	5.4	SGC					
Fecha Hora UTC	**Región**	**Latitud (°)**	**Longitud (°)**	**Profundidad (km)**	**Magnitud**	**Agencia**	**SWIFT**	**SCMTV**	**FASE W**	**ISOLA**	**Polaridades**

Mostrando registros del 1 al 10 de un total de 61 registros

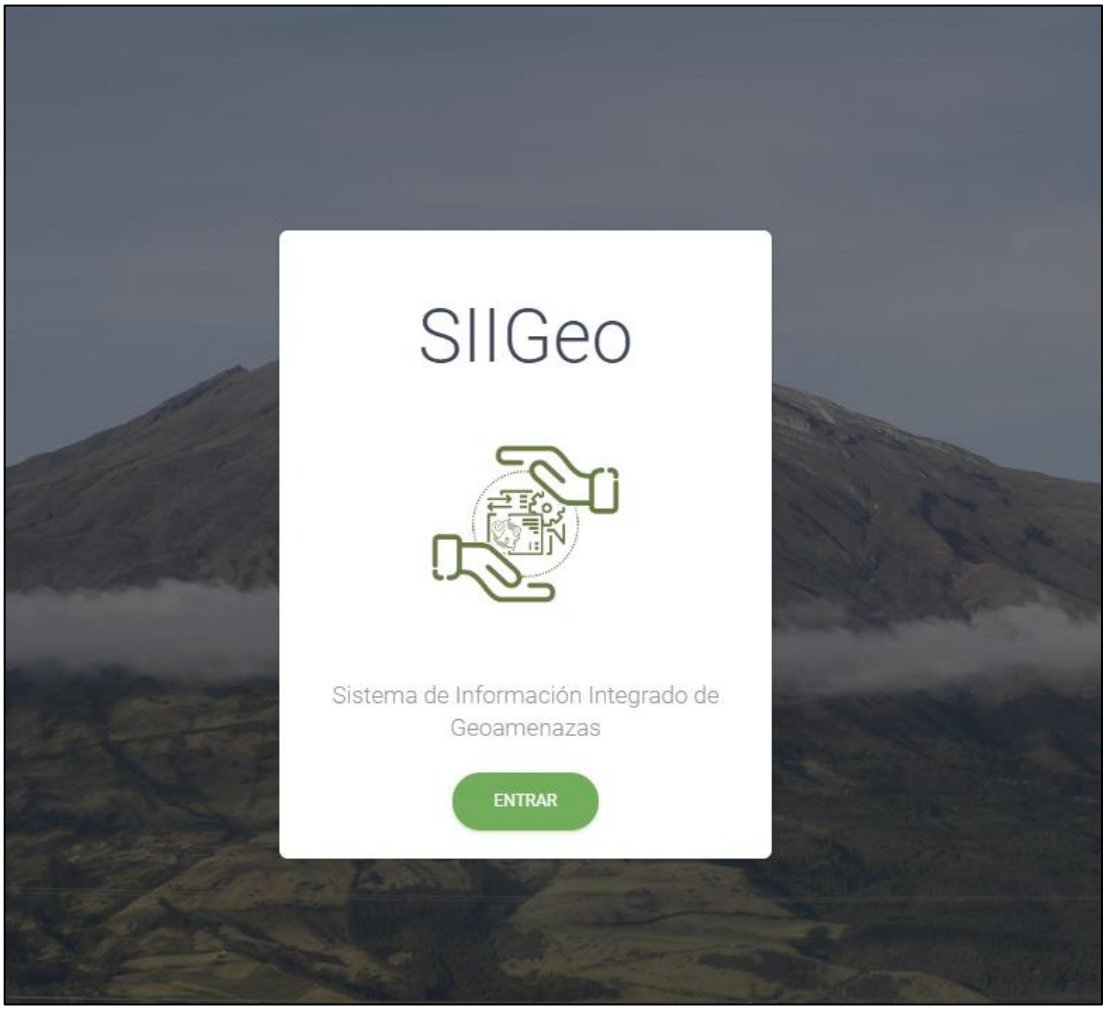
Anterior 1 2 3 4 5 6 7 Siguiente

Resultado de búsqueda del catálogo para el año 2019.

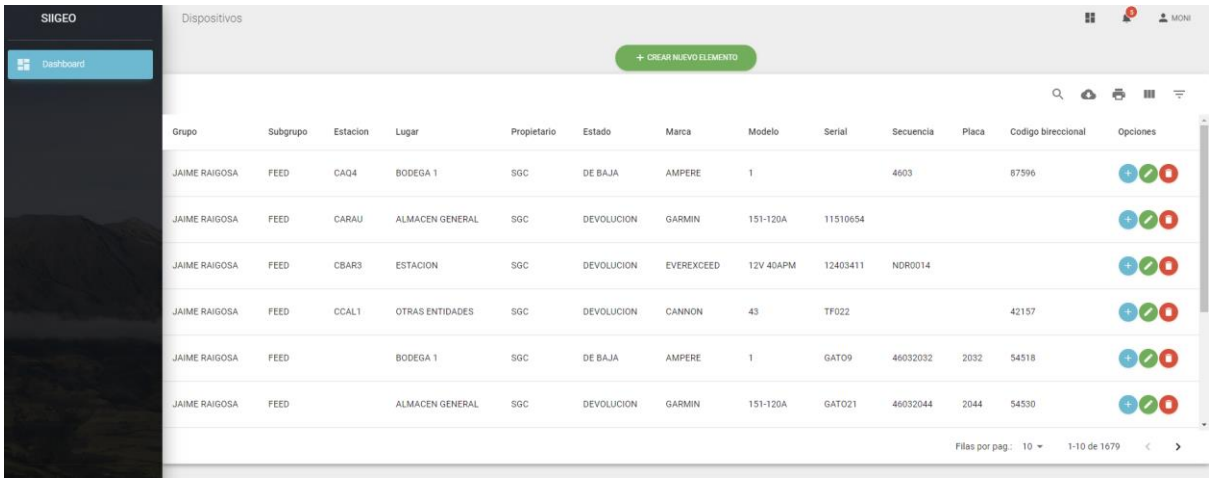


Resultado de búsqueda a través del servicio de mapa por capas para el año 2019

- **Proyecto SIIGeo:** inicio de la implementación del proyecto SIIGeo (*Sistema de información Integrado de Geoamenzas*) que permitirá la gestión de estaciones, dispositivos y solicitud de las comisiones de trabajo de las redes de monitoreo de la GeoRed, Observatorios Vulcanológicos y la Red Sismológica Nacional (ver figuras 73 y 74). El SIIGeo se está ejecutando bajo el marco de trabajo SCRUM para el desarrollo ágil de software. Para su implementación se está haciendo uso de la herramienta de desarrollo Django (Backend), “React” para las interfaces de usuario (FrontEnd) y su arquitectura está desplegada sobre “Docker” el cual permite crear, probar e implementar aplicaciones ágilmente. Actualmente el proyecto se encuentra en su fase inicial de implementación y tiene una fecha aproximada de entrega a primer semestre de 2020.

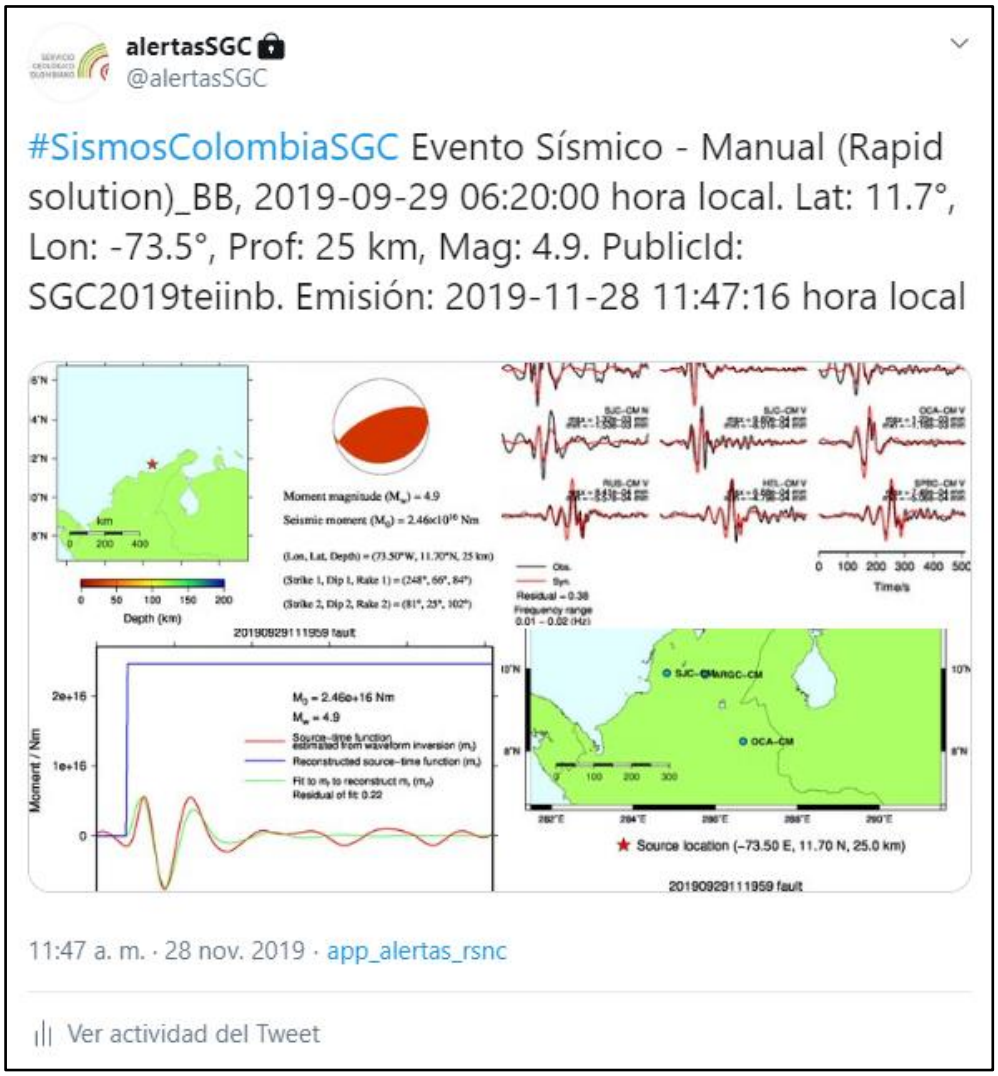


nterfaz acceso al SIIGeo



nterfaz gestión dispositivos de la Red de Monitoreo.

- **Publicación soluciones de tensor de momento (SWIFT):** Desarrollo e implementación del sistema que permite el monitoreo las soluciones automáticas de momento tensor calculadas por SWIFT, evaluando los parámetros de publicación y diseminando la solución con sus respectivas imágenes, mediante el envío de correo electrónico y una publicación de Twitter en la cuenta @alertasSGC (figura 75). Para el caso de las soluciones manuales, se logró integrar las interfaces de procesamiento con un servicio Web para la diseminación de la información. Esta publicación está disponible bajo suscripción a la cuenta.



Publicación en Twitter del método para el cálculo de tensor momento SWIFT.

Actividades de apropiación social del conocimiento:

Hemos participado en las Ferias Nacionales de atención al ciudadano organizadas por la Presidencia de la Republica y el Departamento Nacional de Planeación en: Valledupar – Cesar, Istmina – Chocó, Villavicencio – Meta, Ayapel – Córdoba, Líbano – Tolima.

Igualmente, se han atendido más de 160 solicitudes (derechos de petición y requerimientos), entre los que se incluyen las visitas de estudiantes y grupos a la Red Sismológica Nacional de Colombia (figura 76). Y se ha generado de material, tutoriales y contenido para preguntas frecuentes (figura 77).



Visita a las instalaciones de la Red Sismológica Nacional de Colombia



Ejemplo de materia para preguntas frecuentes.

Proyecto ID 10001108 - Amenaza y Riesgo Sísmico en Colombia

Descripción del Proyecto: 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.

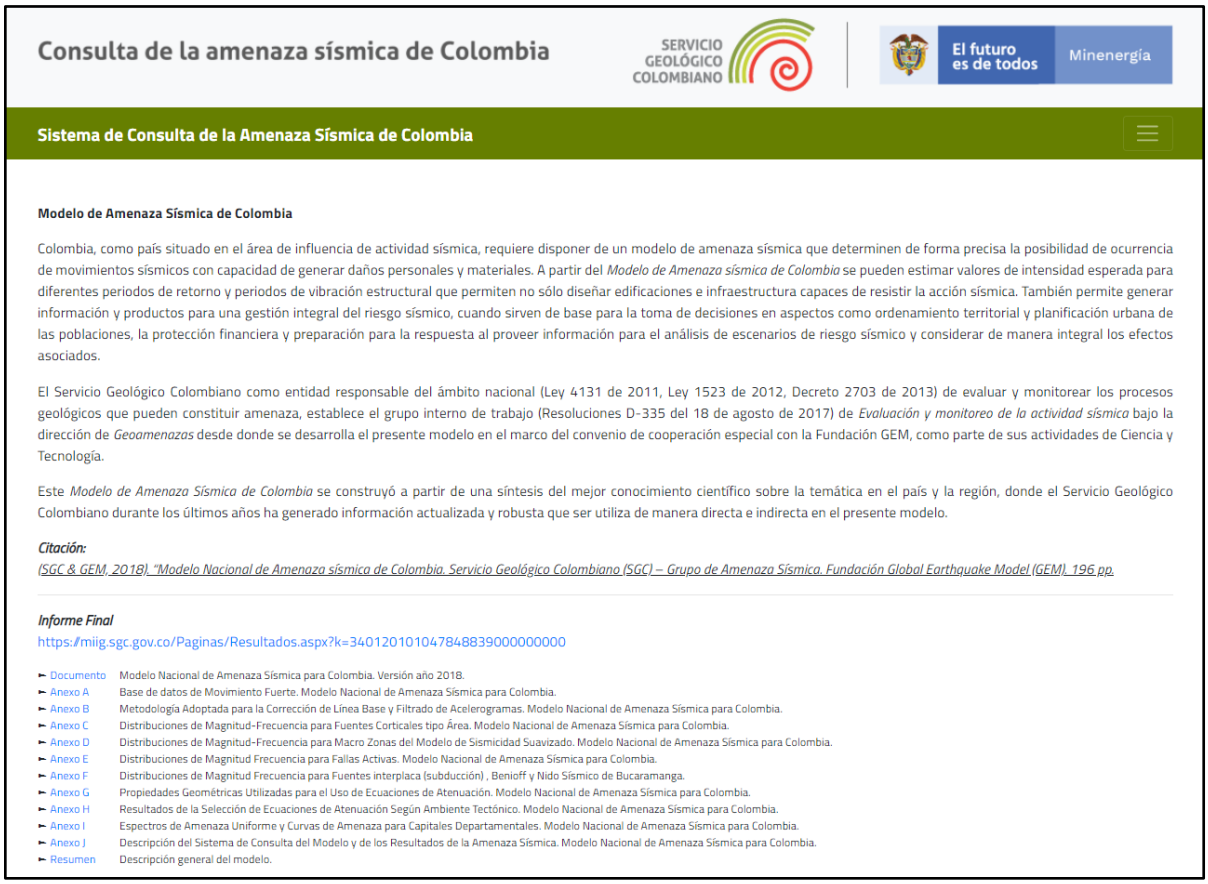
Nombre y Descripción de Productos y Entregables:

- Informes y mapas de zonificación
- Servicios de datos e información

Modelo nacional de amenaza sísmica

Un modelo de amenaza sísmica debe constituir una síntesis del mejor conocimiento científico sobre la temática en el país y la región. El Servicio Geológico Colombiano durante los últimos años ha generado información actualizada y robusta que ha sido incorporada de forma directa e indirecta en la modelación de la amenaza sísmica.

Se entregó y oficializó el informe Modelo Nacional de Amenaza Sísmica para Colombia, se preparó herramienta (*Excel, Postgresql*) para las consultas de espectros de amenaza uniforme (UHS por sus siglas en Inglés) y curvas de amenaza por coordenada, y una tabla de evaluación de los UHS para las ciudades capitales (475, 975 y 2475 años), y comparación con los espectros de diseño normativos (NSR-10 y CCP-14). Igualmente se desarrolló un prototipo para la presentación web de resultados de desagregación sísmica.



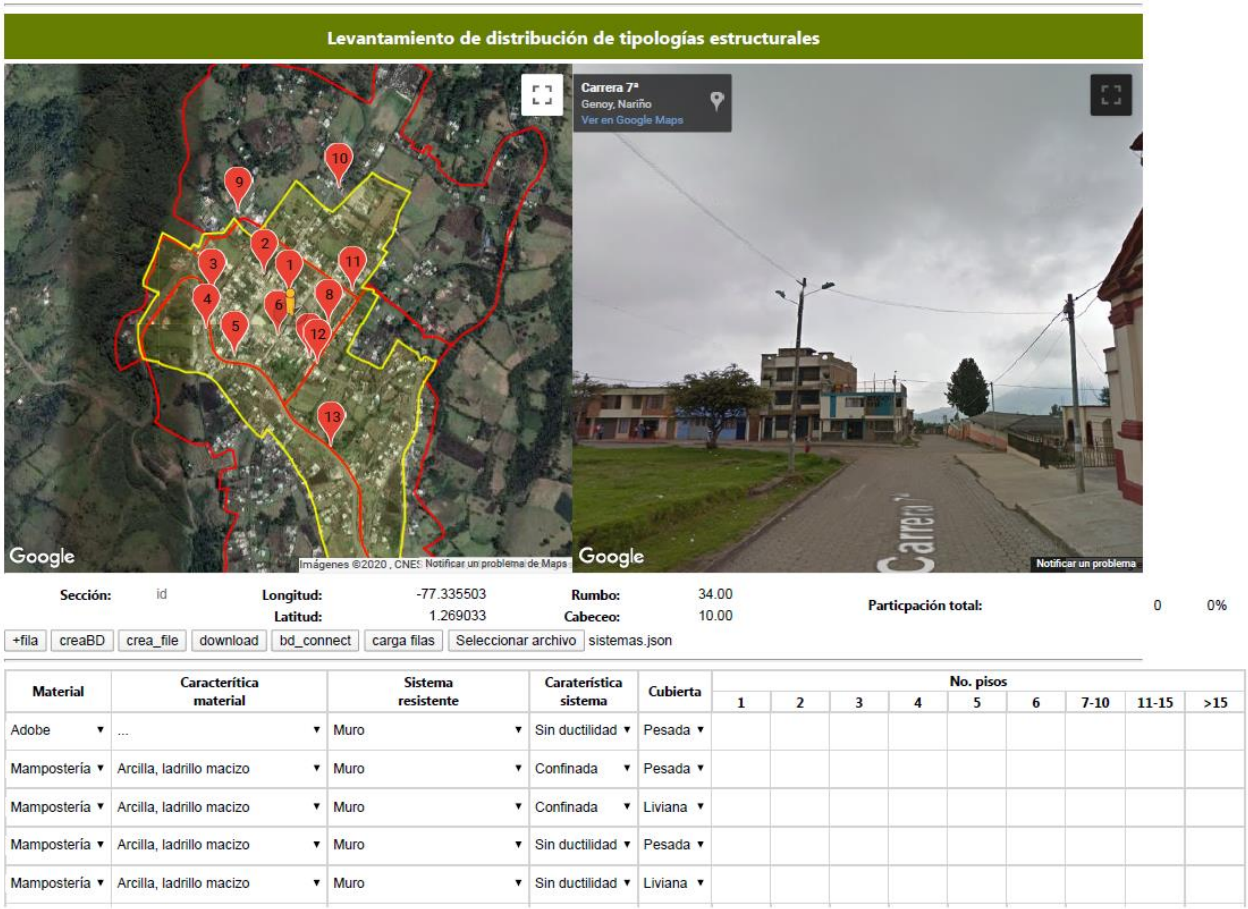
Aplicación de consulta del modelo nacional de amenaza sísmica



Prototipo de resultados consulta desagregación amenaza sísmica de ciudades

Modelo nacional de riesgo sísmico Fase I

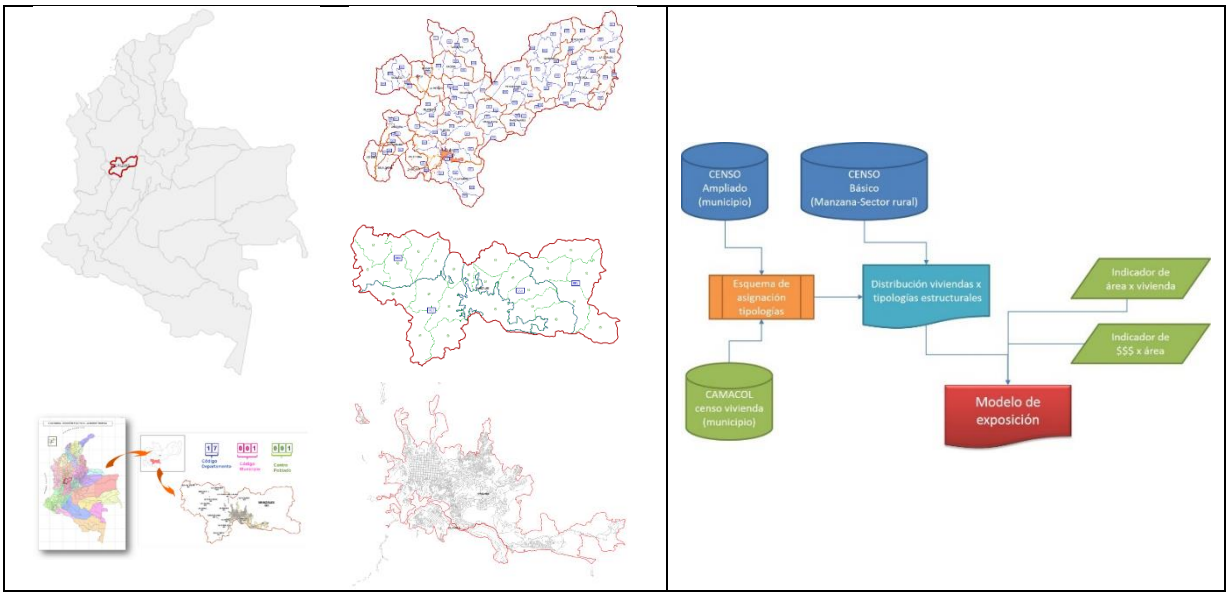
Conforme quedó definido en las Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018– 2022 “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad”, expedido por la Ley 1955 del 25 de mayo de 2019, el Servicio Geológico Colombiano formulará un Modelo Nacional de Riesgo Sísmico, para lo cual se continúa con la compilación de insumos para la elaboración de un modelo nacional de exposición a partir de información y bases de datos nacionales, e información detallada para modelos de nivel departamental y municipal, incorporando el desarrollo de una herramienta para inspección y levantamiento de distribución de tipologías estructurales por zonas.



Herramienta para inspección y levantamiento de distribución de tipologías estructurales

En cuanto a la estimación de los valores expuestos (económicos y población), la única información directa disponible respecto valores de construcción y/o expuestos, está agrupada por municipio para las áreas urbana y rural (IGAC, 2017).

Como participación en el proyecto "*Evaluación colaborativa de riesgos por volcanes y terremotos - CRAVE*", se seleccionó un área piloto para estudio y discusión de la metodología para elaboración de los modelos de exposición; revisión y discusión de la metodología para asignación de tipologías y creación de modelos de distribución de tipologías estructurales; inspecciones visuales (Google Street View) en sectores urbanos para definición de tipologías constructivas en las ciudades de Armenia y Pereira. Definición de fracciones de participación y distribución de viviendas según sectores censales en tipologías constructivas.



Niveles de resolución de información y metodología para modelo de exposición

Igualmente se gestionó, se recibió, revisó y analizó la información contenida en la encuesta del SISBEN IV para una ciudad piloto (Pasto). La información está agrupada y atada geográficamente a información del DANE, que en lo rural no tiene disponible en el MGN y es de solo para un segmento de la población. Se espera que la información de las preguntas que interesan, esté incluida en los resultados del censo nacional, que si es para el total de la población.

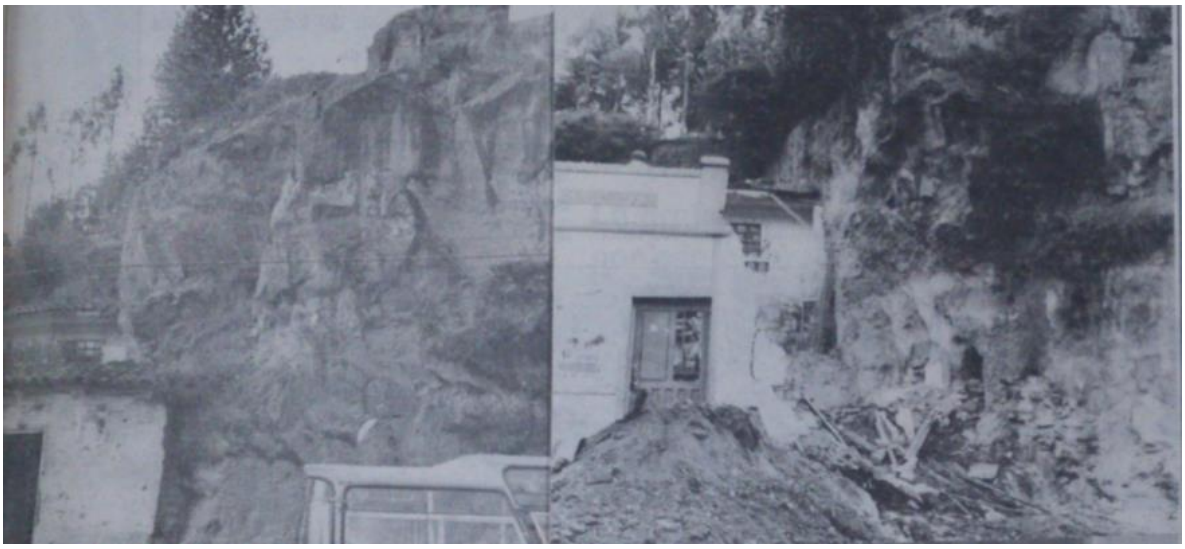
Sismicidad Histórica

En relación con sismos históricos, se ha trabajado en el estudio macrosísmico del evento del 4 de marzo de 1995 en Pasto – Nariño; y de otro lado, se ha realizado búsqueda y organización de información del sismo de Galeras del 12 de junio de 2018 y búsqueda preliminar en web de información correspondiente a los sismos del 18 de diciembre de 1926 y del 10 de febrero de 1933 en la zona de frontera colombo-ecuatoriana, para lo cual se compilaron de fichas de transcripción y se elaboraron nuevas fichas de consulta para elaboración de informe independiente si se consigue nueva.

Se revisaron y reescribieron resúmenes de cuatro sismos históricos para incluirlos en el Catálogo de Grandes sismos de Colombia. Esta actividad demanda mayor disponibilidad para investigación histórica de diversas épocas y regiones del país.

Como parte de los compromisos en desarrollo del proyecto *Aplicación de las tecnologías más avanzadas para el fortalecimiento de la investigación y respuesta a eventos de la actividad sísmica, volcánica y tsunami, y el mejoramiento de la gestión del riesgo en la*

República de Colombia, se avanzó en el informe "Efectos de los sismos históricos en las costas Caribe y Pacífica colombiana". Se detallaron los efectos ocurridos en la naturaleza a causa del sismo del 12 de diciembre de 1979, y se hicieron mapas de zonas de licuefacción en Tumaco basados en diversas fuentes de información.



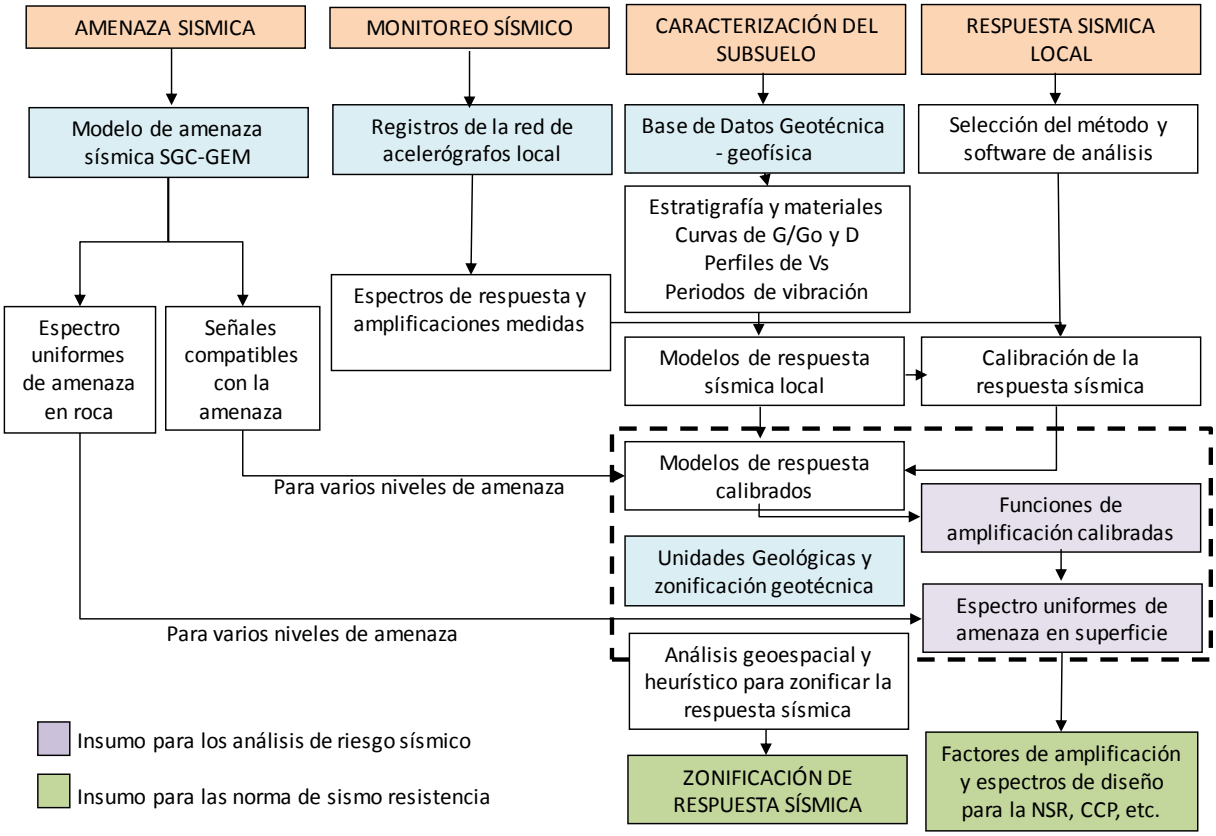
Efectos del sismo del 4 de marzo de 1995 (Fuente Diario del Sur)

Amenaza sísmica a escala Urbana

Conforme el Decreto 926 de 2010 (NSR-10), las capitales de departamento y ciudades de más de 100.000 habitantes localizadas en zonas de amenaza sísmica intermedia y alta según zonificación establecida por la norma de construcciones sismo resistentes, deberán armonizar los instrumentos de planificación para el ordenamiento territorial, con un estudio microzonificación sísmica. El Objetivo de estos estudios es identificar cómo amplifican o de-amplifican el movimiento las capas superficiales del terreno cuando ocurre un sismo. Para ello se definen factores de amplificación que modifican la amenaza sísmica debido a las condiciones locales de cada ciudad.

En el primer semestre se formalizaron convenios especiales de cooperación con las ciudades de Popayán, Pasto y Pereira, con el propósito de aunar esfuerzos técnicos y administrativos para realizar estudios de zonificación de respuesta sísmica, y escenarios de riesgo sísmico en las dos últimas ciudades.

Convenio	Ciudad	Inicio	Duración	% avance
No. 03 de 2019	Popayán	Marzo de 2019	12 meses	95
No. 02 de 2019	Pasto	Abril de 2019	15 meses	60
No. 018 de 2019	Pereira	Junio de 2019	24 meses	30



Esquema propuesta metodológica general de los estudios de zonificación de respuesta sísmica

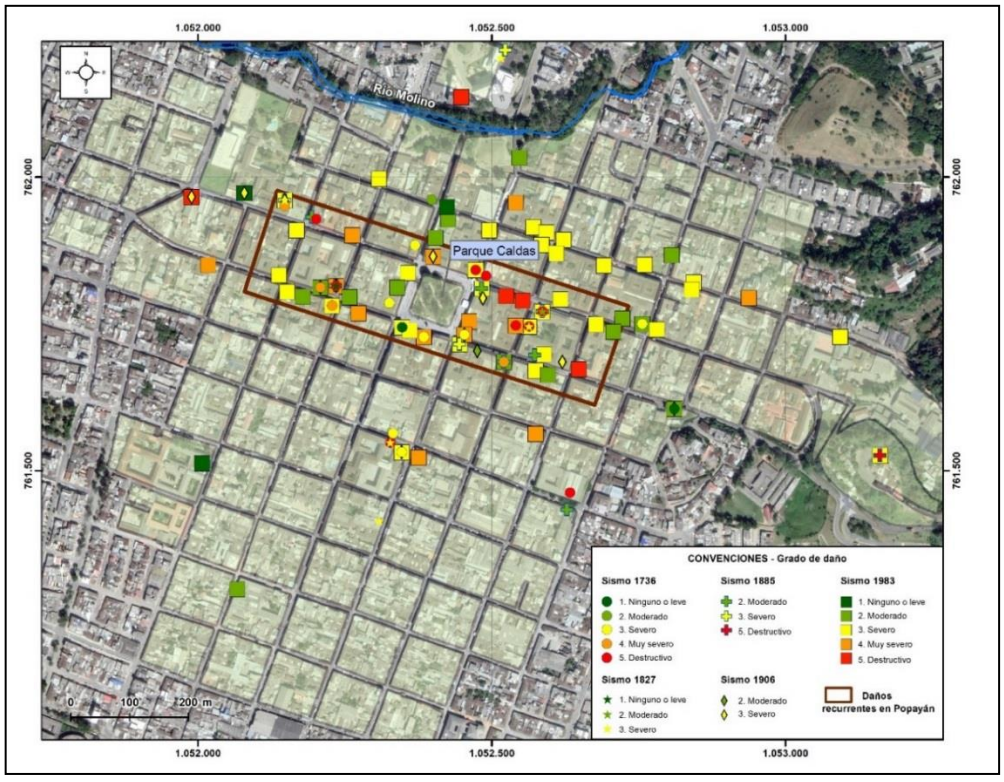
Amenaza sísmica de Popayán

En cumplimiento de los compromisos del convenio, el 20 de diciembre se entregó la versión de discusión del estudio de Zonificación de respuesta símica, el cual fue socializado a la Alcaldía municipal, el Consejo municipal de gestión del riesgo de

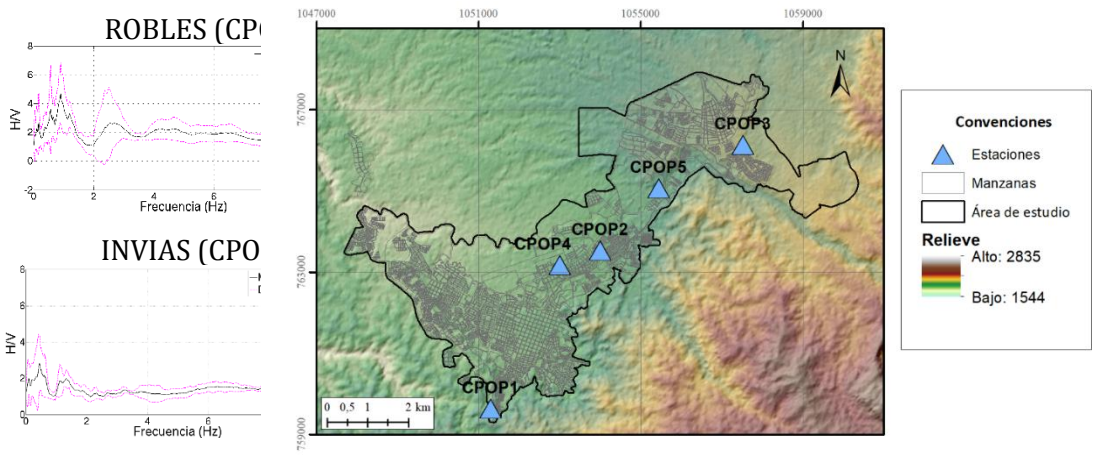
desastres y a la Asociación de Ingenieros del Cauca y universidades. El informe comprende los siguientes capítulos:

1. Introducción
2. Sismicidad histórica
3. Amenaza sísmica en roca
4. Interpretación de señales acelerógrafos
5. Caracterización geofísica
6. Geología local
7. Caracterización geotécnica
8. Modelación de la respuesta sísmica
9. Zonificación de respuesta sísmica
10. Factores de amplificación y espectros normativos

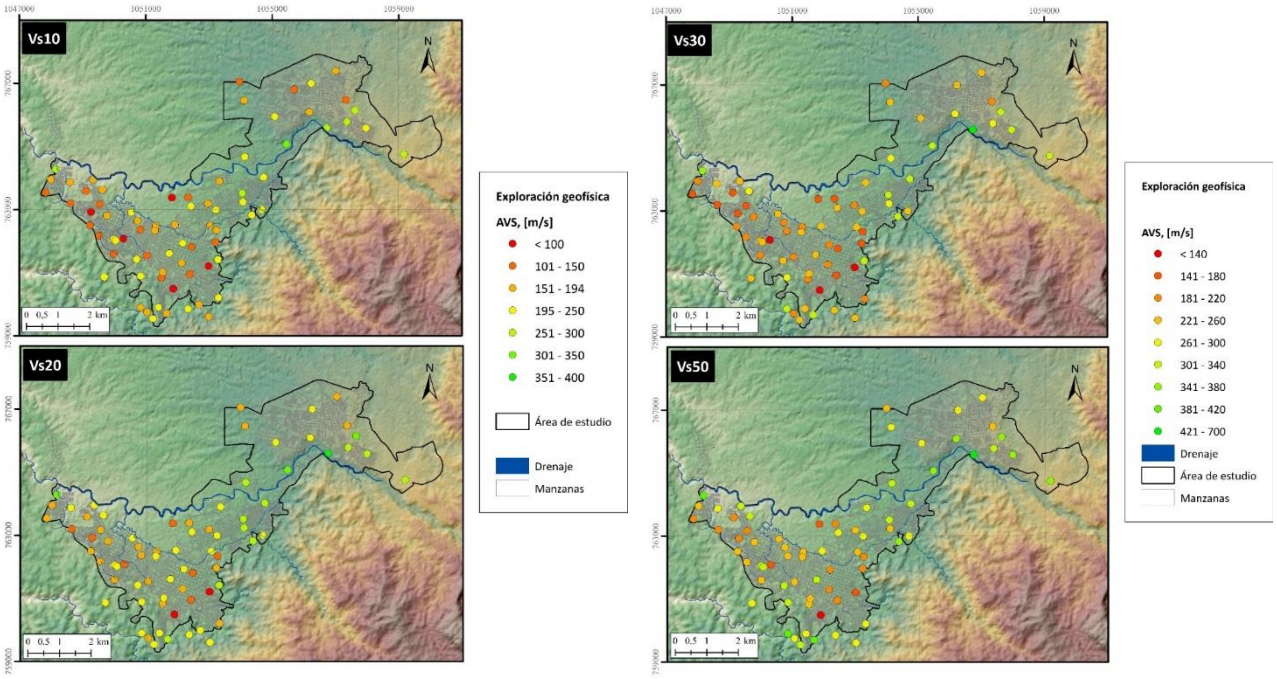
Igualmente, para la ampliación de la red de acelerógrafos de la ciudad, el SGC elaboró las especificaciones para que el municipio realizara los procesos contractuales para construir dos casetas y comprar dos acelerógrafos. Las casetas fueron terminadas en septiembre y los acelerógrafos recibidos en la alcaldía en diciembre.



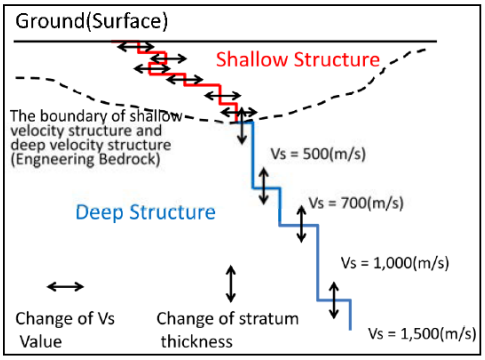
Sismicidad histórica Popayán



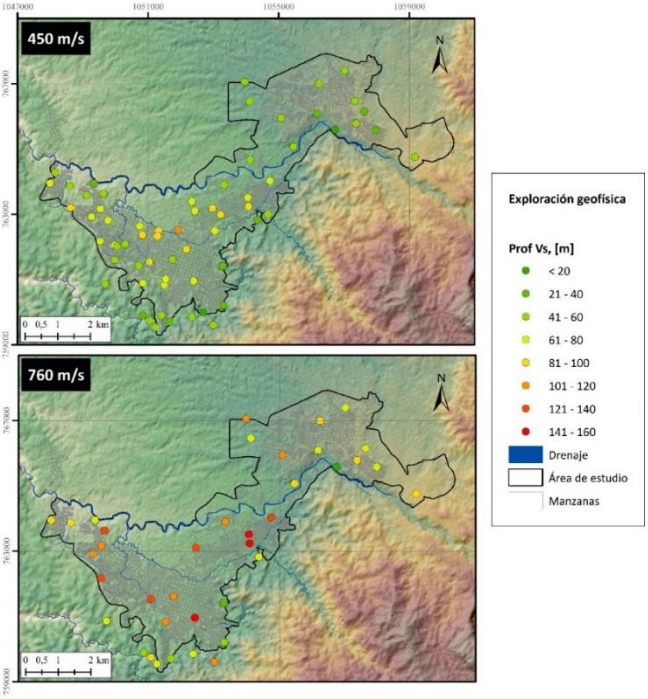
Red local de acelerógrafos - Interpretación de señales



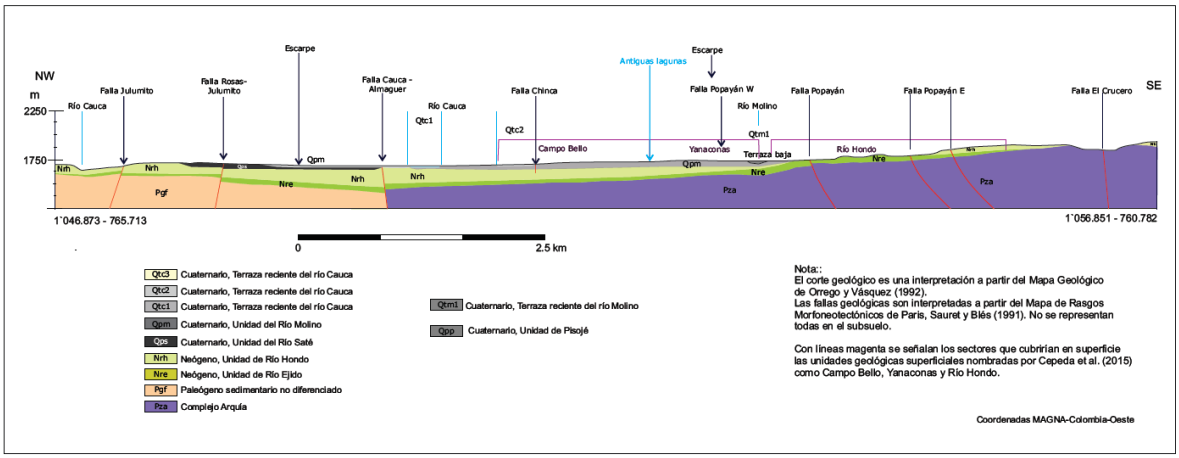
Resultados Exploración geofísica - Promedio velocidad onda de corte (Vs)



Estructura del subsuelo (Senna *et al*., 2013)



Resultados Exploración geofísica - Profundidad del basamento



Corte geológico

Amenaza y riesgo sísmico de Pasto

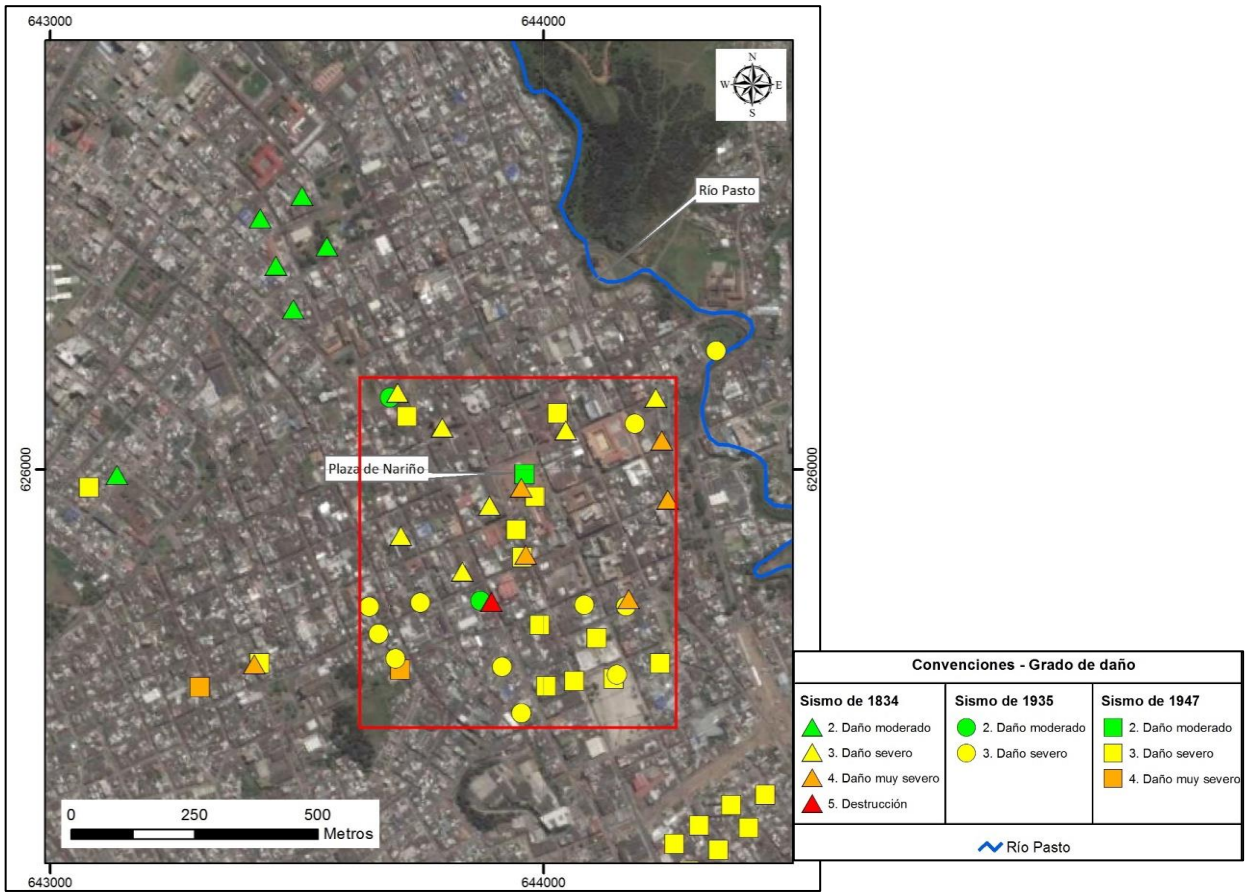
En los estudios en Pasto, convenio que inició en abril, se tuvo avance de 65% en la Zonificación de respuesta símica, representado en los siguientes temas:

1. Sismicidad histórica (80%)
2. Amenaza sísmica en roca (80%)
3. Interpretación de señales acelerógrafos (80%)
4. Caracterización geofísica (80%)
5. Geología local (70%)
6. Caracterización geotécnica (50%)

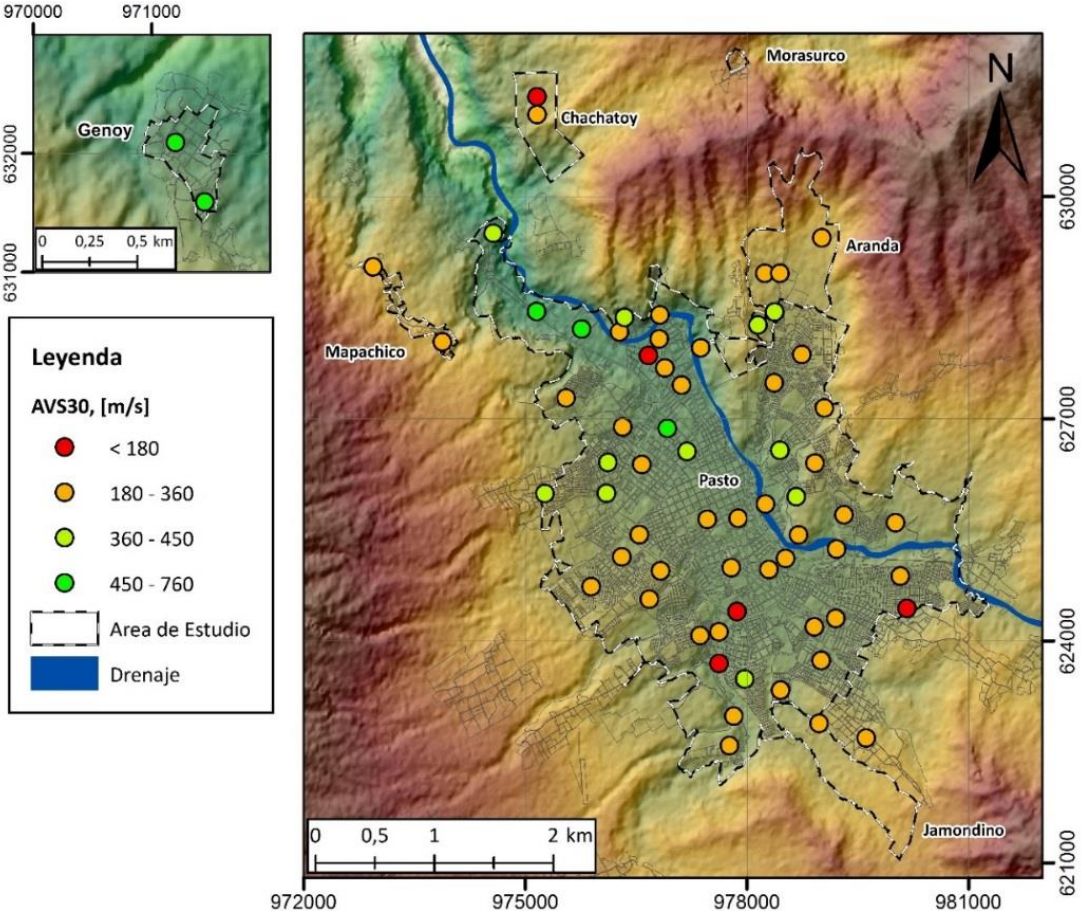
Para la exploración directa del subsuelo por medio de perforaciones y laboratorios, el SGC elaboró las especificaciones para que el municipio contratara y ejecutara 240 m de perforación y las pruebas de laboratorio, el SGC brindó el apoyo a la supervisión técnica durante la ejecución de ese contrato, realizando observaciones y recomendaciones sobre equipos y procesos de perforación, recuperación, empacado y embalaje de muestras, así como revisión y observaciones a los informes y documentación enviados por el contratista, además de asistencia a reuniones entre la DGRD y el contratista. Este proceso, y el suministro de estudios de suelos de la curaduría a cargo de la alcaldía tuvieron retrasos de tres meses, por lo cual los análisis geotécnicos sólo se iniciaron en el mes de diciembre.

Igualmente, para la ampliación de la red de acelerógrafos de la ciudad, el SGC elaboró las especificaciones para que el municipio realizara los procesos contractuales para

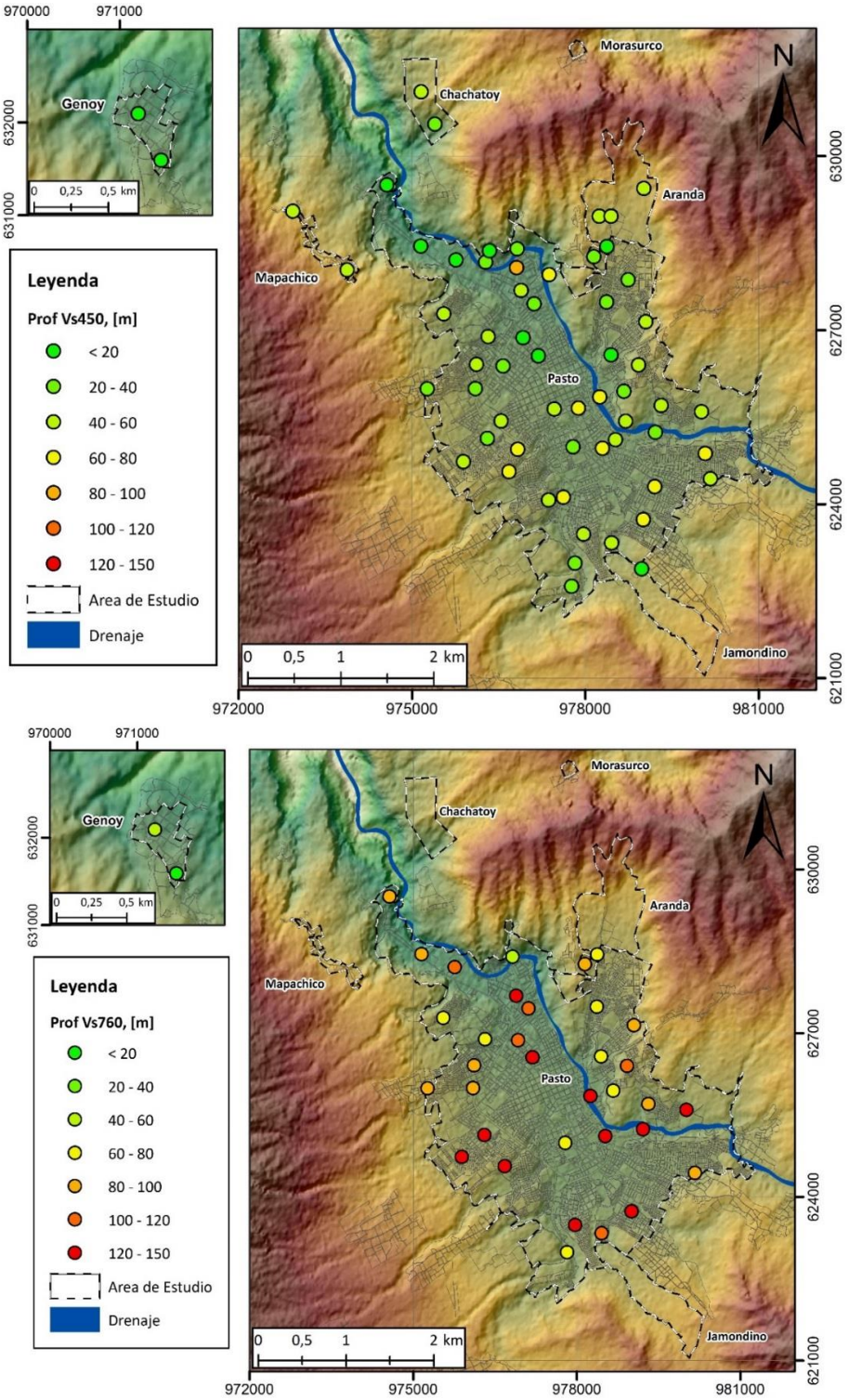
construir dos casetas y comprar dos acelerógrafos. Una caseta se terminó de construir en diciembre y los dos acelerógrafos fueron recibidos en la alcaldía en diciembre.



Sismicidad histórica Pasto



Resultados Exploración geofísica Promedio velocidad onda de corte (Vs)



Resultados Exploración geofísica - Profundidad del basamento

En cuanto a los escenarios de daño y pérdidas por terremoto, se tuvo avance de 45% en modelo de exposición de edificaciones para la ciudad de Pasto y el centro poblado de Genoy.

Amenaza y riesgo sísmico de Pereira

Con la ciudad de Pereira se formalizó convenio en el mes de junio. Para la zonificación de respuesta sísmica se tienen los siguientes avances:

1. Sismicidad histórica 40%
2. Amenaza sísmica en roca 80%
3. Interpretación de señales acelerógrafos 70%
4. Caracterización geofísica 60%
5. Geología local 20%
6. Caracterización geotécnica 30%

Para la exploración directa del subsuelo por medio de perforaciones y laboratorios, el SGC elaboró las especificaciones para que el municipio contratara ejecutar 340 m de perforación y las pruebas de laboratorio.

Desde el mes de julio, el SGC realizó la instalación de tres estaciones portátiles de acelerógrafos en una sección típica para estudiar el efecto topográfico, los equipos están operando y se realizó mantenimiento y descarga de datos en septiembre y diciembre, y para la ampliación de la red local, el SGC elaboró las especificaciones para que el municipio realizara los procesos contractuales para construir dos casetas y comprar cuatro acelerógrafos. Debido a la contingencia por el deslizamiento del Portal de la Villa, los recursos 2019 destinados para la red fueron trasladados, por tanto, esta actividad quedo para el 2020.

Servicios de datos e información

De manera permanente se realiza revisión y ajuste de incidencias en los servicios de datos e información, incluyendo la actualización de módulos de exportación y de fuentes de información, optimización de velocidad y corrección al comportamiento de pestañas implicando remoción de componentes *dojo* y elaboración de componentes HTML5.

Con participación del grupo de Servicios y Divulgación de Información Geocientífica se estableció propuesta de articulación para los desarrollos y mejoras en los servicios de datos e información.

En el Sistema de Información de Sismicidad histórica de Colombia se dispuso una nueva consulta por efectos y se realizó edición de la información de estos efectos, con el fin de

ajustarla a la nueva categorización y visualización de la consulta. Igualmente se cargaron documentos históricos y fotografías, y se corrigieron errores temáticos almacenados en la base de datos.

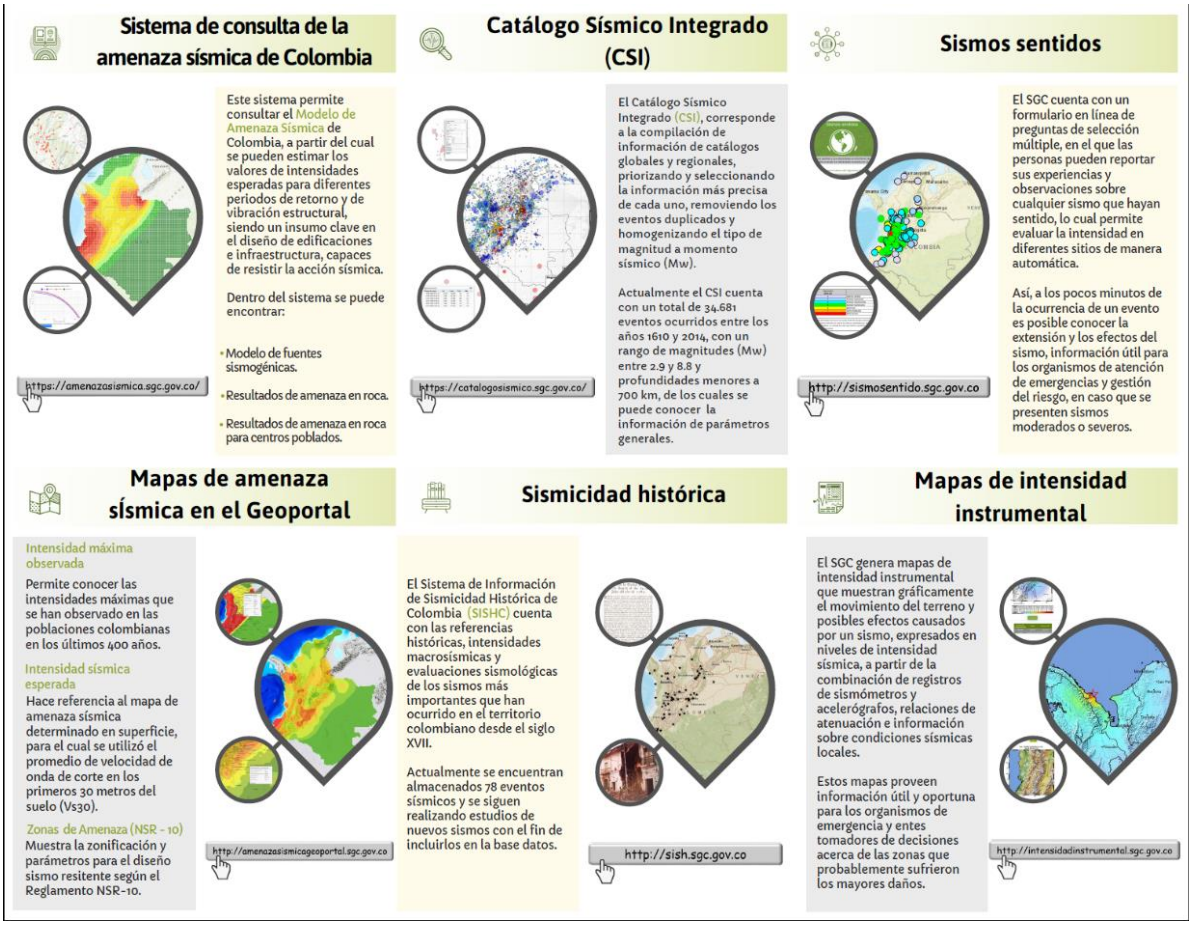
En el aplicativo Catálogo Sísmico de Colombia se depuraron diferentes formatos de cargue de datos, árboles de priorización de fuentes de información y diferentes códigos y versiones del aplicativo, y se compiló y está en revisión nueva versión, utilizando catálogos nacionales e internacionales hasta 2016 http://catalogosismico.sgc.gov.co/mapa.html.

Para el aplicativo de Sismo Sentido, en 2019 continuó el incrementó en la participación de la comunidad reportando los eventos sentidos. Durante este periodo se tuvieron 37.567 reportes asociados a 535 sismos, mientras que para todo 2018 hubo 15218 reportes de 349 sismos. Como una acción de mejora, se está desarrollando ecuaciones de relación de intensidad-magnitud-distancia hipocentral, que permitan restringir la visualización de puntos de intensidad, teniendo en cuenta la distancia del sitio reportado al hipocentro.
En cuanto a accesos y visitas a páginas de los servicios de datos e información dispuestos, se tienen las siguientes estadísticas:

a. El sistema de Información de Sismicidad Histórica tuvo 8782 usuarios con 20424 visitas a páginas (por problemas con despliegue de versiones en el servidor de aplicaciones, no se tiene disponible las estadísticas entre los meses de julio y noviembre)
b. Durante el periodo, la aplicación Sismo sentido tuvo 116855 usuarios y 177595 visitas
c. La aplicación de Amenaza Sísmica tuvo 3627 usuarios, con 11323 visitas a páginas (estadísticas disponibles a partir del mes de abril).

Actividades gestión proyectos riesgo sísmico

Como actividades de apropiación social del conocimiento, durante 2019 se divulgaron en las redes sociales institucionales 40 infografías correspondientes a los grandes sismos históricos de Colombia, y se generó una *línea de tiempo de grandes sismos históricos* para publicar en el portal web todas las infografías generadas. De igual manera se preparó un tríptico con información de los productos y servicios en amenaza sísmica del Servicio Geológico Colombiano.



Información de los productos y servicios en amenaza sísmica del Servicio Geológico Colombiano

Como parte de las actividades de apropiación social del conocimiento geocientífico se participó en los siguientes eventos, donde se presentaron charlas sobre amenaza, microzonificación y riesgo sísmico:

1. Encuentro nacional en riesgo sísmico, Conmemoración 20 años del terremoto Eje Cafetero organizado por la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres y la Gobernación del Quindío.
2. IX Congreso nacional de ingeniería sísmica organizado por la Universidad del Valle y la Asociación colombiana de ingeniería sísmica
3. Asistencia al Curso internacional de ingeniería geotécnica sísmica organizado por la Sociedad Colombiana de Geotecnia, y participación con un stand donde se divulgó el Modelo nacional de amenaza sísmica.
4. Participación en el Ciclo de conferencias con la Sociedad Colombiana de Ingenieros, en las jornadas realizadas en Ibagué, Bucaramanga y Cartagena.

5. Participación en XVII Congreso Colombiano de Geología 2019, con conferencias, poster y con información en el stand institucional.
6. Se organizó y realizó el Foro Amenaza y Riesgo Sísmico en Colombia (2019), con participación de alrededor de 100 profesionales de entidades, asociaciones, universidades y empresas de ingeniería.
7. Por solicitud de Sociedad de Ingenieros de Santander y Gestión del riesgo de Risaralda, se dictaron charlas de amenaza, riesgo y microzonificación sísmica en las ciudades de Bucaramanga y Pereira.
8. Se participó en la Mesa técnica Universidad de Nariño donde se trataron los posibles riesgos y amenazas existentes para el predio ubicado en la sede del Barrio la Ciudadela en Tumaco
9. Participación en las XVIII Geotécnicas y XXI Jornadas Estructurales 2019 de la Sociedad Colombiana de Ingenieros

En coordinación con la Universidad del Norte se aplicó a la Convocatoria N° 852 “Conectando conocimientos” de Colciencias, que incluye la formulación de una propuesta de programa de riesgo sísmico y tres proyectos específicos. Así mismo, se acordó una propuesta para desarrollar o regionalizar modelos de predicción del movimiento fuerte del terreno compatibles con la sismicidad de Colombia y Ecuador, a desarrollar a través de un convenio especial de cooperación con Universidad del Norte y se adelantaron contactos con instituciones nacionales e internacionales para aunar esfuerzos técnicos y económicos para el desarrollo de actividades de amenaza y riesgo sísmico.

Otras actvidades

Se elaboró un formulario para la evaluación de intensidades en campo, utilizando la aplicación *Survey 123* de ESRI. Este formulario permite diligenciar toda la información requerida para evaluar las intensidades utilizando dispositivos móviles, contando con selección múltiple de respuestas, campos de texto e inserción de fotografías. También permite añadir el punto desde el cual se diligenció el formulario, utilizando el GPS del dispositivo. Se hicieron pruebas y el formulario se encuentra totalmente funcional. Lo único que se requiere para poder utilizarlo es usuario y contraseña de ArcGis Online y descargar la aplicación de *Survey 123* en cualquier dispositivo. Este formulario tiene la ventaja de que el tiempo de post-procesamiento en oficina se minimiza, ya que los resultados que se obtienen se cargan directamente a tablas y mapas. Se tiene previsto hacer una conexión con *Collector* (ESRI), para acceder a la localización cuando no se tienen datos móviles o Wi-Fi en el dispositivo, dado que *Collector* permite descargar mapas offline.

Se buscó información en internet relacionada con los efectos causados por los sismos del 26 (5.5Mw) y 28 de enero (5.4Mw) de 2019, en las poblaciones cercanas al área de

influencia del Volcán Nevado del Huila, así como del ocurrido el 23 de marzo de 2019 (6.1Mw) en Versalles (Valle del Cauca). La información está organizada en carpetas compartidas del drive. Se analizó la información obtenida mediante reportes web del sismo ocurrido el 24 de diciembre de 2019 (6Mw), y se incluyó en el informe preliminar del evento. También se elaboró la sección de los sismos históricos que han afectado la región.



Formulario compatible con dispositivos móviles para la evaluación de intensidades en campo

4.4 Evaluación y monitoreo de la actividad volcánica

Durante el periodo comprendido entre enero y diciembre de 2019 se instalaron 29 nuevas estaciones para el monitoreo de los volcanes activos colombianos, teniéndose a la fecha 378 estaciones permanentes usadas para el monitoreo volcánico y 287 estaciones no permanentes usadas para muestreos y campañas de monitoreo volcánico, para un total de 665 estaciones. Dentro de estas, actualmente se cuenta con 66 sistemas de repetición. Con estas estaciones multiparámetro, el Servicio Geológico Colombiano monitorea e investiga en la actualidad 23 volcanes activos figura 94. Adicionalmente se continuó mejorando en la actualización de las redes de monitoreo volcánico de las demás estructuras, ampliando tanto su cobertura como su tecnología.

Se elaboraron 480 documentos, entre informes técnicos, boletines de actividad volcánica en informes de apropiación social del conocimiento geocientífico en zonas volcánicas; de ellos 8 corresponden a boletines extraordinarios de actividad volcánica debido al aumento de algunos de los volcanes de los diferentes segmentos volcánicos que tiene Colombia. Se destaca la importante actividad que ha mantenido el Volcán Nevado del Ruiz durante los últimos años, la cual, ha sido correctamente diagnosticada gracias a las redes de vigilancia volcánica, contribuyendo a una correcta gestión de riesgo volcánico en el país. Dicha actividad, al igual que de otras estructuras volcánicas continua en evolución. Por otro lado, durante el año, se registró actividad sísmica destacable en los volcanes Nevado de Santa Isabel, Cerro España, Nevado del Huila, Sotará, Galeras y Chiles y Cerro Negro. Adicionalmente se realizaron 36 informes de funcionamiento de las estaciones que conforman las redes multiparámetro utilizadas para el monitoreo volcánico, manteniendo un porcentaje de funcionamiento cercano al 90.84%.

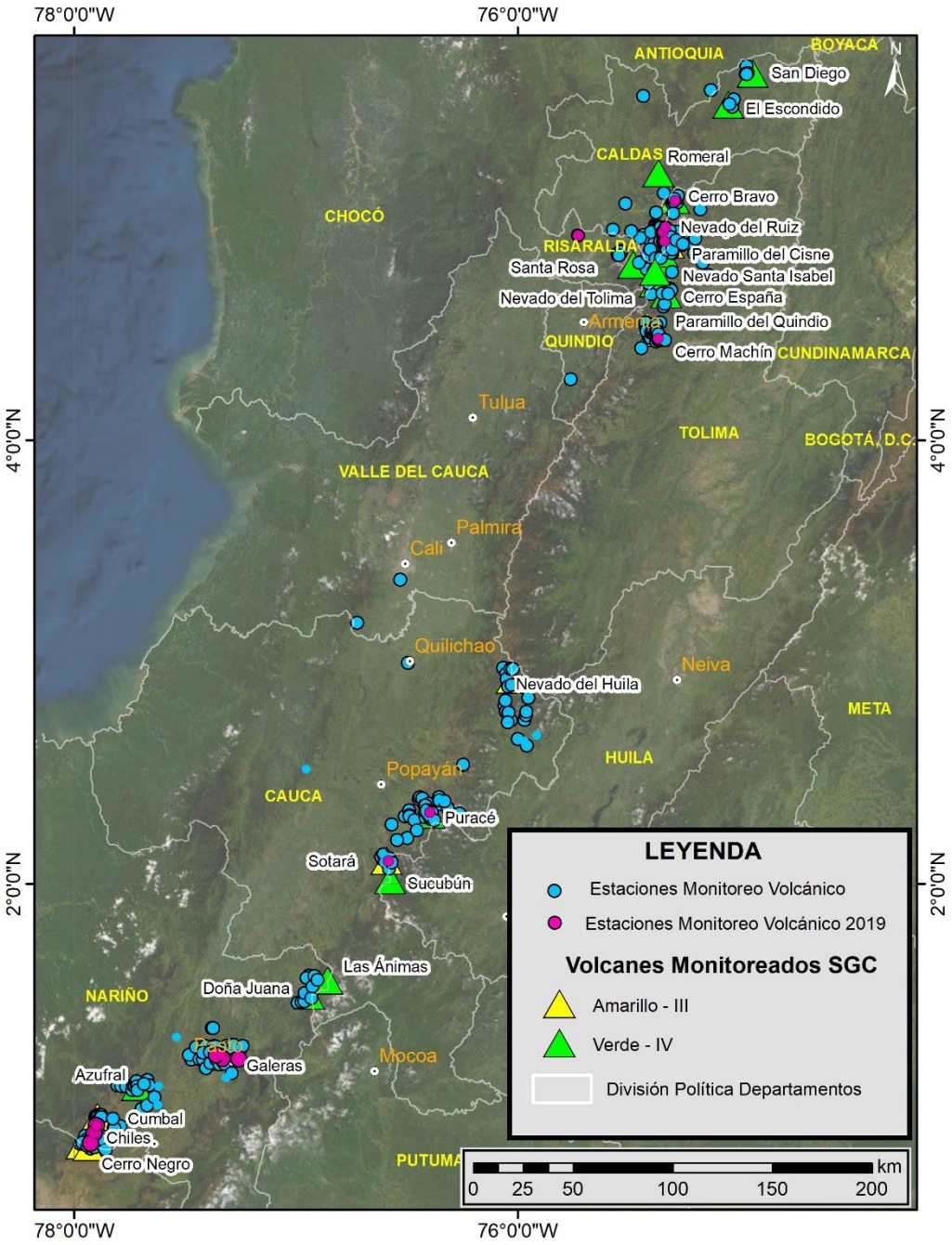
Durante el 2019, se logró la puesta en funcionamiento del equipo de espectrofotometría de absorción atómica, con el cual se Inicia el análisis de cuatro metales disueltos en aguas (Ca, Na, K, Mg), directamente en el laboratorio de geoquímica de fluidos volcánicos, que sirve a los OVS de Manizales, Popayán y Pasto del SGC.

Entre informes de avance y finales, se avanzó en la realización de 43 informes de investigaciones científicas relacionadas con la actividad y evaluación de la amenaza volcánica. Por otra parte, se participó en diferentes eventos académicos y científicos tanto nacionales como internacionales, dentro de los cuales se destacan: el II Taller Regional para Geoparques mundiales aspirantes Unesco en América Latina y el Caribe, el Seminario de Gestión de Riesgo Volcánico “Conociendo mi volcán, Volcán Cerro Machín”, el II Foro: Reducción del Riesgo de Desastres, el Entrenamiento en Tecnologías para el análisis de la Deformación de la Corteza Volcánica, el V Taller de la Asociación Latinoamericana de Sismología volcánica – LAVAS, el Congreso Internacional del Aire y del Espacio "Fuerza Aérea Colombiana 100 años", el Volcano Observatory Best Practices

4, el Workshop "Monitoreo de Deformación Volcánica con InSAR", el First Latin American Region Volcano Observatory Information Technology (IT) Summit, y el Congreso Colombiano de Geología, entre otros.

Con el objetivo de adelantar un proyecto de investigación de alto impacto, se dio inicio al trabajo titulado “Modelo Geofísico del Volcán Cerro Bravo”, el cual es un volcán con características explosivas y con una importante capacidad de daño, dado su localización geográfica, entre los departamentos de Caldas y Tolima. Así mismo se encuentra en proceso de actualización el mapa de amenaza del mismo volcán, en donde se incluyen nuevos conocimientos a partir de datos de laboratorio y modelamientos computacionales para diferentes tipos de fenómenos volcánicos. Este tipo de trabajos han permitido consolidar el grupo de geofísica de volcanes, mejorando el conocimiento de los volcanes en nuestro territorio y permitiendo abordar de mejor manera las reactivaciones volcánicas.

Así mismo, se realizaron labores de socialización de la información geocientífica, destacándose eventos como los observatorios abiertos e itinerantes, los cuales son desarrollados por los tres Observatorio Vulcanológicos del Servicio Geológico Colombiano, abarcando un número importante de personas interesadas en el estado y actividad de los diferentes segmentos volcánico del país. Durante el 2019 se realizaron 19 jornadas de este tipo con personas que viven en zonas de riesgo volcánico, abarcando un número importante de personas interesadas en conocer acerca de los diferentes volcanes en Colombia, así como su monitoreo y evaluación de la amenaza volcánica asociada.



Segmentos Volcánicos Norte. Centro y Sur de Colombia.
Observatorios Vulcanológicos (Manizales, Popayán y Pasto) Servicio Geológico Colombiano

Proyecto ID 1000802 - Operación y Mantenimiento de las Redes de Monitoreo Volcánico

Durante el 2019 se llevaron a cabo trabajos importantes en la red de monitoreo del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales (SGC-OVSM), entre ellos la instalación de 9 estaciones nuevas de monitoreo. Así mismo se continuó la realización de trabajos importantes en la red de monitoreo volcánico del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales (OVSM), donde se destaca el esfuerzo realizado para mejorar la confiabilidad y disponibilidad de las comunicaciones mediante el incremento del ancho de banda y de la autonomía energética.

Entre los trabajos de mantenimiento se destacan las conversiones de las estaciones de monitoreo portátiles “El Hoyo” y “San Diego” de los volcanes El Escondido y San Diego respectivamente, a estaciones telemétricas con monitoreo en tiempo real.

En la realización del mantenimiento preventivo, correctivo e instalación de estaciones sismológicas se continuo con las adecuaciones de los sitios de las estaciones de vigilancia volcánica, dicha estrategia se encuentra enmarcada dentro del proyecto SATREPS, entre el gobierno de Japón y Colombia, así como en la necesidad de mejorar la calidad de los datos adquiridos por las estaciones de monitoreo volcánico.

También se continuo con la mejora de la topología de las diferentes redes telemétricas de los OVS con el objetivo de mejorar la latencia el cual es un retardo producido por la demora en la propagación y transmisión de paquetes de datos dentro de la red de las estaciones vulcanológicas.

Durante el año 2019 se llevaron a cabo trabajos importantes en la red de monitoreo del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán (SGC-OVSPo), entre ellos la instalación de 9 estaciones nuevas de monitoreo volcánico, en la cual se destaca la instalación de la estación sismológica de banda ancha la Bella (vereda la Bella, resguardo indígena de Gaitania - Tolima), para el monitoreo del volcán Nevado del Huila, quien a inicios del 2019, registro una importante actividad sísmica de fractura en el sector nor-oriental, la cual fue sentida, en gran parte del territorio colombiano.

Para el 2019 en los volcanes del Segmento Sur del Territorio Colombiano, el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto instaló 11 nuevas estaciones, enfocadas al monitoreo e investigación del fenómeno volcánico, hacia el sur de Colombia, en la cual se destaca la instalación de 4 nuevas estaciones de diferente tipo, en los volcanes Chiles y Cerro Negro, después de importantes jornadas de concientización con las comunidades indígenas, en cuanto a la importancia del monitoreo volcánico de estas estructuras, las cuales han presentado una importante actividad desde el 2014.

El grupo de tecnologías de la Información y comunicación (TIC) de los OVS del Servicio Geológico Colombiano (SGC) continuaron con las actividades para ofrecer y mejorar los servicios orientados al monitoreo volcánico, principalmente enfocadas en la adquisición, almacenamiento, soporte tecnológico y publicación de información derivada de dicho monitoreo. Dentro de estos servicios se resalta el soporte y mejoramiento continuo de las aplicaciones de escritorio y aplicaciones web desarrolladas o adquiridas por los OVS, las cuales son orientadas para uso dentro de las instalaciones del SGC o las publicadas en Internet.

También se continuo con el asesoramiento y acompañamiento técnico del monitoreo sismológico y geodésico relacionado con la contingencia asociada con el proyecto hidroeléctrico Ituango; este apoyo contemplo las siguientes tareas: Atención 7x24 para la solución de fallos de adquisición, adquisición en el SGC-Manizales para posible apoyo en procesamiento de la información y soporte para la implementación y cambios de hardware y software que involucran el monitoreo sismológico, procesamiento básico, e interpretación de señales sísmicas, por parte de los profesionales de los OVS del SGC, instalación de equipos especializados, entre otras actividades.

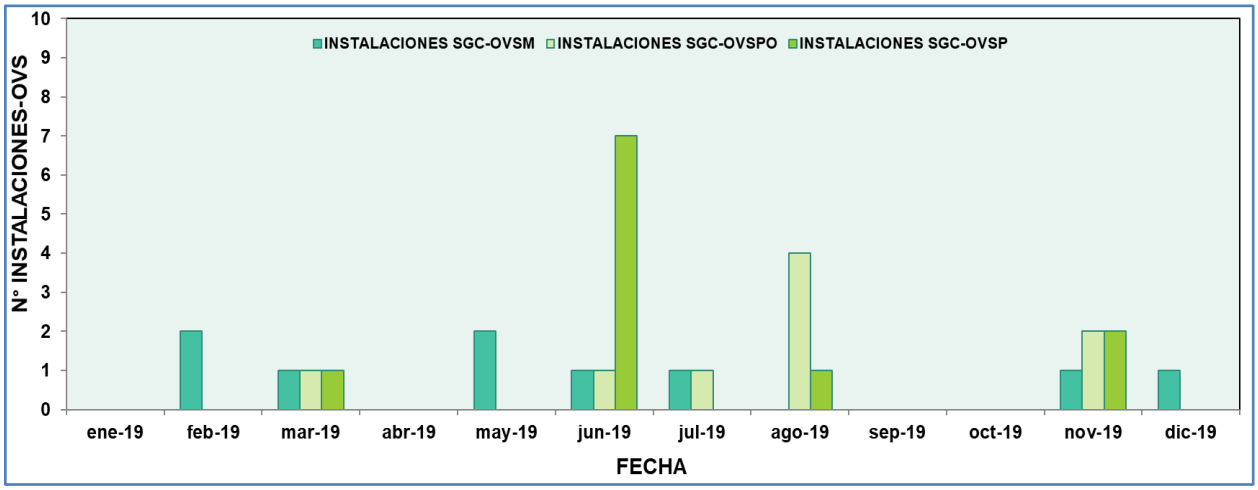
A lo largo del año 2019, se continuó con la implementación de herramientas de monitorización de redes de datos y documentación que facilitan la gestión de la red de campo, así como también reducen la incertidumbre al atender un incidente sobre la misma.

Como parte del mejoramiento continuo, se avanzó de manera importante en la estandarización de la adquisición de los diferentes bases de datos en los observatorios vulcanológicos y sismológicos del SGC. Incluyendo la red de baja tasa de muestreo a partir del sistema GEODATA, en donde hasta el momento se continua la migración de diferentes bases de datos principalmente de la red de bajo muestreo, algunas de las cuales, ya están siendo utilizadas en las reuniones técnicas que se adelantan semanalmente n los OVS del SGC.

Por otra parte, en los OVS del Servicio Geológico Colombiano se continuó trabajando en el desarrollo de sistemas hardware para la digitalización y adquisición de datos de estaciones de bajo muestreo, como, inclinometria electrónica, entre otros. En cuanto a las telecomunicaciones, en el OVS se continuó con la actualización de varios de los enlaces de radio, obteniendo mayores anchos de banda y mayores disponibilidades de canal.

Entre Enero y Diciembre de 2019 se instalaron 29 nuevas estaciones de monitoreo volcánico de diferentes tipos. La figura 95 muestra el número de las nuevas estaciones instaladas por mes y la tabla 3, las nuevas estaciones por tipo y por Observatorio Vulcanológico.

Se continuo con la operación de estaciones portátiles de monitoreo en el volcán Santa Isabel, con el fin de conocer su estado de actividad actual desde la parte sismológica, así como el monitoreo de fuentes sismogénicas. Adicionalmente se complementa con muestreos periódicos de tipo geoquímico.



Número de estaciones nuevas instaladas para el monitoreo volcánico Enero-Diciembre, 2019. SGC-OVSM: Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales SGC-OVSPO: Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán y SGC-OVSP: Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto.

Tabla 23. Número de estaciones nuevas instaladas por tipo y por OVS. Enero-Diciembre 2019. OVSM: Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales OVSPO: Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán y OVSP: Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto.

INSTALACIONES OVS-SGC			
TIPO ESTACIÓN	OVSM	OVSPO	OVSP
GEODÉSICA	3	1	2
GEOQUÍMICA	2	3	1
GEOFÍSICA	4	1	5
SISTEMAS DE COMUNICACIÓN Y TRANSMISION	0	4	3
TOTAL	9	9	11

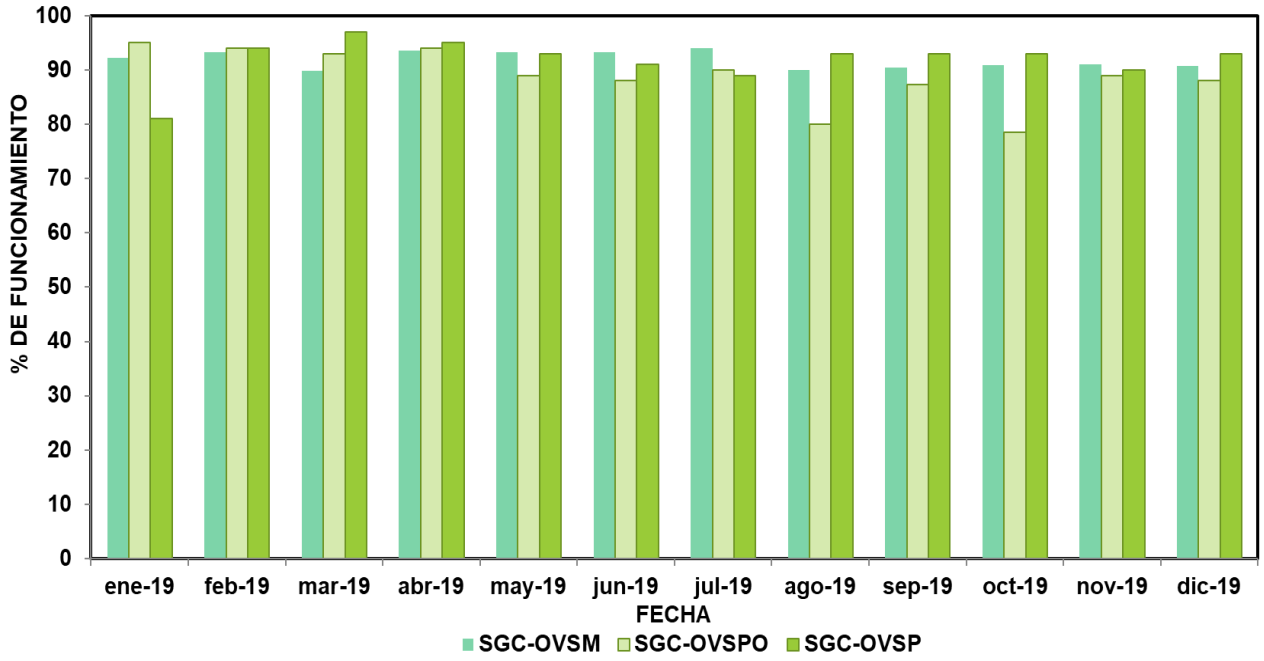
La figura 96, muestran algunas de las jornadas de instalación y mantenimiento de estaciones de monitoreo e investigación volcánica, adelantada por el SGC, a través de los OVS de Manizales, Popayán y Pasto, durante el 2019.



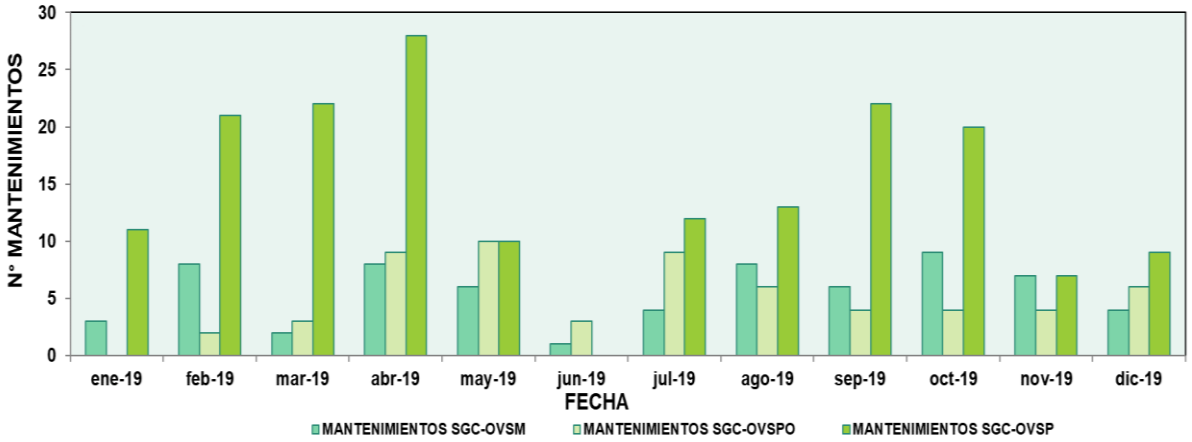
Jornadas de Mantenimiento e Instalación de estaciones en algunos de los volcanes monitoreados e investigados por los OVS del SGC, durante el 2019.

Algunos de los registros de estas estaciones se pueden consultar en:
http://amenazas.sgc.gov.co/ovsm/ew_tama/sgram_vnr/vnr.FGUAM_ELZ_CM_--_00.2019040900.gif
http://amenazas.sgc.gov.co/ovsm/ew_tama/sgram_vnr/vnr.FGU2M_ELZ_CM_--_00.2019051100.gif
http://amenazas.sgc.gov.co/ovsm/ew_tama/heli_vnr/FMO1M_HHE_CM_--.2019072218.gif?v=1563825304
http://amenazas.sgc.gov.co/ovsm/ew_tama/sgram_vnr/vnr.FMO1M_HHZ_CM_--_00.2019072200.gif
http://amenazas.sgc.gov.co/helicorders/pasto/heli_chiles/welcome.html
http://amenazas.sgc.gov.co/webcam/pasto/cumbal000.jpg
https://www2.sgc.gov.co/sgc/volcanes/VolcanChiles/Paginas/imagenes-en-linea.aspx

El porcentaje de funcionamiento promedio de toda la red de monitoreo volcánico para el 2019 fue del 90.84% La figura 97 muestra el porcentaje de funcionamiento por mes y por OVS. Entre Enero y Diciembre de 2019 se realizaron 301 mantenimientos a las diferentes estaciones de monitoreo volcánico figura 98.

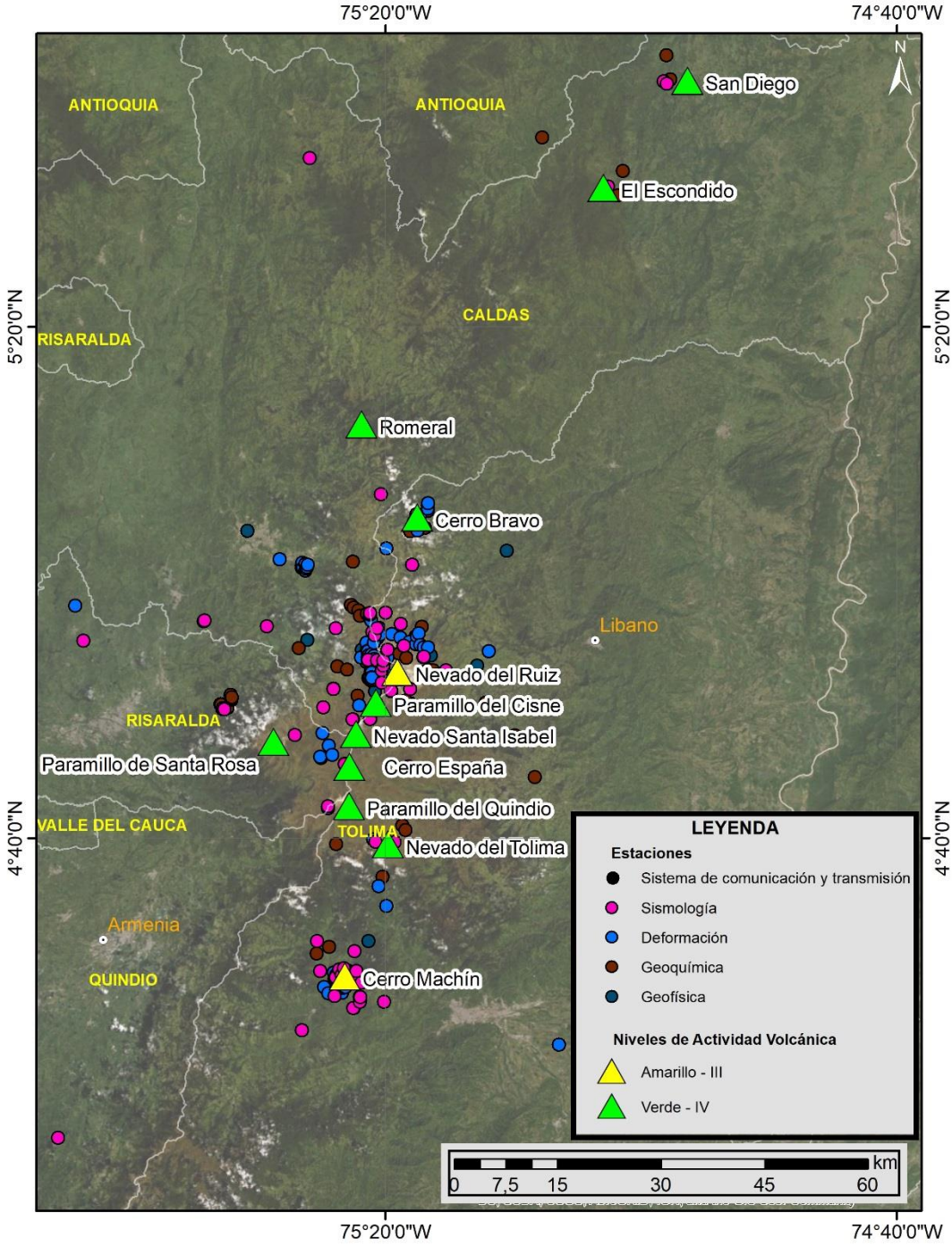


Porcentaje de funcionamiento mensual de las redes de monitoreo de los OVS del SGC durante 2019. OVSM: Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales OVSPO: Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán y OVSP: Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto.

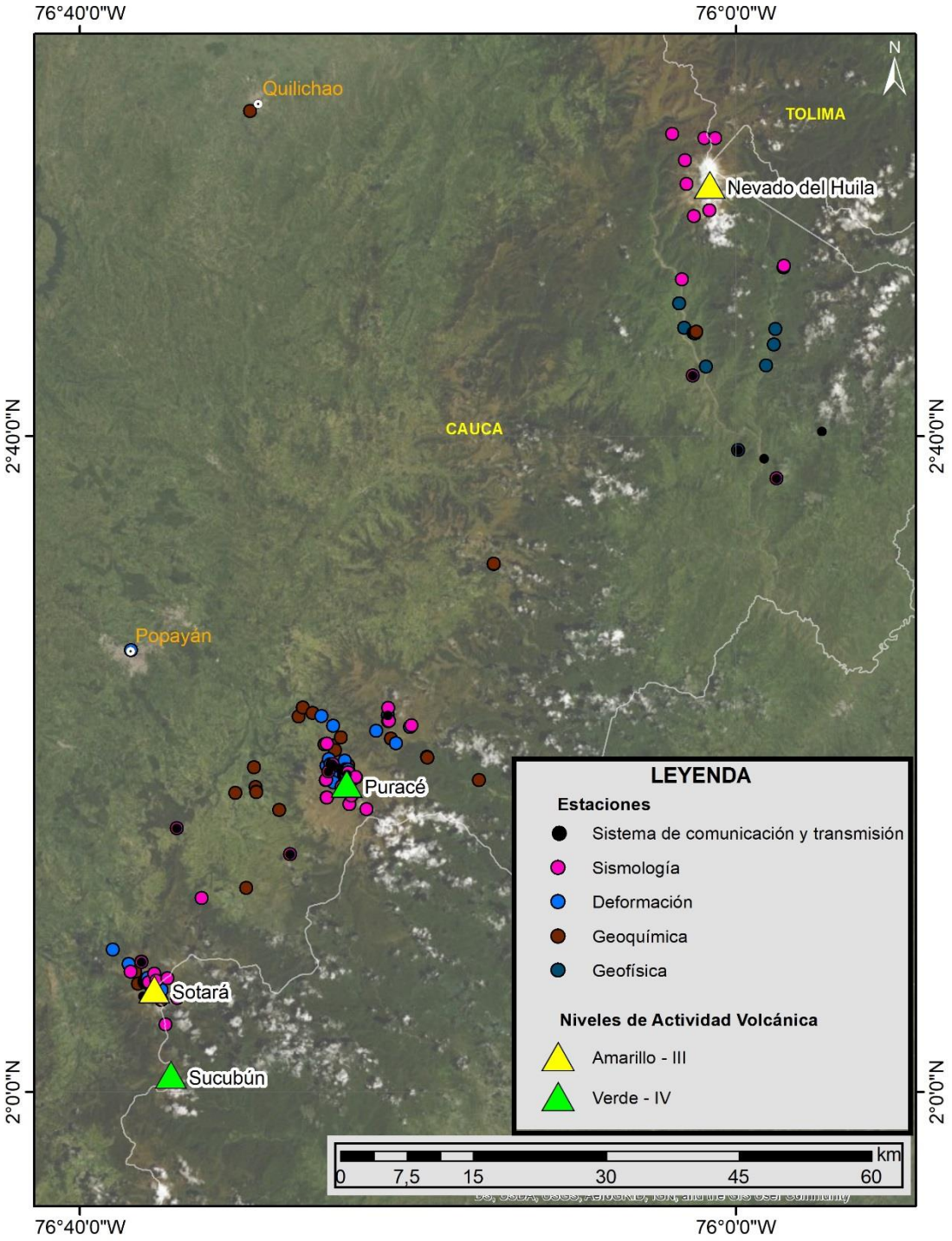


Mantenimientos realizados por segmento volcánico entre Enero y Diciembre de 2019. OVSM: Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales OVSPO: Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán y OVSP: Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto.

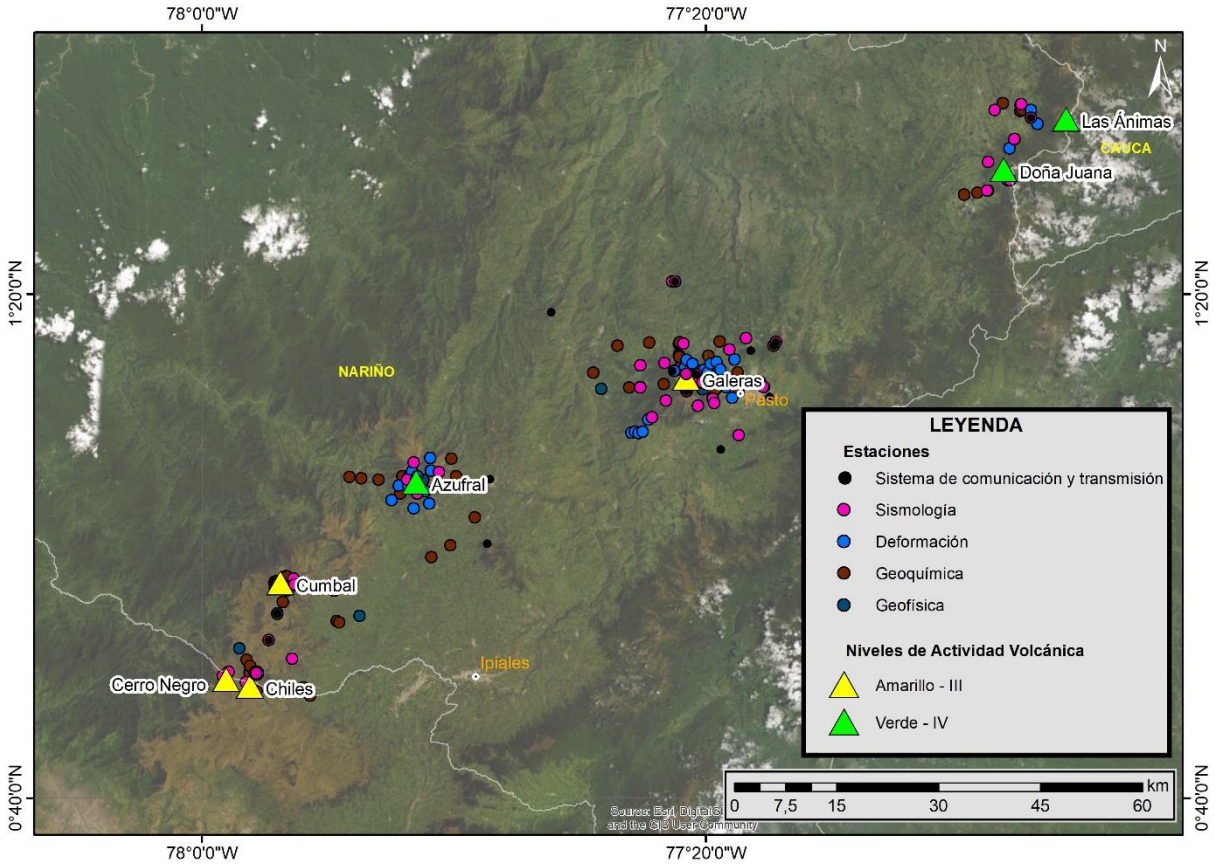
Las figuras 99, 100 y 101 muestran las redes de monitoreo actuales ubicadas en los tres segmentos volcánicos de Colombia (SGC-OVSM - Segmento Volcánico Norte; SGC-OVSPO - Segmento Volcánico Centro; SGC-OVSP – Segmento Volcánico Sur).



Red de monitoreo volcánico del segmento norte de Colombia SGC-OVSM.

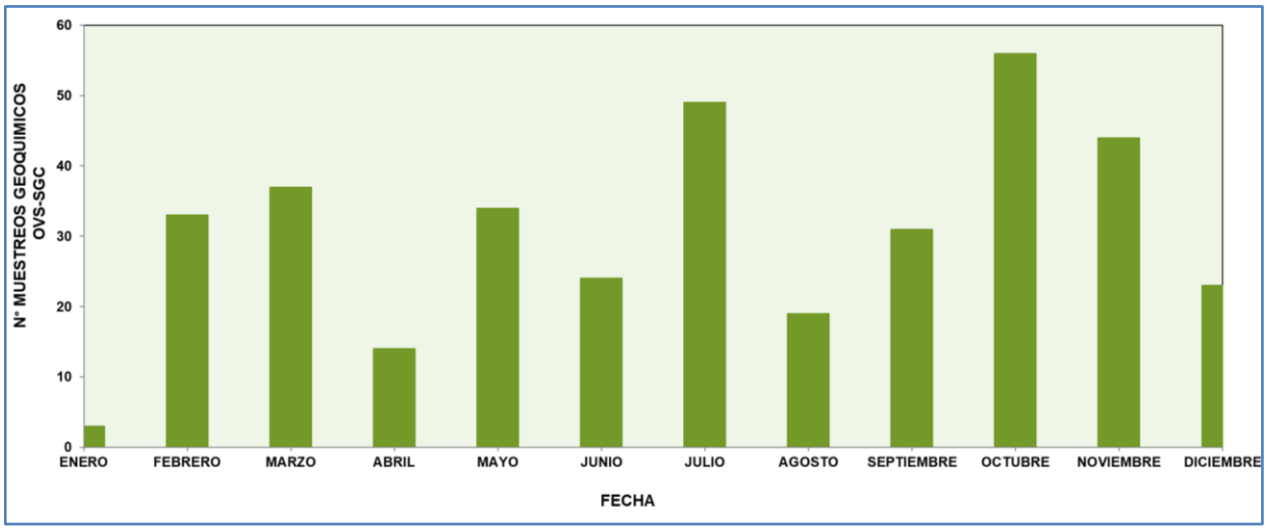


Red de monitoreo volcánico del segmento centro de Colombia SGC-OVSPo.



Red de monitoreo volcánico del segmento sur de Colombia SGC-OVSP

En cuanto a la operación de las redes no telemétricas, se tomaron 367 muestras geoquímicas. De igual manera se realizaron muestreos y toma de datos en campo en el área de deformación y geofísica, los cuales contribuyen y complementan la evaluación, vigilancia e investigación de la actividad volcánica. Cabe resaltar la disminución en el número de datos tomados a través de redes no telemétricas, en áreas como deformación volcánica, como parte de la estrategia de priorizar y mejorar la toma de datos en tiempo "real" de manera telemétrica. Así mismo en el Laboratorio de Geoquímica de Fluidos volcánicos en el SGC-Manizales se analizaron muestras provenientes de los volcanes monitoreados por el SGC (muestras enviadas desde los OVS de Pasto, Popayán y Manizales) en donde se realizaron alrededor de 4616 análisis, reflejando un aumento importante de análisis realizado con respecto a la vigencia anterior, debido principalmente a la puesta en funcionamiento de nuevos equipos para el monitoreo geoquímico de los volcanes colombianos. La figura 102 presenta el número de muestreos geoquímicos por cada OVS entre Enero y Diciembre de 2019.

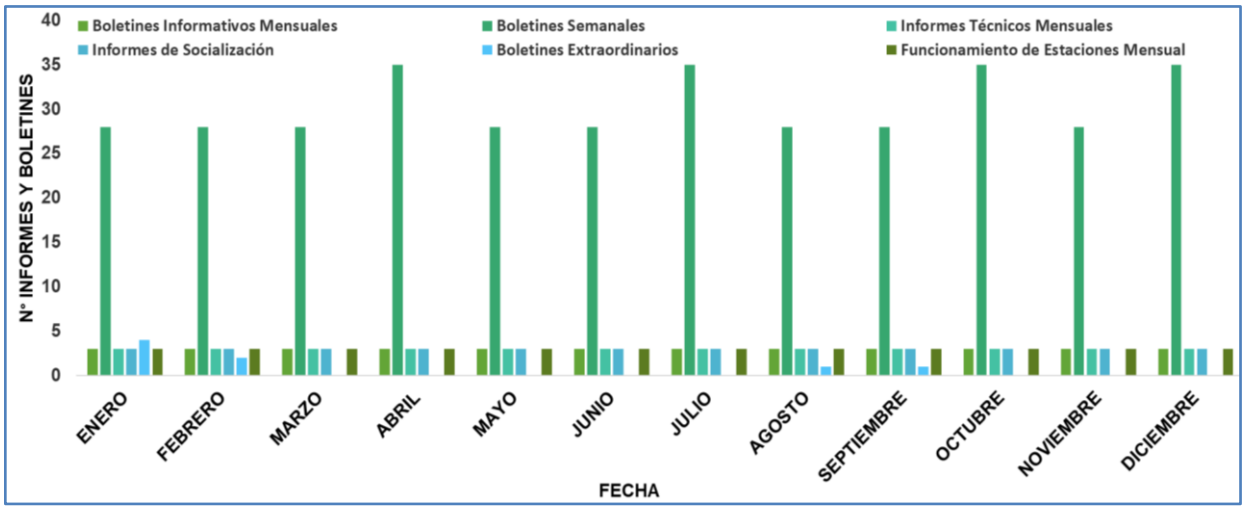


Número de muestreos y toma de datos en campo en el área de Geoquímica entre Enero-Diciembre de 2019.

Proyecto ID 1000807 – Diagnóstico de la actividad volcánica

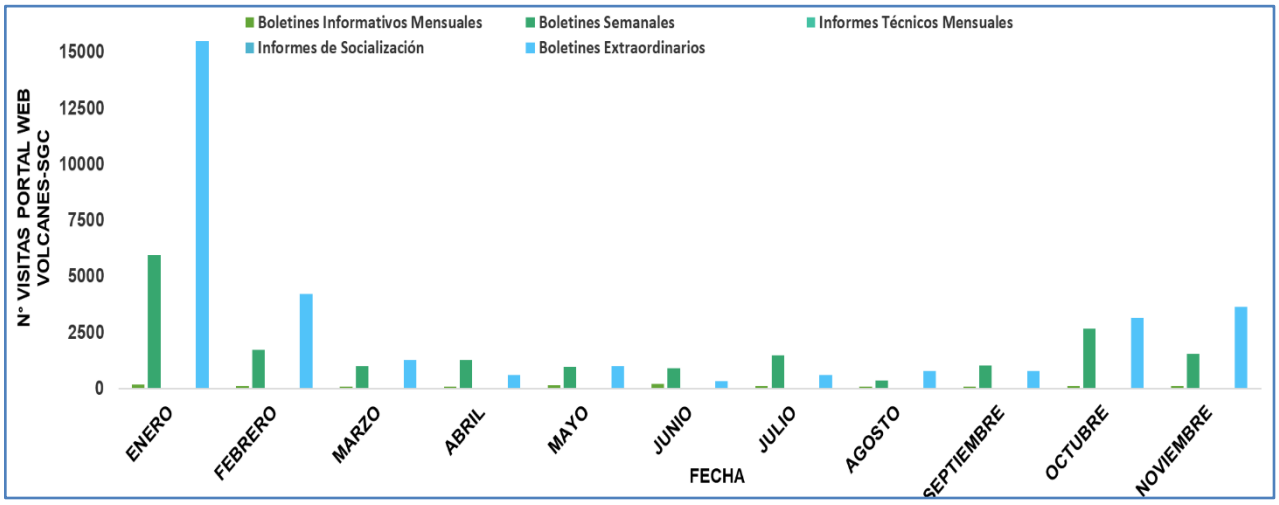
En esta operación, se incluyen, la elaboración de diferentes productos técnico científicos, informativos y de apropiación social del conocimiento geocientífico que se desarrollan en los tres observatorios vulcanológicos del Servicio Geológico Colombiano.

Se elaboraron 480 informes relacionados con la actividad volcánica. Debido al incremento de la actividad sísmica cerca a los volcanes, Nevado del Huila Sotará, y principalmente con la actividad de los volcanes Nevado del Huila, Nevado del Ruiz, y Chiles y Cerro Negro, se emitieron 8 boletines extraordinarios de sismos sentidos o incrementos en la actividad. Las figuras 103 y 104, muestran el número de informes y boletines emitidos por los OVS para el 2019 y el número de visitas al portal web asociado con cada informe publicado. Adicionalmente se realizaron 36 informes de funcionamiento de las estaciones que conforman las redes de monitoreo volcánico.



Boletines e Informes técnicos emitidos por los OVS entre Enero y Diciembre de 2019.

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 OVS, a las cuales se les mantiene diferentes tipos de copias de seguridad dentro del Servicio Geológico Colombiano.



Número de visitas al portal web Volcanes-SGC, Enero-Diciembre de 2019.

Algunos de estos informes los pueden consultar en:

https://www2.sgc.gov.co/volcanes/index.html
https://www.sgc.gov.co/Noticias/Paginas/Boletines-semanales.aspx
https://www.sgc.gov.co/Publicaciones/Paginas/informes-socializacion.aspx
https://www.sgc.gov.co/Publicaciones/Paginas/informes-tecnicos.aspx
https://www.sgc.gov.co/Publicaciones/Paginas/boletines-sismicidad.aspx

En cuanto a la investigación científica, se avanzó en 43 investigaciones relacionadas con la actividad y el fenómeno volcánico. Por otra parte, se participó en diferentes eventos académicos y científicos tanto nacionales como internacionales, dentro de los cuales se destacan El II Taller Regional para Geoparques mundiales aspirantes Unesco en América Latina y el Caribe, el Seminario de Gestión de Riesgo Volcánico “Conociendo mi volcán, Volcán Cerro Machín”, el II Foro: Reducción del Riesgo de Desastres, el Entrenamiento en Tecnologías para el análisis de la Deformación de la Corteza Volcánica, el V Taller de la Asociación Latinoamericana de Sismología volcánica – LAVAS, el Congreso Internacional del Aire y del Espacio "Fuerza Aérea Colombiana 100 años", el Volcano Observatory Best Practices 4, el Workshop "Monitoreo de Deformación Volcánica con InSAR", el First Latin American Region Volcano Observatory Information Technology (IT) Summit, y el Congreso Colombiano de Geología, entre otros.

Por otra parte, algunas de las investigaciones fueron presentadas en eventos académicos o publicados en revistas indexadas. La tabla 4 presenta las publicaciones realizadas durante 2019. Así mismo fueron presentados en diferentes eventos científicos tanto de manera oral, como en poster 33 trabajos relacionados con la actividad y evaluación de la actividad volcánica en Colombia.

Se resalta que, durante el 2019, el grupo de amenazas geológicas, en el cual participan un número importante de científicos de los OVS del SGC, fue categorizado en A1, por parte de Colciencias, mejorando de manera importante con respecto a la última convocatoria realizada por dicha entidad.

Tabla 24. Trabajos publicados o sometidos a publicación durante 2019 en revistas indexadas.

INVESTIGACIONES OVS ENE-DIC-2019		
TITULO DE LA PUBLICACIÓN	**REVISTA/JOURNAL**	**AUTOR (ES)**
Monitoring Volcano Deformation	ELSEVIER Earth Systems and Environmental Sciences	Maurizio Battaglia, Jorge Alpala, Rosa Alpala, Mario Angarita, Dario Arcos, Leonardo Euillades, Pablo Euillades, Cyrill Muller, Lourdes Narváez.
High-resolution DEM generation from spaceborne and terrestrial remote sensing data for improved volcano hazard assessment — A case study at Nevado del Ruiz, Colombia	ELSEVIER Remote Sensing of Environment	Fanghui Denga Mel Rodgersa Surui Xie Timothy H.Dixona Sylvain Charbonniera Elisabeth A.Gallanta Cristian Mauricio López Vélez Milton Ordoñez Rocco Malservisia Nicholas K.Vossa Jaco A Richardson
Volcanic Gas Emissions Along the Colombian Arc Segment of the Northern Volcanic Zone (CAS-NVZ): Implications for volcano monitoring and volatile budget of the Andean Volcanic Belt	AGU Geochemistry, Geophysics, Geosystems	J. Lages, Z. Chacon, V. Burbano, I. Meza, S. Arellano, M. Liuzzo, G. Giudice, A. Aiuppa, M. Bitetto and. C Lopez
Towards better volcanic risk-assessment systems by applying ensemble classification methods to triaxial seismic-volcanic signals. Ecological Informatics	ELSEVIER Ecological Informatics	Orozco-Alzate, M., Londoño, JM., Naled, V., Bicego, M.,
Amplitude source location method with depth-dependent scattering and attenuation structures: application at Nevado del Ruiz volcano, Colombia	AGU JGR Solid Earth	Kumagai, H., Londoño, JM., Maeda, Y., Acevedo, AE.,

El grupo de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) de los OVS del Servicio Geológico Colombiano (SGC) continuaron con las actividades para ofrecer y mejorar los servicios orientados al monitoreo volcánico, principalmente enfocadas en la adquisición, almacenamiento, soporte tecnológico y publicación de información derivada de dicho monitoreo. Dentro de estos servicios se resalta el soporte y mejoramiento continuo de las aplicaciones de monitoreo y procesamiento de datos de la actividad volcánica, así como la infraestructura de comunicaciones.

Dentro de las actividades de TIC del SGC-OVSM durante el 2019 se extendió las funcionalidades de los sistemas de procesamiento ProvigDB, Geodata, los sistemas de gestión Geoweb y la edición y medición al sistema de visualización Locali2, para aprovechar el cambio de la base cartográfica de Google Maps al de ESRI. También se continuó con la migración hacia PROVIG y Geoweb para las sedes de Manizales y Pasto, además con la asistencia de personal del OVS Pasto, fue posible dejar en funcionamiento el sistema de procesamiento primario Lakiy para los volcanes Cerro Machín, Nevado del Huila, Nevado del Ruiz, Puracé y Sotará.

La infraestructura se mejoró en los aspectos de red de datos, suministro eléctrico, capacidad de cómputo y gestión de almacenamiento, a través de las siguientes actividades respectivamente: La renovación de los equipos activos de red para los switches de core y usuarios. La recuperación de la redundancia del sistema ininterrumpido de energía (UPS), además de que también se recuperó la planta eléctrica

de 25 kVA, que da redundancia al sistema eléctrico para las tareas de misión crítica; y la adquisición de equipos de cómputo. Todo lo anterior con el fin de mejorar la disponibilidad, rendimiento y la continuidad de los servicios que se ofrecen. También se continúa dando el asesoramiento en gestión de sistemas de adquisición y almacenamiento a Integral S.A., para el proyecto Hidroeléctrico Ituango.

Dentro de las labores de monitoreo se procesaron un gran número de señales sísmicas y demás datos provenientes de las redes de monitoreo e investigación volcánica como geoquímica, geodesia y geofísica, las cuales, dado su tamaño, y complejidad, son consideradas con BigData. El grupo de TICs de los OVS-SGC continuó con actividades que ofrecen acceso desde Internet a aplicaciones web, las cuales son utilizadas para el monitoreo volcánico. Adicionalmente se continuo la estandarización de algunas aplicaciones web, con el fin de tener una plataforma que permita mostrar datos de toda la actividad volcánica del país.

Apropiación social del conocimiento geocientifico-ovs

Las actividades de apropiación social del conocimiento geocientífico son vitales y de gran relevancia para la entidad, pues a través de ellas, el conocimiento científico cumple un papel social y se convierte en insumo importante en la gestión del riesgo y prevención de desastres volcánicos en el país. Permite además la permanente interacción con las comunidades y autoridades de las regiones, de suma importancia para garantizar la continuidad de los procesos y de la presencia del SGC en las regiones.

A continuación, se describen las principales jornadas de este tipo, desarrolladas en las diferentes zonas de influencia de cada una de las sedes del SGC en Manizales, Popayán y Pasto.

Servicio Geológico Colombiano Manizales (SGC-OVSM)

Por medio de convenio interinstitucional entre el Servicio Geológico Colombiano, a través de su Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales, y la Universidad de Caldas desde el programa de Trabajo Social, y tras previo acuerdo con la institución educativa Juan XXIII del departamento del Tolima, se implementó, evaluó y sistematizo el proyecto de praxis social denominado “Volcán, Ciencia y Sociedad, una mirada integral“ con el objetivo de “Construir con un enfoque de participación social, procesos de apropiación social del conocimiento geocientífico respecto a la gestión integral del riesgo por parte del volcán Cerro Bravo, con la comunidad educativa Juan XXIII, sede Alto de Letras y el Servicio Geológico Colombiano, para la preservación de la Vida”. Dicho proceso inició el año 2018 y culminó exitosamente en julio de 2019, logrando un alto impacto entre los participantes del proyecto pertenecientes a la institución educativa y líderes comunitarios del sector.

Durante el año 2019, el equipo de trabajo del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales realizó un total de 4 Observatorios Itinerantes, el primero en el marco de la conmemoración de los 20 años del Terremoto del Quindío, el segundo en alianza con la Universidad de Caldas y su facultad de Ciencias Exactas y Naturales, el tercero en el Colegio Santa Inés, y el cuarto en la primera Expo Gestión del Riesgo del departamento de Caldas, atendiendo un total aproximado de 850 personas.

Una de las modalidades que permite mayor cobertura en atención de usuarios, son las visitas guiadas, las cuales, durante el año 2019, están distribuidas en la sede del OVS Manizales y el Parque Temático Omaira Sánchez en Armero Guayabal, entre los dos espacios, atendidos por funcionarios y contratistas del Servicio Geológico Colombiano, fue posible acercar el quehacer del SGC a través de sus Observatorios Vulcanológicos y Sismológicos más de 15.000 personas de diferentes regiones.

El Servicio Geológico Colombiano, en asocio con Fontur, Cotelco Capitulo Caldas, Industria Licorera de Caldas y Central Hidroeléctrica de Caldas, llevaron a cabo el II Taller Regional para Geoparques Mundiales Aspirantes de la Unesco en América Latina y El Caribe, en la ciudad de Manizales entre el 21 y 25 de octubre de 2019. El objetivo del taller fue compartir información técnica relacionada con los protocolos de la UNESCO para las iniciativas de Geoparque y fortalecer las redes sociales de los actuales aspirantes para futuras alianzas estratégicas, así mismo el taller contó con una salida de campo a los alrededores del Volcán Nevado del Ruiz, Ruinas de Armero y Parque Temático Omaira Sánchez, lugares considerados como geositios en la propuesta del Volcán Nevado del Ruiz Aspirante Unesco.

Con el objeto de fortalecer los conocimientos en gestión de riesgo volcánico, el Servicio Geológico Colombiano desde su sede del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales, en asocio con la Secretaría de Educación de Armenia y la Institución Escuela Normal Superior del Quindío, realizaron el primer seminario de gestión de riesgo volcánico orientado a docentes y estudiantes que hacen parte de las brigadas escolares de prevención de instituciones oficiales del municipio de Armenia. El seminario se denominó “Conociendo mi Volcán, Volcán Cerro Machín”, el cual contó con la participación de 230 personas, y personal técnico especializado del Servicio Geológico Colombiano orientando cada momento del seminario, cuya estructura se compuso de charlas catedráticas sobre la formación de la tierra y los volcanes, los volcanes del segmento norte del país, monitoreo volcánico entre otras, así como ejercicios prácticos y salida de campo al Volcán Cerro Machín.

Servicio Geológico Colombiano Popayán (SGC-OVSPO)

Durante el año 2019, el Servicio Geológico Colombiano (SGC) a través del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán (OVSPo), ha venido afianzando y fortaleciendo el trabajo de Apropiación Social del Conocimiento Geocientífico (ASCG) en el marco del desarrollo del Proyecto de Investigación y Monitoreo de la actividad de los volcanes del Segmento Central (Nevado del Huila, volcán Puracé, Cadena volcánica Los Coconucos, el volcán Sotará y el volcán Sucubún), para lo cual se han venido trabajando estrategias participativas de Edu-comunicación y coproducción; contando con el acompañamiento de las comunidades y autoridades locales y tradicionales asentadas en área de influencia volcánica del Nevado del Huila y volcán Puracé, en las comunidades Indígenas Nasa, Misak y Pueblo Coconuco. Igualmente se han generado escenarios para el posicionamiento y articulación interinstitucional con la Corporación Nasakiwe, El servicio Nacional de Aprendizaje SENA Cauca, La biblioteca Publica Anatolio Quirá del resguardo Indígena de Puracé, El Programa Ambiente, territorio y vida Misak del Resguardo Indígena de Guambia, Parque Nacional Natural Puracé, Universidad del Cauca reuniones con autoridades, entidades e Instituciones del orden local, regional y nacional miembros del Sistema Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, intercambios y participación en eventos interculturales, técnico-científicos, académicos etc. Realización de Observatorios Itinerantes, exposición y ferias de la ciencia, atención a grupos con visitas guiadas, a Instituciones educativas, Universidades. Entre las actividades podemos destacar:

Estrategia de Divulgación y Comunicación para la Gestión del Riesgo de Desastres: En el 2019 cuatro (4) nuevas comunidades educativas hacen parte de la Estrategia de Divulgación y Comunicación para la Gestión del Riesgo de Desastres, un proceso de trabajo técnico articulado entre la Corporación Nasa Kiwe y el Servicio Geológico Colombiano a través del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán, las cuales dirigen y enmarca las acciones necesarias en torno la Gestión Social y conocimiento del Riesgo por Flujo de Lodo (Avalancha), definidas en la política CONPES 3667 de 2010, para esta zona compartida por los departamentos de Cauca y Huila.

La experiencia viene siendo replicada y adaptada a través de encuentros (16 talleres) con comunidades educativas ante fenómenos de origen Geológico (Sismos, volcanes y remoción en masa), esto les permitió a las comunidades entender de mejor manera las amenazas de origen geológico que enfrentan, lo vulnerables que son frente a las mismas y las posibilidades reales que como comunidad tienen para mitigar el riesgo, y gestionar ante las entidades competentes, acciones que contribuyan en ese mismo propósito, para la salvaguarda de vidas en su comunidad, partiendo del reconocimiento de las capacidades y habilidades necesarias para hacer sostenible la gestión del riesgo en el tiempo, entendido como un proceso social, dinámico y permanente.

Las instituciones educativas son: IE San Isidro del municipio de Inzá (Cauca); la IE Gaitana Fiw del Resguardo Indígena de Tálaga, municipio de Páez (Cauca); IE Los Laureles del municipio de Nátaga (Huila), y la IE Misael Pastrana Borrero en el municipio de La Plata (Huila).

Servicio Geológico Colombiano Pasto (SGC-OVSP)

Durante el año 2019, el Servicio Geológico Colombiano a través del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto (SGC-OVSP), mantuvo el proceso relacionado con la socialización de información correspondiente a los temas de la actividad volcánica y las amenazas en relación con los volcanes de su zona de influencia: Chiles, Cerro Negro, Cumbal, Azufral, Galeras, Doña Juana y Las Ánimas, utilizando para ello diferentes estrategias de Apropiación Social del Conocimiento Geocientífico (ASCG). Adicionalmente y de manera regular a través de diferentes medios informativos principalmente la radio, el SGC-OVSP difunde información a una gran comunidad interesada en el tema, la cual es difícil de cuantificar.

Un medio regularmente empleado para la difusión es la página Web, con información lo más actualizada posible, considerada como una forma masiva de consulta desde diferentes regiones no solo del orden nacional sino internacional. Igualmente, los reportes de actividad volcánica son suministrados a las autoridades y personas de diferentes instituciones a través de correos electrónicos y publicados regularmente en nuestra página web institucional (boletines semanales, boletines extraordinarios, boletines mensuales, informes técnicos mensuales, informes mensuales de socialización). En los siguientes enlaces se puede tener acceso a la información relacionada con los diferentes volcanes vigilados por el SGC a través de su SGC-OVSP

Dentro de las actividades de Apropiación Social del Conocimiento Geocientífico (ASCG) que desarrolló el SGC-OVSP en este año, se resaltan las siguientes: realización de 11 Observatorios Móviles o Itinerantes en las diferentes regiones de influencia volcánica realizados en los meses de marzo, julio, agosto, octubre y noviembre, que permitió llegar a un total de 11 instituciones educativas y a cerca de 4360 estudiantes y docentes; participación en la Primera Feria Escolar de Gestión del Riesgo en la Institución Educativa Nuestro Señor del Río, en el municipio de Cumbal en el mes de noviembre, llegando a cerca de 508 personas (docentes, estudiantes y comunidad); la realización del Observatorio Abierto en el mes diciembre, donde participaron cerca de 160 personas, habitantes de la ciudad de Pasto; realización del ascenso al Complejo Volcánico Cumbal, como una actividad académica que se realizó en octubre de 2019 y congregó cerca de 145 estudiantes, profesores y miembros de las comunidades aledañas; finalmente, las visitas guiadas, charlas, conferencias y reuniones relacionadas con la actividad misional,

que se desarrollaron a lo largo del año y que permitieron llegar aproximadamente a 1200 diferentes tipos de usuarios.

A lo largo de todo este año y como se ha venido dando desde el 2016, personal del SGC-OVSP en cabeza de su coordinador, continuó apoyando a la Gobernación de Nariño y en particular a la Dirección Administrativa de Gestión del Riesgo de Desastres (DAGRD), en lo relacionado con la temática técnica de las actividades y componentes establecidos en el Plan Integral de Gestión del Riesgo de Desastres del Volcán Galeras (PIGRDVG), dentro del marco de lo establecido en la Sentencia T-269 de la Corte Constitucional, particularmente en dos temas; por una parte, en el seguimiento de los estudios de lahares sobre la cuenca del río Mijitayo y por otro lado, en el apoyo a CORPONARIÑO, en la revisión del componente de amenaza volcánica en los estudios adelantados por el consultor GRAMA (Universidad de Nariño), para el Municipio de La Florida, en la zona de influencia del volcán Galeras.

Por otro lado, a lo largo del 2019, el SGC-OVSP en cabeza de su Coordinador y con el apoyo de algunas personas del grupo técnico, tuvo la oportunidad de participar en eventos relacionados con el desarrollo e implicaciones de la actividad misional del SGC en la región y que permiten dentro del marco de la ASCG, el posicionamiento institucional y la representación del mismo. Entre los principales eventos desarrollados durante este 2019, se pueden mencionar:

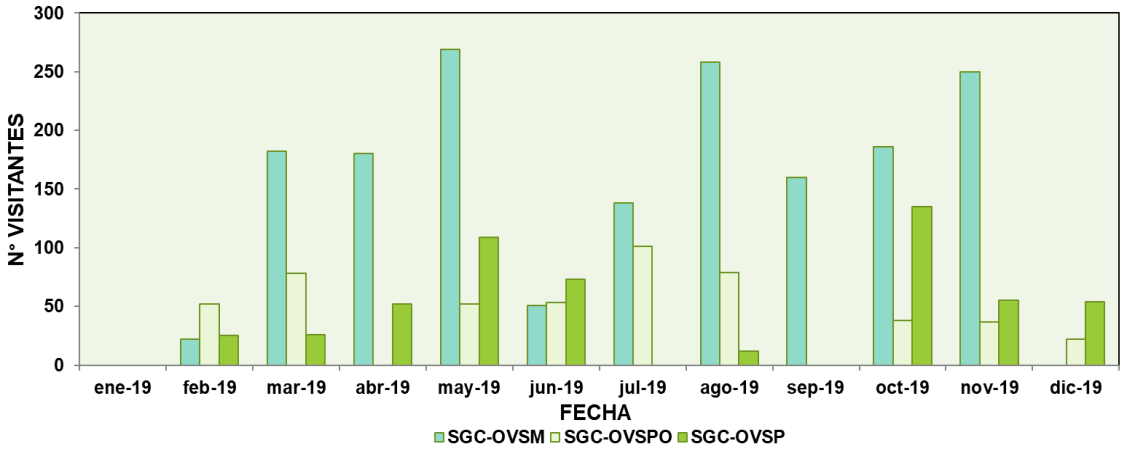
- Anfitriones del “Taller de Apropiación Social del Conocimiento Geocientífico, 30 años de evolución en el monitoreo e investigación de la actividad volcánica en el suroccidente de Colombia”, desarrollado en la ciudad de Pasto el 28 de febrero de 2019, precisamente en el marco de la conmemoración de los 30 años de existencia del SGC-OVSP, contando con cerca de 100 participantes, incluidos funcionarios y contratistas del SGC, así como representantes de instituciones del orden nacional y regional.

- Participación de funcionarios del SGC-OVSP en el XVII Congreso Colombiano de Geología realizado en la ciudad de Santa Marta entre el 14 y el 16 de agosto de 2019.
- Participación en el tercer simulacro regional de evacuación por erupción de los volcanes Galeras y Chiles, que se realizó el 28 de agosto de 2019.
- Anfitriones de la V reunión de miembros e invitados de la Asociación Latinoamericana de Sismólogos Volcánicos que se realizó entre el 2 y el 11 de septiembre en el SGC-OVSP, contando con la participación de cerca de 100 personas procedentes de Argentina, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, México y Perú; así como con representantes de países miembros invitados de Estados Unidos, Francia y Reino Unido.
- Participación el 2 de octubre de 2019, en el noveno simulacro nacional de respuesta a emergencias. Para el caso del Departamento de Nariño, el escenario escogido fue

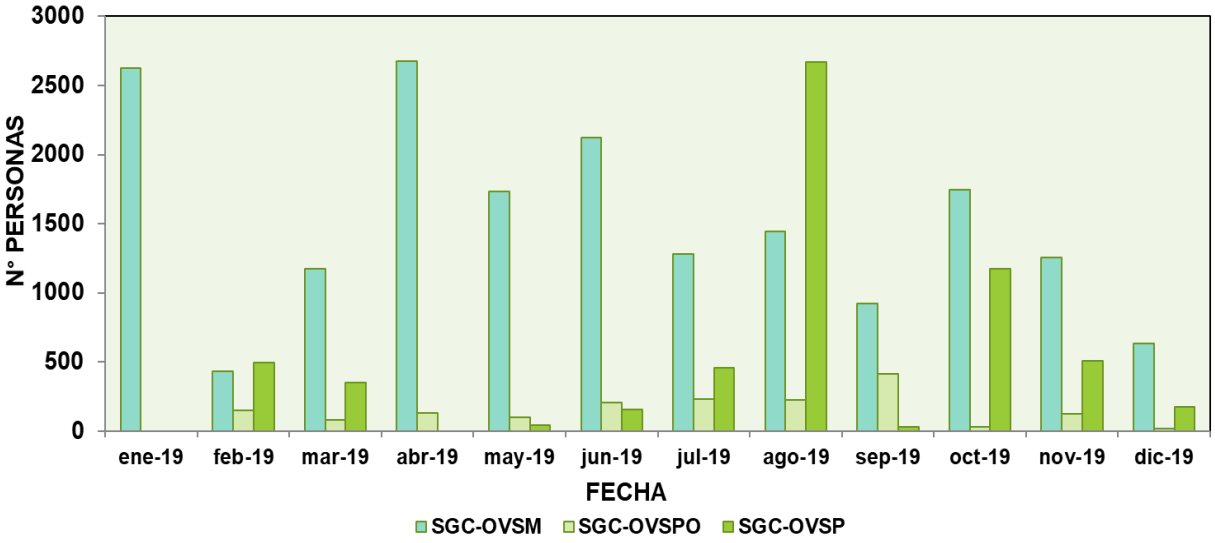
el de sismo. Un escenario de sismo generador de tsunami y otro, de un sismo cercano a la ciudad de Pasto.

- Participación en la IV reunión “Volcano Observatory Best Practices – VOBP-4”, que se realizó entre el 17 y el 25 de noviembre en la ciudad de México, en la que se pudo presentar aspectos relacionados con el manejo de las crisis derivadas de la frecuente actividad sísmica en la región de los volcanes Chiles – Cerro Negro.
- Participación en el mes de diciembre, en reuniones relacionadas con una fase de socialización de estudios y entrega de documentos programa PREPARE, USAID-OFDA, MIYAMOTO – riesgo sísmico en San Juan de Pasto, enfocado hacia líderes comunitarios e instituciones.
- Participación desde abril hasta diciembre de 2019, en actividades de seguimiento, apoyo y participación relacionadas con el convenio de microzonificación sísmica de Pasto, adelantado entre la Alcaldía municipal y el SGC a través del Grupo de Evaluación de Amenaza Sísmica de la Dirección de Geoamenazas.

En la figuras 105 y 106 se observa el número de visitantes y personas guiadas por los OVS del Servicio Geológico Colombiano durante algunas de las jornadas enfocadas a la apropiación social del conocimiento geocientífico, y en las figuras 107, 108 y 109, algunas de las jornadas en el área de volcanes relacionado con los segmentos volcánicos norte, centro y sur del país.



Número de visitantes y personas guiados por los OVS entre enero y diciembre de 2019 en las instalaciones del SGC. OVSM: Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales OVSPO: Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán y OVSP: Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto.



Número de visitantes y personas guiados por los OVS entre enero y diciembre de 2019 fuera de las instalaciones del SGC. OVSM: Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales OVSPO: Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán y OVSP: Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto.



Jornadas de Apropiación Social del Conocimiento Geocientífico, Segmento Volcánico Norte de Colombia-Servicio Geológico Colombiano-Observatorio Vulcanológico de Manizales.



Jornadas de Apropiación Social del Conocimiento Geocientífico, Segmento Volcánico Centro de Colombia- Servicio Geológico Colombiano-Observatorio Vulcanológico de Popayán.



Jornadas de Apropiación Social del Conocimiento Geocientífico, Segmento Volcánico Sur de Colombia- Servicio Geológico Colombiano-Observatorio Vulcanológico de Pasto.

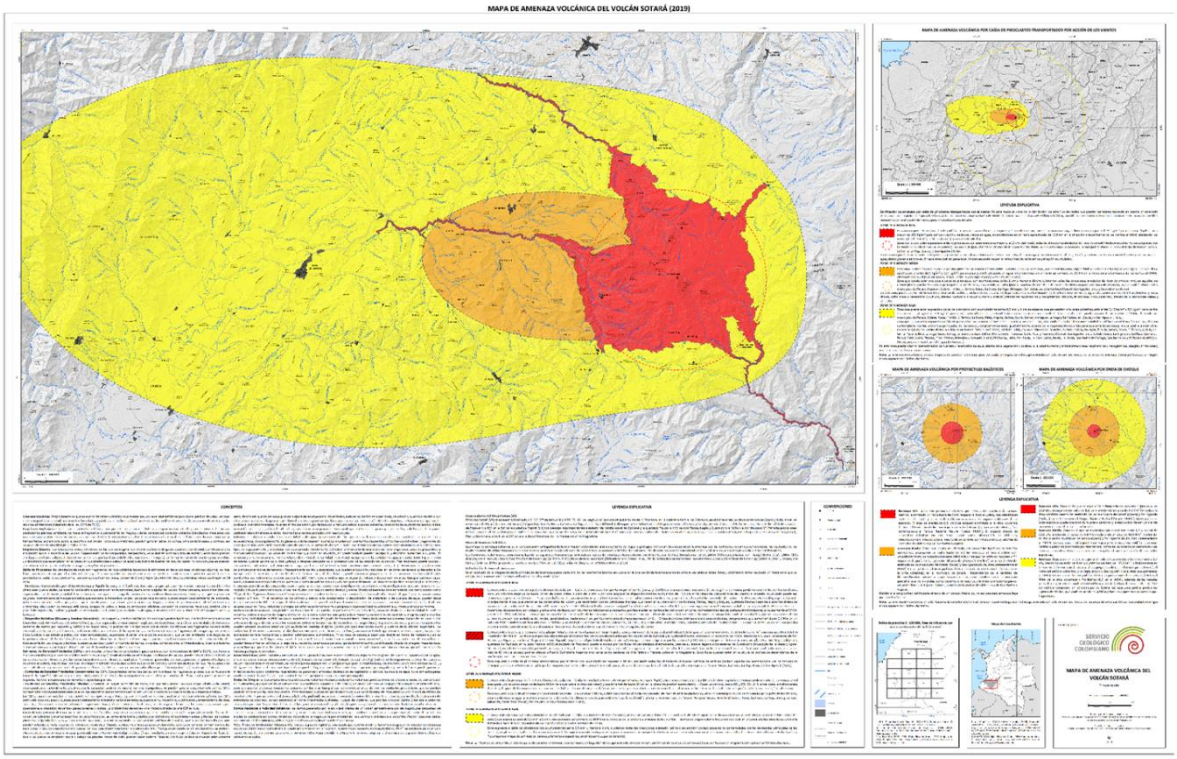
Proyecto ID 1000887 – Evaluación de la amenaza volcánica

Con respecto a la Evaluación de la Amenaza Volcánica, durante el 2019, se realizaron las siguientes actividades:

Evaluación de la Amenaza Volcánica volcán Sotará

Respecto de los avances logrados durante el año 2019, se llevó a cabo trabajo de reinterpretación y análisis de la estratigrafía del Complejo Volcánico Sotará, enfocándose en los depósitos de las unidades eruptivas consideradas en la evaluación de la amenaza volcánica del volcán Sotará (*ss*), lo cual se hizo con el apoyo de los datos geocronológicos (^{14}C) disponibles. Se realizaron discusiones técnicas del grupo de trabajo multidisciplinario (Geología-Simulaciones-Amenaza), sobre la zonificación de las amenazas volcánicas, los conceptos y definiciones contenidos en el mapa de amenaza, así como la caracterización de cada una de las zonas categorizadas en la amenaza.

Se adelantó la estructuración, organización, redacción y edición de los informes técnicos y la elaboración del mapa de amenaza volcánica del volcán Sotará (figura 110).



Mapa de Amenaza volcánica del volcán Sotará

Finalmente, los productos entregados a la dirección de Geoamenazas, en relación a la evaluación de la amenaza volcánica del volcán Sotará fueron:

-Informe de evaluación de amenazas volcánicas
-Informe de Simulaciones de eventos volcánicos
-Mapa de Amenaza volcánica
-Memoria del Mapa de amenaza volcánica

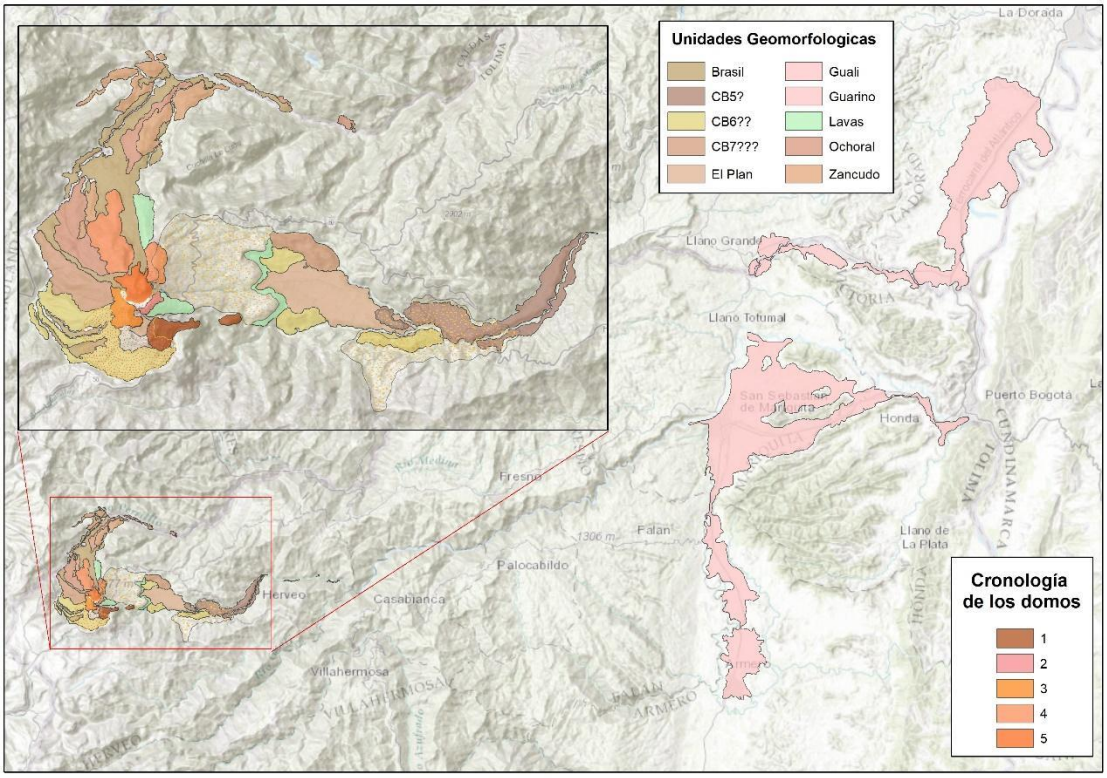
Actualmente se inició el proceso de preoficialización y oficialización ante las direcciones de geoamenazas y gestión de información.

Actualización Mapa de Amenaza Volcánica Volcán Cerro Bravo Fase (2019).

Este proyecto incluye el trabajo para actualizar el mapa de amenaza volcánica del volcán Cerro Bravo, en donde las principales actividades adelantadas durante el 2019 fueron:

Revisión bibliográfica de la información relacionada con la evaluación de la amenaza volcánica, los procesos físicos observados en algunas erupciones volcánicas y diferentes metodologías para la toma de datos en campo y el análisis de la dinámica eruptiva,

además de los trabajos de la geología del volcán Cerro Bravo. Se realizó el análisis de fotografías aéreas en la zona proximal y distal con el fin de ajustar el mapa geológico con las diferentes unidades eruptivas asociadas a la evolución del volcán (figura 111).



Mapa geológico con las diferentes unidades eruptivas asociadas a la evolución del volcán Cerro Bravo.

Con el fin de continuar con el reconocimiento, descripción y análisis de los depósitos asociados a la actividad holocénica del volcán Cerro Bravo (VCB), se llevó a cabo la primera comisión de campo del año 2019, del 1 de marzo al 5 de abril del presente año, con el objetivo de revisar la distribución de los depósitos de caídas piroclásticas en el área de influencia del VCB, en los municipios de Herveo, Manizales, Villamaría, Neira, Filadelfia, La Merced, Aránzazu, Salamina, Murillo, Villahermosa y Casabianca; y de dar seguimiento y control a los depósitos de flujos de escombros localizados en los municipios de Mariquita, Honda y Armero Guayabal, en la cuenca baja del río Gualí, el río Cuamo y la quebrada Seca. Durante la comisión se realizaron 34 estaciones de campo.

Los principales objetivos principales del trabajo de campo, durante esta comisión fueron: Realizar el control y seguimiento de los diferentes depósitos de caídas piroclásticas, oleadas y flujos piroclásticos y flujos de escombros asociados a la actividad holocénica del VCB.

Levantar columnas estratigráficas en los sectores trabajados, dando inicio a la correlación de los diferentes periodos de actividad volcánica.

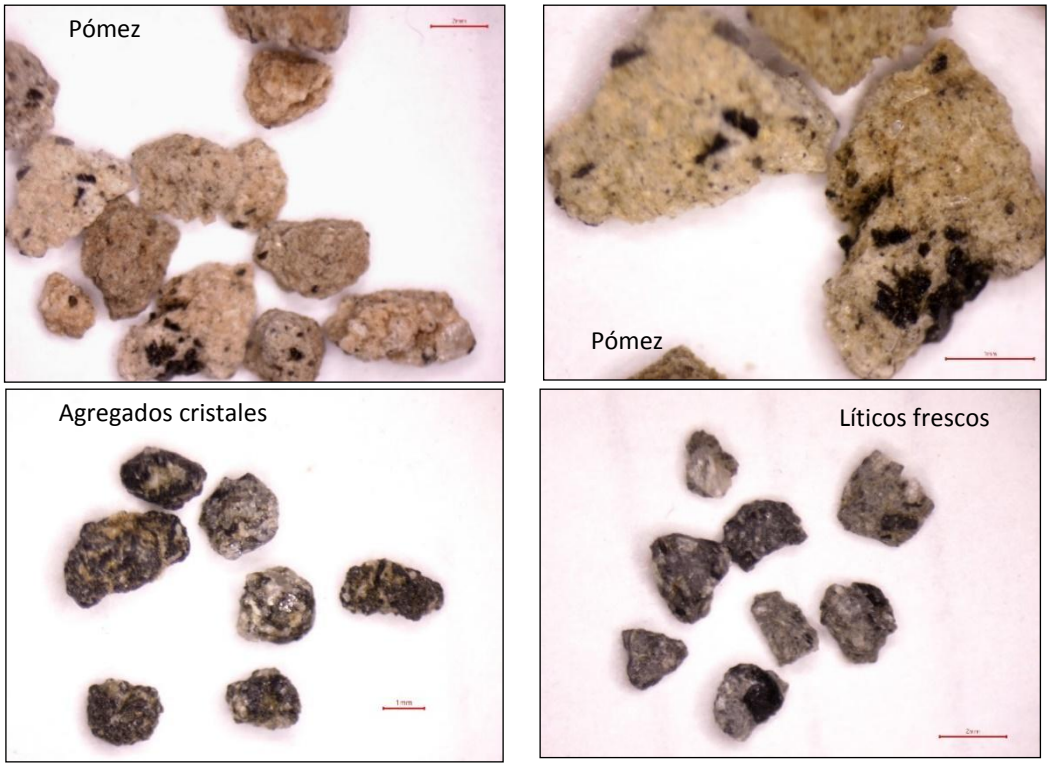
Continuar con la toma de datos para obtener los insumos necesarios para dar inicio a las simulaciones computacionales de flujos de lodo, caídas piroclásticas y flujos piroclásticos.

Recolectar muestras para análisis de laboratorio, como información básica para la correlación de los diferentes periodos.

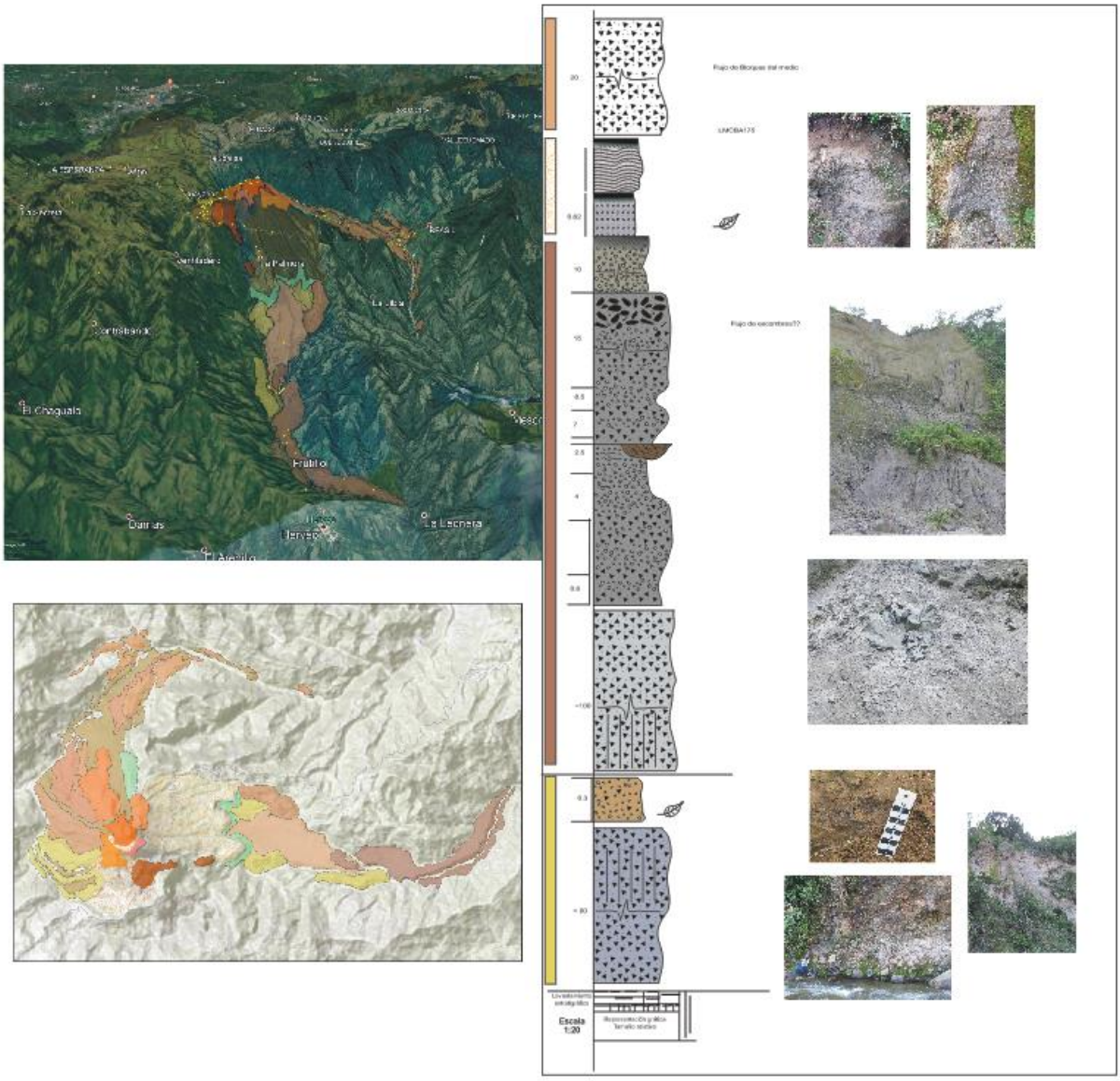
Los datos obtenidos en esta comisión son complemento a la información obtenida en las comisiones de campo realizadas en los años anteriores, las cuales en conjunto sirven para realizar las respectivas correlaciones de los diferentes periodos de actividad volcánica.

Se ha realizado la descripción, análisis y conteo de los componentes de los depósitos asociados a la actividad holocénica del VCB, con el fin de caracterizar las diferentes unidades eruptivas, además para correlacionar depósitos que con el trabajo de campo no fue posible asociarlos a alguna unidad litoestratigráfica (figura 112).

De manera continua, se han realizado actividades de tamizado y lavado de muestras en el laboratorio de geología, de las muestras recolectadas en comisiones del año anterior al igual que las recolectadas en la primera comisión del presente año, así mismo se actualizó la base de datos, con la información recolectada durante esta última comisión con todo esta información se están realizando columnas estratigráficas (figura 113), con el fin de hacer la correlación de las unidades litoestratigráficas, lo cual es un insumo fundamental para la evaluación de la amenaza volcánica.



Componentes de los depósitos asociados al volcán Cerro Bravo.



Columna estratigráfica y mapa donde se muestran las diferentes unidades litoestratigráficas del volcán Cerro Bravo.

Finalmente, durante el último trimestre, se han llevado a cabo las comisiones de campo, donde se trabajaron la parte media-distal del área de influencia del volcán, para el levantamiento de columnas y seguimiento de depósitos piroclásticos de caída y lahares, estos últimos en el valle de los ríos Guarinó y Gualí. Igualmente se visitaron zonas proximales, para discusión y correlación de depósitos de flujo y caída piroclástica. se cuenta con el borrador de la distribución de depósitos alrededor del volcán cuya versión final depende de la disponibilidad de resultados de dataciones radiométricas, para lo cual se realizaron trabajos de preparación y envió de muestras para la realización de

dataciones radiométricas, con el fin de ser incorporadas en la evaluación de la amenaza volcánica. Igualmente se adelantan los análisis de componentes de muestras de material piroclástico asociado a la actividad del volcán.

Con respecto a las actividades realizadas en el mes de noviembre para la actualización del mapa de amenaza del volcán Cerro Bravo, se ingresó la información recolectada en las últimas comisiones de campo a las diferentes bases de datos (estaciones y muestras, isopacas e isopletas). Los días 29 y 30 de noviembre se realizado trabajo de campo en el área de influencia del volcán Cerro Bravo, durante el cual se ha realizado el levantamiento de columnas estratigráficas, toma de muestras y registro fotográfico.

Por otro lado, fueron entregados para oficialización final, los mapas de amenaza volcánica de los volcanes Cumbal y Nevado del Ruiz.

En cuanto al avance de la estandarización y oficialización de los informes y el mapa de la tercera edición del mapa de amenaza del volcán Nevado del Ruiz durante el periodo Noviembre-diciembre, se completó el total de las correcciones enviadas por la oficina de Gestión de la Información, en el proceso de Pre-oficialización. Está pendiente el envío de la información corregida a dicha oficina, para que ellos validen y revisen la información y con ellos pasar al proceso de oficialización del producto. Adicionalmente se encuentra en revisión y ajustes, la memoria relacionada con el mapa de amenaza del volcán Cumbal, después de recibir las correcciones realizadas por los revisores externos. Por otro lado, se continuó trabajando en los compromisos adquiridos relacionados con el Conpes 3667 relacionados con el Volcán Nevado del Huila.

4.5 Investigaciones Geodésicas Espaciales – GIGE

El Grupo Investigaciones Geodésicas Espaciales – GIGE, para la vigencia 2019, realizó actividades enmarcadas en la ejecución de dos proyectos de gestión, a saber:

Proyecto ID 1000809 - Aplicaciones geodésicas con propósitos múltiples

El proyecto corresponde a la aplicación específica de la geodesia espacial con propósitos múltiples, lo cual permite realizar estudios y análisis de fenómenos geodinámicos tales como diapirismo de lodo, movimientos en masa, subsidencia, estudio del nivel del mar entre otros. Mediante la combinación de técnicas geodésicas y topográficas, se realizan levantamientos con diversos propósitos tales como transectos geodésicos, conexión geodésica de mareógrafos, apoyo a toma de datos gravimétricos, así como brindar apoyo a otras instituciones. Por otra parte, el concepto de geodesia de imágenes como apoyo a estudios especiales, mediante la generación de interferogramas, modelos digitales, y ortofotos empleando insumos de plataformas satelitales o de vehículos aéreos no

tripulados, permiten la generación de productos fundamentales en las investigaciones en temas relacionados con la Tierra Sólida, Tierra Atmosférica y la Tierra Líquida.

El proyecto Aplicaciones geodésicas con propósitos múltiples, tal como se estableció en la herramienta PlanView en el 2019, comprende las siguientes actividades y fases:

1. Gestión de información geodésica, geológica y geofísica.
    a. Levantamientos especiales.
2. Procesamiento científico de información geodésica y asociada.
    a. Geodesia de imágenes.
    b. Análisis GPS en la atmósfera.
3. Apropiación social del conocimiento.
    a. Apropiación social del conocimiento.
4. Gerencia y administración.
    a. Gerencia y administración técnica, científica y financiera del proyecto.
    b. Actividades de cooperación y contratación.

A continuación, se una descripción sucinta respecto a la gestión bajo el marco de este proyecto, durante la vigencia 2019.

Gestión de información geodésica, geológica y geofísica.

Las acciones adelantadas en la vigencia 2019 se han encaminado a realizar apoyo y toma de información en redes con propósitos especiales, como se menciona a continuación.

Apoyo a estudios de movimientos en masa

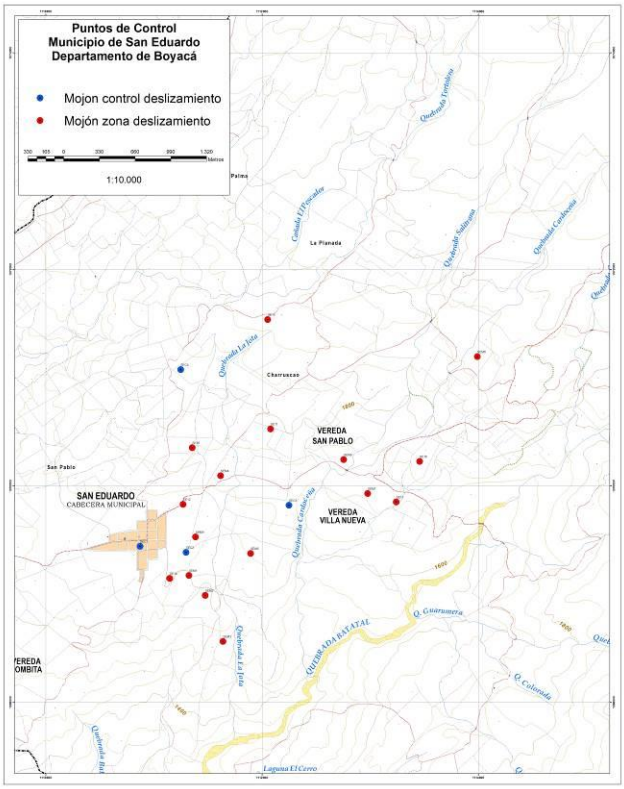
El grupo de Movimientos en masa de la Dirección de Geoamenazas ejecuta el proyecto “Zonificación de amenaza por movimientos en masa del municipio de San Eduardo - Boyacá a escala 1:25.000”. En el mes de abril solicitó apoyo al Grupo de Investigaciones Geodésicas Espaciales para complementar el estudio realizado empleando técnicas geodésicas espaciales GNSS y topográficas tradicionales, por lo cual se implementa una red para monitorear y determinar los desplazamientos superficiales del fenómeno de remoción en masa en el municipio de San Eduardo.

Con este propósito, se establecieron las siguientes etapas en la implementación de la red, así:

- Reconocimiento de la zona de estudio
- Diseño y materialización de la red geodésica y topográfica de monitoreo, siguiendo las especificaciones técnicas establecidas por el Grupo de Investigaciones Geodésicas Espaciales bajo el marco del proyecto GeoRED.

- Toma de información geodésica GNSS en la red de monitoreo.
- Toma de información topográfica de alta precisión.
- Estimación de movimientos relativos asociados al movimiento en masa objeto de estudio

En compañía de geólogos del grupo de trabajo de movimientos en masa se realizó el reconocimiento de la zona de estudio y se identificaron los sitios potenciales para la materialización de la red de monitoreo. Seleccionados los sitios óptimos, se realizó la materialización de la red, compuesta por 4 puntos de control geodésico y 16 puntos de monitoreo topográfico, como se indica en la figura 114. Posteriormente, se realizó la toma de información geodésica bajo la modalidad de campaña de campo en los 4 puntos de control y adquisición de información topográfica en los 16 puntos topográficos, con el fin de obtener las coordenadas de cada estación. Esta red fue objeto de seis levantamientos topográficos basados en la medición de ángulos y distancias en los 16 puntos en los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y diciembre de 2019.



Localización de la red

Durante la primera campaña de campo realizada a finales de abril e inicios del mes de mayo, se tomaron los datos para la obtención de las coordenadas de precisión de las estaciones de referencia. En la figura 115 se ilustra el montaje del instrumental GNSS empleado para esta tarea.



Estación SEC1, Parque principal

El resumen de coordenadas de precisión de los cuatro puntos de control obtenidas luego del procesamiento de los datos de campo se muestra en la tabla 5.

Tabla 25. Coordenadas de precisión

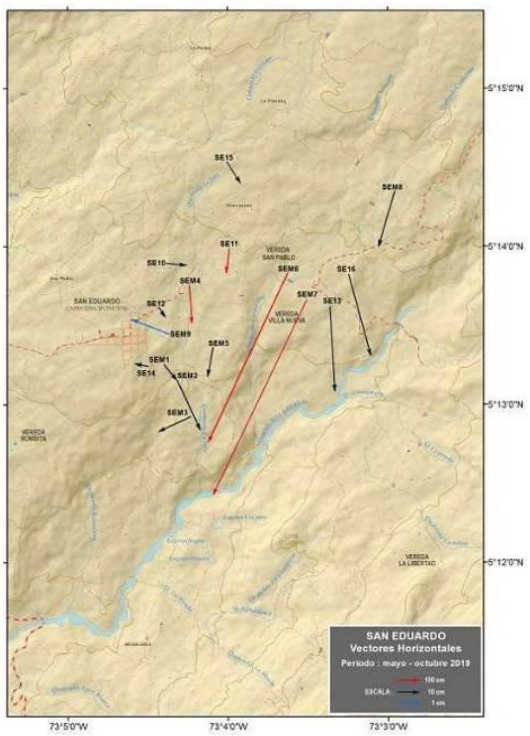
ID Estación	Latitud Norte			Longitud Oeste			Altura elipsoidal (m) GRS80
	°	‘	“	°	‘	“	
SEC1	5	13	24,073	73	4	38,786	1724.327
SEC2	5	13	22,255	73	4	25,006	1712.060
SEC3	5	13	36,330	73	3	54,154	1734.079
SEC4	5	14	17,195	73	4	26,542	1885.686

La metodología utilizada para la toma de información topográfica de la red de monitoreo se basa en la realización de medidas del triángulo de control que está conformado por tres mojones intervisibles (SEC2, SEC3 y SEC4), localizados en zonas estables del área de estudio. De esta manera, se establecen cierres en ángulo y distancia, y posteriormente se procede a medir hacia cada uno de los mojones de monitoreo ubicados en la zona afectada. Esto es importante para poder determinar el cambio de posición de alguno de los puntos de referencia. La figura 116 muestra el instrumental empleado.



Fotografías toma de información topográfica

A partir de las coordenadas obtenidas para cada fecha de toma de datos se procedió a calcular los vectores resultantes con su respectiva magnitud y dirección. En la figura 117 y la tabla 6 se muestran los vectores horizontales y resultados obtenidos para el periodo mayo – octubre.



Vectores horizontales mayo – octubre

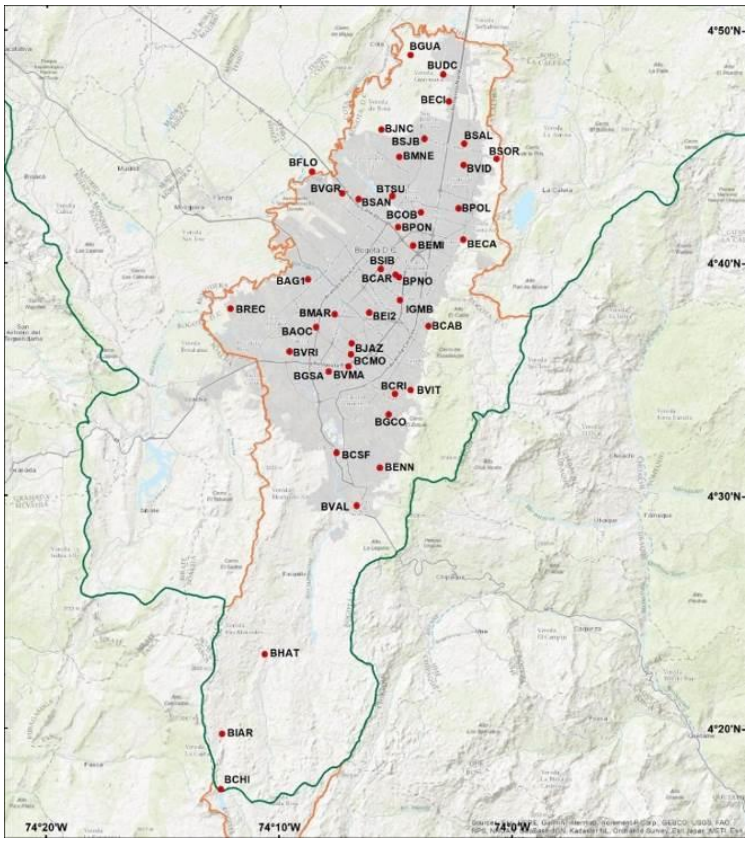
Tabla 26. Resultados periodo mayo - octubre

ESTACIÓN	AZIMUT (Grados)	MAGNITUD VECTOR HORIZONTAL (cm)	DIFERENCIA ALTURA (cm)
SEM1	141	9,374	-4,377
SEM2	155	25,427	-1,579
SEM3	245	16,450	-4,278
SEM4	176	175,372	-29,887
SEM5	190	13,868	13,332
SEM6	205	870,331	-100,004
SEM7	205	1006,543	-41,997
SEM8	196	26,738	-57,726
SEM9	291	1,852	-18,691
SE10	96	9,307	-9,610
SE11	186	114,385	-40,220
SE12	145	4,958	-9,859
SE14	176	39,828	-13,262
SE15	281	6,427	-2,305
SE16	148	11,854	-24,505

Los desplazamientos con mayor magnitud se presentan en los puntos de monitoreo SEM4, SEM6, SEM7 Y SEM11 localizados en la zona donde se evidencia mayor movimiento, afectando la carretera veredal y los predios localizados en inmediaciones del sector central del movimiento

Red geodésica espacial GNSS de Bogotá

Durante los meses de junio, julio y agosto se realizó la toma de datos en 42 de las 46 estaciones geodésicas que constituyen la red geodésica de Bogotá, figura 118. Esta actividad fue realizada con apoyo de la Unidad Administrativa Especial Catastro Distrital en virtud de convenio interadministrativo con el SGC.



Localización estaciones red de Bogotá

Los datos obtenidos en las ocupaciones de campo son procesados con el software científico GIPSY-OASIS II v. 6.3 (**G**PS **I**nferred **P**ositioning **SY**stem and **O**rbit **A**nalysis **SI**mulation **S**oftware), obteniéndose las coordenadas de alta precisión expresadas en el marco internacional terrestre de referencia - ITRF2008.

La tabla 7 muestra las coordenadas de las 42 estaciones objeto de toma de datos durante la vigencia.

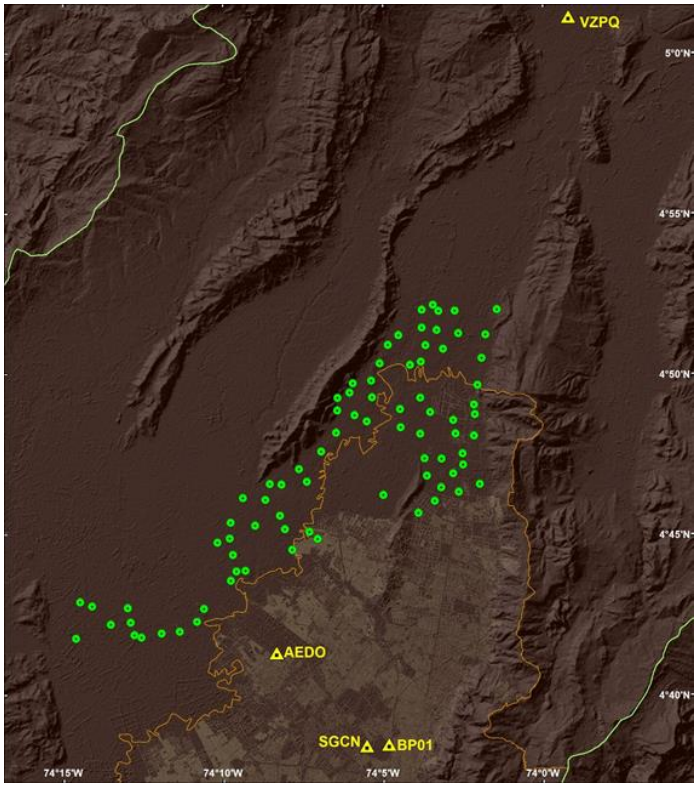
Tabla 27. Coordenadas Red Geodésica Bogotá 2019

#	ID Estación	Nombre	Latitud Norte			Longitud W			Altura Elipsoidal (m) (GRS 80)
			°	'	"	°	'	"	
1	**BAG1**	Colegio Agustiniano	4	39	17,6389	74	8	47,2738	2567,533
2	**BAOC**	Parque Américas Occidental	4	37	15,3821	74	8	26,3312	2579,385
3	**BCAB**	Parque Américas Occidental	4	37	17,7556	74	3	36,9867	2696,014
4	**BCAR**	Centro de Alto Rendimiento	4	39	30,3834	74	5	1,6427	2572,046
5	**BCHI**	Laguna Chisacá	4	17	23,4923	74	12	31,5301	3754,678
6	**BCMO**	Parque Ciudad Montes	4	36	5,1739	74	6	55,9317	2580,044
7	**BCOB**	Parque Córdoba	4	42	10,4940	74	3	56,0060	2570,703
8	**BCRI**	Parque San Cristóbal	4	34	23,2593	74	5	3,4312	2641,292
9	**BCSF**	Cementerio Serafín	4	31	50,9485	74	7	33,7186	2633,973
10	**BECA**	Escuela de Caballería	4	41	0,9432	74	2	6,7123	2594,129
11	**BECI**	Escuela Colombiana de Ingeniería	4	46	56,9367	74	2	44,5914	2576,924
12	**BEI2**	Escuela de Ingenieros Militares 2	4	37	52,0836	74	6	9,4668	2576,853
13	**BEMI**	Escuela Militar José María Córdoba	4	40	45,4633	74	4	16,0889	2572,903
14	**BENN**	Parque Entrenubes	4	31	12,5603	74	5	41,9478	3127,463
15	**BFLO**	Parque La Florida	4	43	55,5557	74	8	36,7483	2571,652
16	**BGCO**	Parque Gaitán Cortés	4	33	30,2034	74	5	19,3159	2766,540
17	**BGSA**	Escuela General Santander	4	35	20,1558	74	7	53,3479	2585,266
18	**BGUA**	Aeropuerto Guaymaral	4	48	56,6253	74	4	23,1200	2578,265
19	**BHAT**	Embalse El Hato	4	23	12,0270	74	10	38,7019	3156,266
20	**BIAR**	Predio El Ariari	4	19	46,9699	74	12	27,9737	3575,169
21	**BJAZ**	Parque El Jazmín	4	36	33,0854	74	6	54,5938	2578,948
22	**BJNC**	Universidad Juan N. Corpas	4	45	44,1207	74	5	38,0285	2572,756
23	**BMAR**	Parque Marsella	4	37	48,3021	74	7	38,0501	2573,727
24	**BMNE**	Parque Mirador de los Nevados	4	44	34,2627	74	4	51,4894	2667,227
25	**BPNO**	Parque Los Novios	4	39	23,6407	74	4	52,6456	2576,446
26	**BPOL**	Parque Polo Country	4	42	21,5195	74	2	19,5163	2578,586
27	**BPON**	Parque Pontevedra	4	41	32,9502	74	4	54,8897	2571,228
28	**BREC**	Parque El Recreo	4	38	2,8698	74	12	6,8697	2562,879
29	**BSAL**	Colegio La Salle Norte	4	45	7,5533	74	2	4,3487	2576,533
30	**BSAN**	Parque San Andrés	4	42	44,4684	74	6	37,0591	2573,140
31	**BSIB**	Parque Simón Bolívar	4	39	44,8183	74	5	39,4729	2573,713
32	**BSJB**	Parque San José de Bavaria	4	45	20,7928	74	3	47,2378	2582,968
33	**BSOR**	Aula Ambiental Soratama	4	44	28,7780	74	0	41,5179	2945,170
34	**BTSU**	Tanque Acueducto Suba	4	42	52,7936	74	5	9,4351	2621,662
35	**BUDC**	Univ. Ciencias Aplicadas y Ambient.	4	48	6,1186	74	2	58,9301	2575,469
36	**BVAL**	Parque Villa Alemana	4	29	35,0932	74	6	41,5530	2859,759
37	**BVGR**	Parque Villas de Granada	4	43	0,1546	74	7	18,8789	2570,320
38	**BVID**	Parque La Vida	4	44	12,9084	74	2	5,9955	2578,829
39	**BVIT**	Planta de Vitelma	4	34	32,5426	74	4	22,4683	2782,420
40	**BVMA**	Parque Villa Mayor	4	35	33,7812	74	7	3,1143	2582,338
41	**BVRI**	Parque Villa del Río	4	36	11,9766	74	9	34,6296	2576,717
42	**IGMB**	INGEOMINAS Bogotá	4	38	24,8594	74	4	50,0337	2576,375
43	**AEDO**	Aeropuerto el Dorado	4	41	18,3521	74	8	19,6319	2569,138

En el mes de noviembre se realizó la oficialización del documento “Red Geodésica Espacial GNSS de Bogotá, Reporte de coordenadas”

Determinación de coordenadas para levantamientos gravimétricos

Desde el año 2014, bajo el marco de SATREPS (Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development), se está desarrollando el proyecto “Aplicación de las tecnologías más avanzadas para el fortalecimiento de la investigación y respuesta a eventos de la actividad sísmica, volcánica y tsunami y el mejoramiento de la gestión del riesgo en Colombia”, enmarcado en convenio entre el Servicio Geológico Colombiano – SGC y la Agencia Internacional de Cooperación del Japón – JICA. Este proyecto, dentro de sus objetivos, realiza el modelamiento de fuente para movimiento fuerte en la ciudad de Bogotá y alrededores, a cargo del grupo de trabajo de monitoreo de movimiento fuerte del SGC. Con el fin de cumplir con esta tarea, el Grupo de Movimiento Fuerte solicitó el apoyo del Grupo de Investigaciones Geodésicas Espaciales - GIGE, para determinar con precisión la posición de cada una de las estaciones gravimétricas.



Localización de estaciones gravimétricas

Con este propósito, en el mes de abril se realizó la ocupación y determinación de coordenadas de 81 estaciones gravimétricas con la finalidad de densificar la red existente

en la sabana de Bogotá, y obtener los insumos para la generación del modelo de velocidades de la cuenca de Bogotá.



Toma de información geodésica para determinación de coordenadas

Diapirismo de lodo

Se realizó la toma de información geodésica bajo la modalidad de campañas de campo en 2 estaciones GNSS localizadas en la costa caribe colombiana para monitoreo de diapirismo de lodo en los volcanes de Pueblo Nuevo y El Totumo en el municipio de Santa Catalina.



Fotografías estación TUMO y PUNV

Trabajo conjunto con la Dirección General Marítima – DIMAR

Bajo el marco del convenio suscrito entre el SGC y la Dirección General Marítima-DIMAR se realizaron las siguientes actividades:

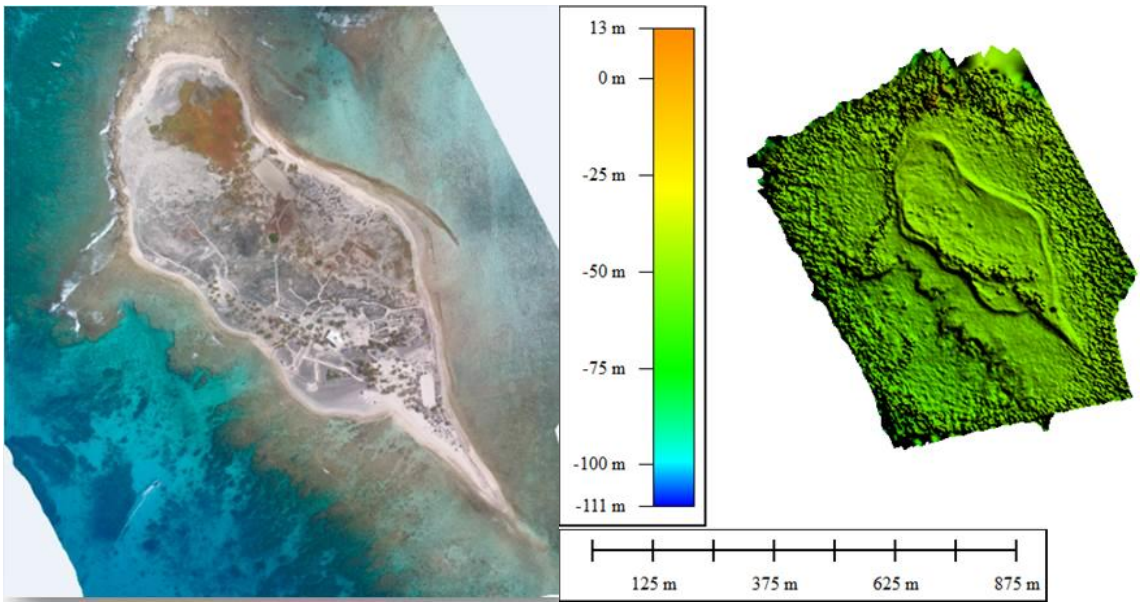
- Conexión geodésica de los mareógrafos localizados en el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas CIOH en Cartagena, Isla Naval (Isla Grande Cartagena), Puerto Velero, Barranquilla, Santa Marta y Ballenas en Riohacha.

Esta conexión se basa en la construcción de estaciones GNSS de campo donde sea necesario, realizar la toma de datos en estas estaciones, y efectuar la nivelación geodésica entre la estación GNSS de referencia y el punto de referencia del mareógrafo. La Figura 9 corresponde a la actividad realizada en el mareógrafo del CIOH.



Conexión geodésica del mareógrafo en el CIOH de Cartagena

- Elaboración de la cartografía de los cayos Serrana y Roncador. Durante la campaña de campo ejecutada con apoyo de la DIMAR en la zona insular del Caribe Colombiano, se realizó la toma de fotografías aéreas mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados, a partir de las cuales se elaboró la cartografía de estos cayos. La figura 10 corresponde al resultado obtenido del Cayo Roncador.



Ortofoto y modelo digital de superficie, Cayo Roncador

Transectos geodésicos

Se realizó toma de datos mediante la combinación de técnicas geodésicas espaciales y terrestres en los siguientes transectos:

a. Nivelación geodésica de la línea (vector) localizado en la zona costera del noreste de la Península de Barú
b. Toma de datos en los transectos Piragua, Llanitos-Paloquemao y Tabaco en los departamentos de Cesar y Norte de Santander.



Detalle ocupación transecto Llanitos Paloquemao

Apoyo a la Dirección de Geociencias

Como apoyo al proyecto de Neotectónica de la falla de Algeciras de la Dirección de Geociencias, se realizó la toma de datos en 12 estaciones de control terrestre para la elaboración de cartografía a partir de los vuelos realizados con vehículo aéreos no tripulados en la zona de la Falla de Algeciras



Establecimiento de punto de control y toma de información geodésica en punto control terrestre.



Sobrevuelo polígono Miraflores, municipio de Garzón, Huila

Adquisición imágenes de radar y ópticas

Se adquirieron imágenes de la plataforma Sentinel-1, las cuales se descargaron del servidor de la Agencia Espacial Europea. Adicionalmente, se realizó la captura de fotografías aéreas mediante la utilización de plataformas aéreas no tripuladas. Los productos adquiridos se relacionan en la siguiente tabla 8

Tabla 28. Imagenes de radar Sentinel 1

IMÁGENES DE RADAR SENTINEL 1		
Zona de trabajo	**Imágenes descargadas**	**Período**
Bogotá	7	Diciembre 2018-Enero 2019
Cali	42	Octubre de 2017 a junio de 2019
Barranquilla	35	Marzo 2017 a marzo 2019

IMÁGENES DE RADAR SENTINEL 1		
Zona de trabajo	**Imágenes descargadas**	**Período**
Santa Marta	157	Octubre de 2014 a mayo de 2019
San Andrés	8	Mayo 2016- abril 2017
Mompós	25	Agosto de 2018 a junio de 2019
El Cocuy	32	Octubre de 2018 a octubre de 2019
Algeciras, Huila	60	Octubre de 2018 a octubre de 2019
TOTAL	**366**	

Mediante el empleo de plataformas aéreas no tripuladas, se realizó la adquisición de fotografías digitales, las cuales se relacionan en la siguiente tabla, indicando las respectivas zonas de trabajo tabla 9

Tabla 29. Fotografías aéreas

FOTOGRAFÍAS AÉREAS		
Zona de trabajo	**Fotografías aéreas**	**Período**
Volcán del Totumo (1)	163	Junio
Playa Brava, Santa Marta	219	Junio
Arboletes, Antioquia (1)	919	Junio
Canalete, Córdoba (1)	1205	Julio
Naranjal, Huila (2)	2992	Noviembre
Miraflores, Huila (2)	653	Noviembre
El Mirador, Huila (2)	2079	Noviembre
TOTAL	**8230**	

(1): Fotografías aéreas digitales adquiridas atendiendo solicitud de la Dirección de Geociencias para el análisis del fenómeno de diapirismo de lodo
(2): Fotografías aéreas digitales adquiridas para el proyecto de Neotectónica de la Falla de Algeciras, de la Dirección de Geociencias.

Procesamiento científico de información geodésica y asociada.

- **Geodesia de imágenes.**

Se generaron interferogramas mediante el uso de software científico ISCE y GIANT a partir del procesamiento de imágenes de los sensores TerraSAR-X y Sentinel-1, como se relaciona en la siguiente tabla 10:

Tabla 30. Imágenes procesadas

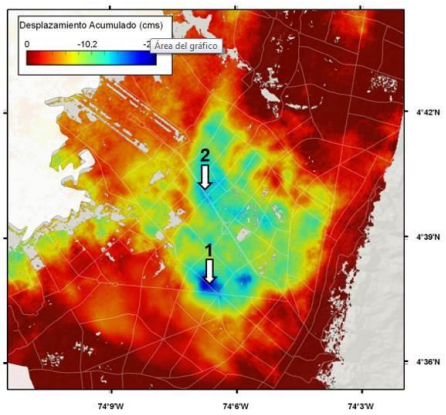
IMÁGENES DE RADAR INTERFEROMÉTRICO PROCESADAS			
Zona de trabajo	**Imágenes Procesadas**	**Sensor**	**Período**
Bogotá	95	TerraSAR - X	Diciembre 2013-Noviembre 2018
Barranquilla	3	TerraSAR - X	Septiembre a Noviembre 2018
Santa Marta	120	Sentinel-1	Octubre de 2014 a Octubre de 2019
TOTAL	**218**		

Dicho procesamiento permitió la generación de interferogramas correspondientes a diferentes lugares de la geografía nacional tabla 11, así:

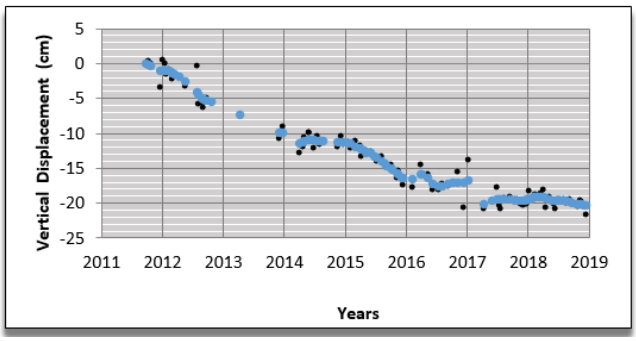
Tabla 31. Interferogramas generados

INTERFEROGRAMAS GENERADOS			
Zona de trabajo	**Interferogramas**	**SENSOR**	**Período**
Bogotá	145	TerraSAR - X	Diciembre 2013-Diciembre 2018
Barranquilla	4	TerraSAR - X	Septiembre a Noviembre 2018
Santa Marta	320	Sentinel-1	Octubre de 2014 a Octubre de 2019
TOTAL	**469**		

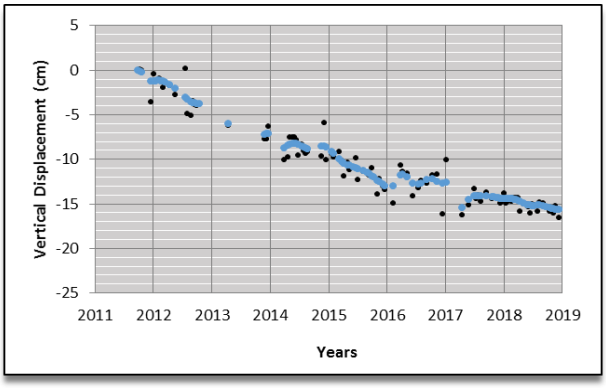
Las figuras 127, 128 y 1129 ilustran algunos resultados de la aplicación de interferometria de radar de apertura sintética en la ciudad de Bogotá.



Resultados interferométrico mediante imágenes TerraSAR-X de la ciudad de Bogotá entre el periodo Septiembre 2011-Diciembre 2018



Serie de tiempo del sector Puente Aranda Punto 1, donde se presentan los máximos valores de subsidencia



Serie de tiempo del sector Normandía Punto 2, donde se presentan también altos valores de subsidencia

Por otra parte, para el procesamiento y generación de fotomosaicos, Modelos Digitales de Superficie y Modelos 3D, se utilizó software especializados como MetaShape y Context Capture, gracias al apoyo de la Universidad Distrital.

En la tabla 12 se presentan los fortomosaicos y modelos digitales elaborados.

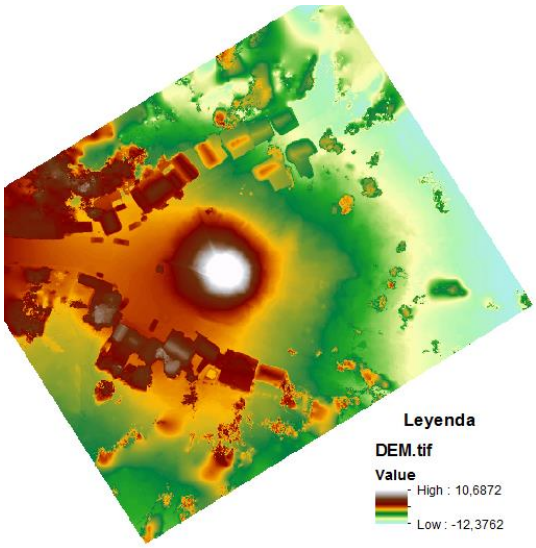
Tabla 32. Fotomosaicos y modelos digitales generados

FOTOMOSAICOS, MODELOS DIGITALES					
Tipo de Imagen	**Zona de trabajo**	**Imágenes Procesadas**	**Ortofotos**	**Modelos Digitales**	
				Superficie	**Tercera Dimensión**
Fotografía aérea	Volcán del Totumo	163	1	1	1
Fotografía aérea	Playa Brava, Santa Marta	219	1	1	
Fotografía aérea	Arboletes, Antioquia	919	1	1	
Fotografía aérea	El Guineo, Córdoba	550	1	1	
Fotografía aérea	La Lorenza, Córdoba	287	1	1	
TOTAL		**2138**	**5**	**5**	**1**

A manera de ejemplo, la figuras 130, 131 y 132 corresponden a la ortofoto, Modelo Digital de Superficie y Modelo 3D del Volcán del Totumo respectivamente.



Fotomosaico Volcán del Totumo



Modelo Digital de Superficie Volcán el Totumo.

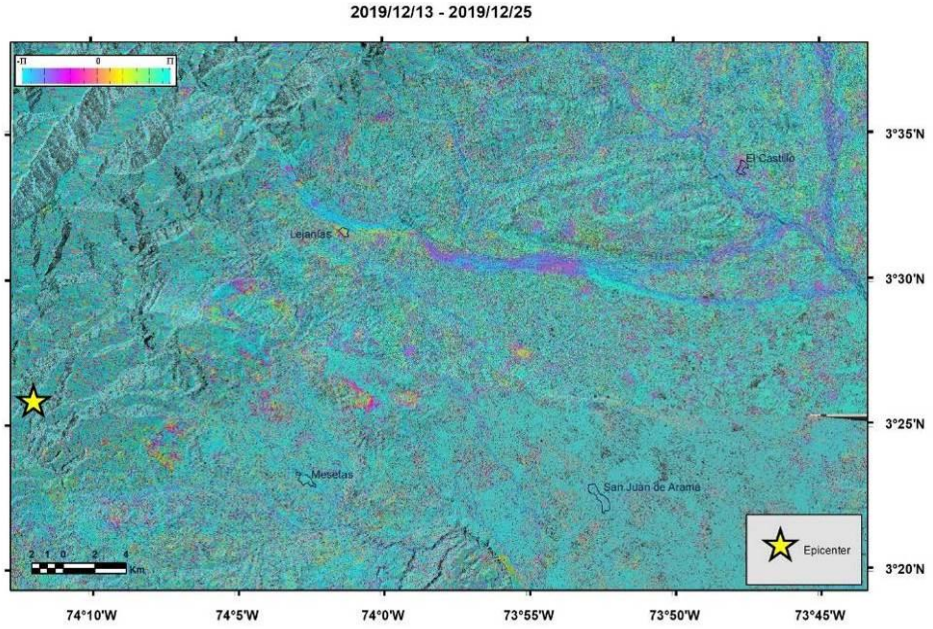


Modelo 3D del Volcán del Totumo

Geodesia de imágenes y eventos sísmicos

El día 24 de diciembre de 2019, a las 14:03:53 hora local, (2019-12-24 19:03:53 Hora U.T.) se registró un sismo de magnitud 6,2. Este evento, reportado como sentido en gran parte del territorio colombiano, fue localizado por la Red Sismológica Nacional – RSNC en el área rural del municipio de Mesetas, departamento del Meta, con coordenadas 3,43°N y 74,20°W, y profundidad superficial, es decir, menor a 30 km.

Con el fin de realizar análisis InSAR asociado a este sismo, se descargaron 18 imágenes SENTINEL-1 tanto de modo ascendente como descendente, para el período de tiempo septiembre a diciembre de 2019. La figura 133 corresponde al interferograma preliminar generado entre las escenas de diciembre 13 y diciembre 25 de 2019; se indica la localización epicentral del sismo.



Interferograma preliminar asociado al sismo de diciembre 24 de 2019

Mediante apoyo del Laboratorio de Fotogrametría de la Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, se ha realizado el procesamiento de las fotografías aéreas adquiridas con plataformas aéreas no tripuladas.

Aplicaciones GPS en el estudio de la atmósfera

El análisis del comportamiento de las señales GPS en la atmósfera se realiza teniendo en cuenta dos componentes:

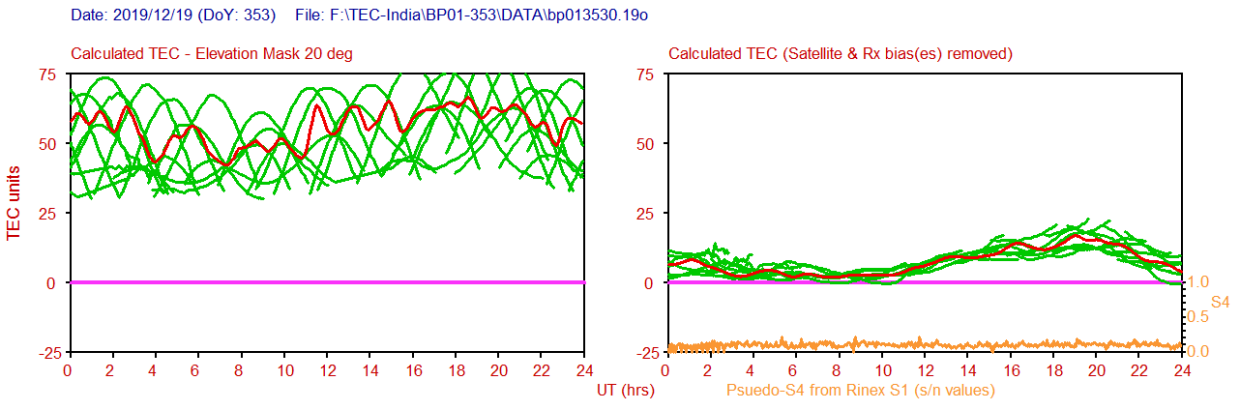
- **GPS y Ionosfera**

El TEC (Contenido Total de Electrones) es el parámetro que cuantifica el estado de la ionosfera terrestre. Por ser un medio dispersivo, genera retardo en la propagación de las señales electromagnéticas, como es el caso de las señales provenientes de los satélites de las constelaciones GNSS.

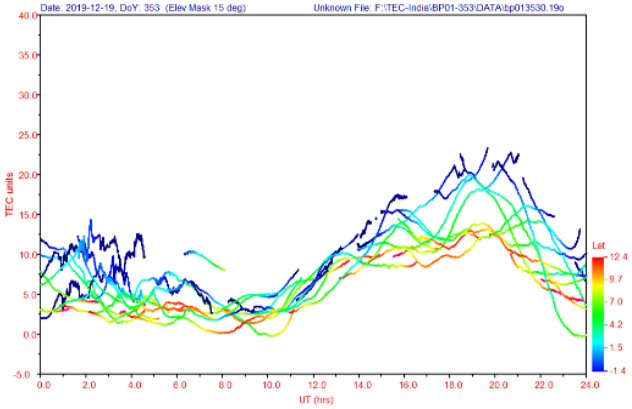
El TEC se calcula para cada satélite en su recorrido con respecto a la posición de la estación (observador), barriendo todos los ángulos de elevación dependiente de la ubicación (azimut) del satélite respecto a la estación. Por lo tanto, como se requiere contar con toda la información del recorrido del satélite con los archivos adquiridos en cada estación de GeoRED, tanto de observación como de navegación.

Con la información que arrojan los resultados del procesamiento de los datos se pueden identificar los máximos y los mínimos solares para cada estación, y con ello validar comportamientos similares a través del tiempo.

Durante el segundo semestre, dada la importancia de este tema y considerando la potencialidad de su aplicación en aspectos relacionados con la aplicación de GNSS en los sistemas de alerta temprana por tsunamis, se ha continuado realizando el análisis de algunas estaciones, empleando diferente aplicación a la utilizada en el primer semestre. En las figuras 134 y 135 se muestran algunos resultados obtenidos.



Cálculo del TEC de la estación BP01 para el período de 24 horas del día Diciembre 19, 2019, día GPS 353, con una máscara de elevación de 20°, así como el TEC calculado



Cálculo del TEC con una máscara de elevación de 15°, para la misma estación y día. Se puede observar el comportamiento de cada una de los satélites que estuvieron “visibles” sobre el observador

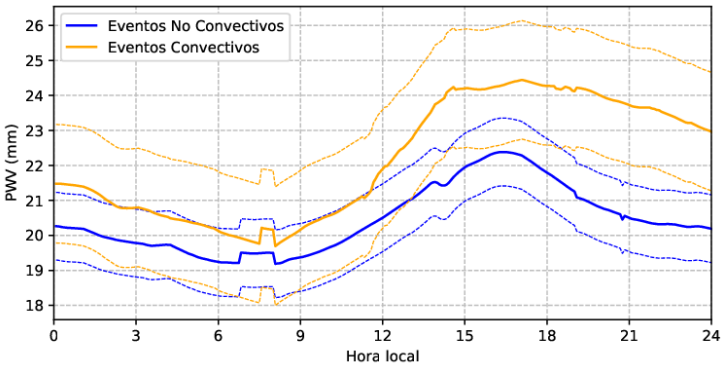
- **GPS y Troposfera**

A partir del procesamiento científico de los datos de las estaciones GNSS de GeoRED con el software GIPSY-OASIS X, se obtienen no solo datos de posición diaria de las estaciones sino también del retraso troposférico total y húmedo de las señales provenientes de la

constelación GPS, esenciales para conocer el comportamiento de la atmósfera terrestre. Esto es fundamental porque la mayor fuente de error en la posición de la estación proviene del retraso troposférico, por lo cual es importante conocer el comportamiento respectivo.

Para complementar la información en algunas de las estaciones geodésicas permanentes de operación continua tales como ASVI, BASO, INTO, SAN0, TEAT, VSOA, VZPQ, se ha instalado conjuntamente con el instrumental geodésico, estaciones meteorológicas para obtener información de parámetros meteorológicos in situ y realizar los respectivos análisis para la estimación de la cantidad de vapor de agua precipitable.

Un importante aspecto que es importante resaltar es la contribución de Colombia aportando los resultados de la estimación del retraso troposférico y húmedo a partir de los datos de las estaciones GNSS en articulación con la Universidad Nacional, con datos de retardo troposférico para el proyecto de OTREC (Organización de la Convección del Pacífico Este Tropical) para estudiar la estructura vertical y distribución espacial de la convección atmosférica profunda, de importancia crítica para el clima tropical. La figura 136 presenta los resultados obtenidos para la estación BOGT.



Promedio (líneas continuas) y desviación estándar (líneas punteadas) del vapor de agua precipitable medido en la estación GNSS denominada BOGT,
ubicada en el Servicio Geológico Colombiano en Bogotá, durante los días con ocurrencia de eventos de tormenta denominados **Eventos convectivos**, (color naranja), y días sin ocurrencia de tormentas en la Sabana de Bogotá, es decir, **Eventos No Convectivos**, (color azul).

Igualmente, se ha avanzado en la formulación del proyecto “Desarrollo de un sistema de medición y monitoreo de vapor de agua precipitable en Colombia a partir de estaciones GNSS”, bajo el marco del Centro de Excelencia en Geociencias de la Universidad Nacional y el Servicio Geológico Colombiano. En la actualidad se están haciendo pruebas que sustenten la formulación de hipótesis de trabajo. Esta actividad se está realizando conjuntamente con la Maestría en Meteorología de la Facultad de Geociencias de la

Universidad Nacional, que ha permitido al profesor Daniel Hernández, trabajar en una tesis de maestría mediante la utilización de este tipo de datos y sus aplicaciones.

Apropiación social del conocimiento

Durante la vigencia se realizaron las siguientes actividades de difusión de resultados y participación en eventos académicos de este proyecto:

XVII Congreso Colombiano de Geología – Santa Marta, Magdalena

- Aplicaciones de vehículos aéreos no tripulados en estudios de neotectónica en Colombia
- Estimación cuantitativa de la subsidencia en la ciudad de Bogotá mediante técnicas de geodesia espacial.

IX Congreso Internacional y XII Nacional de Topografía, Agrimensura, Geomática y Geodesia (CINTAG 2019). Neiva, Huila

- Geodesia de imágenes, herramienta para la gestión del riesgo

X Taller de aplicaciones científicas GNSS en Colombia, Universidad del Norte, Barranquilla, Atlántico.

- Tecnología de los drones y observación de la tierra.
- Principios de teledetección y taller.
- Fundamentos de geodesia de imágenes.
- Observando la Tierra mediante imágenes de satélite taller dirigido a Niños y Adolescentes.
- La Física y los movimientos de la Tierra. Taller dirigido a Niños y Adolescentes.
- Encuentro de dos mundos. Exploradores y gestión del riesgo. Taller dirigido a Niños y Adolescentes.
- Taller práctico. Los secretos que esconde la Tierra. Gestión del Riesgo. Taller dirigido a Niños y Adolescentes.
- Taller práctico. La Tierra está viva. Taller dirigido a Niños y Adolescentes.
- La Tierra desde otra perspectiva. Taller dirigido a Niños y Adolescentes.

Proyecto ID 1000810 - Aplicaciones geodésicas con propósitos geodinámicos

El proyecto corresponde a la aplicación específica de la geodesia espacial con propósitos geodinámicos, que permita establecer la dinámica y estado de deformación de la corteza terrestre en el territorio colombiano, entender la interacción de las placas tectónicas que convergen en la esquina noroccidental de Suramérica y establecer la cinemática a lo largo de las fallas activas.

Las actividades definidas que permiten el cumplimiento de las metas propuestas son definidos mediante una serie de fases y sub-fases, que responden algunas de ellas a la ejecución de tareas diarias, las cuales se relacionan a continuación y se describen en este informe de gestión, bajo el contexto del concepto de geodesia tectónica.

1. Gestión de información geodésica, geológica y geofísica.
    a. Operación de la red de estaciones permanentes de operación continúa.
    b. Operación de la red pasiva.
    c. Densificación de redes geodésicas.
2. Procesamiento científico de información geodésica y asociada.
    a. Procesamiento GNSS de alta precisión.
    b. Series de tiempo geodésicas.
    c. Tensores de esfuerzos.
3. Análisis e interpretación de resultados y generación de modelos
    a. Integración y análisis de resultados
    b. Generación de modelo
4. Apropiación social del conocimiento
    a. Apropiación social del conocimiento
5. Gerencia y administración
    a. Gerencia y administración técnica científica y financiera del proyecto
    b. Actividades de cooperación y contratación

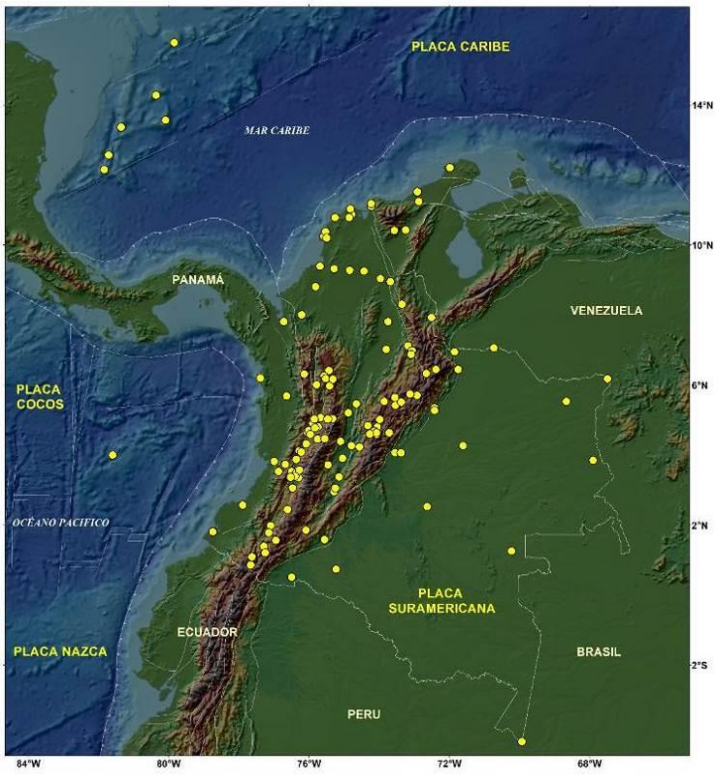
1. Gestión de información geodésica, geológica y geofísica.

Operación red de estaciones permanentes de operación continua

Los aspectos correspondientes a la operación de las estaciones de las redes geodésicas GNSS que componen la infraestructura geodésica de la entidad, tanto activa (red de estaciones permanentes de operación continua) como pasiva (red de estaciones de campo de toma de datos bajo la modalidad de campañas episódicas de campo), abarca aspectos tales como transmisión de los datos, así como actualización y/o reposición de equipos en aquellas estaciones que sea necesario. Dentro de las actividades de operación realizadas se tiene la verificación de los datos de cada una de las estaciones y monitoreo diario de las mismas, comprobación de conectividad a través del tipo de sistema de comunicación, generación de alertas e identificación de posibles fallas en algunos de los sistemas que componen una estación geodésica permanente de operación continua.

Los datos de las estaciones constituyen el insumo fundamental para la realización de las tareas de investigación del grupo, lo cual implica que es importante garantizar no solo el mayor flujo de información sino la calidad de los datos obtenidos.

En la figura 137 se observa la ubicación geográfica de las 135 estaciones permanentes que al 31 de diciembre de 2019 han sido instaladas por el Grupo de Investigaciones Geodésicas Espaciales.



Mapa localización estaciones GNSS

Durante la vigencia 2019 se realizaron actividades de mantenimiento tanto correctivo como preventivo en algunas estaciones que conforman la red de operación continua GeoRED del Servicio Geológico Colombiano. Estas visitas están orientadas a garantizar la operación y el flujo de datos desde las estaciones localizadas en distintos y diversos lugares de la geografía colombiana al centro de acopio de procesamiento de datos, ubicado en la sede central del SGC en Bogotá. Con este propósito se realizaron 39 visitas de mantenimiento preventivo y 78 visitas de mantenimiento correctivo.

Las acciones de mantenimiento preventivo estuvieron encaminadas a verificar la correcta operación de los sistemas eléctricos, telecomunicaciones, instrumentación y de toda la infraestructura que se tiene para la protección de todos los componentes de la estación, además de tareas de limpieza. También se instalaron dispositivos para controlar el apagado y/o encendido de los módems satelitales, los cuales en algunos casos se bloquean por la alta demanda de energía requerida por el inversor, y la limitada capacidad del convertidor frente al alto consumo del modem satelital.

Las diferentes actividades ejecutadas con respecto a mantenimiento preventivo y correctivo realizado a algunas estaciones de GeoRED es presentado a continuación. Así mismo, las acciones efectuadas con relación a la implementación de los sistemas de comunicación, instalación de dispositivos, mejoramiento de la infraestructura,

actualización de firmware, y otras complementarias para mantener en estado óptimo la operación de GeoRED activa.

Operación red pasiva

En cuanto a la operación de la red pasiva, se realizaron campañas de campo que permitieron la adquisición de datos en 84 estaciones localizadas en los departamentos de Boyacá, Santander, Zona insular caribe colombiano, Bolívar, Cesar, Norte de Santander, Huila, Meta y Arauca. La toma de información de las estaciones de la red pasiva se hace cumpliendo con los parámetros establecidos dentro del Grupo de Investigaciones Geodésicas Espaciales. La figura 138 corresponde a la forma de instalación de una estación de campo.



Toma información campo estación BERL

En la tabla 13 se muestran las estaciones de la red pasiva objeto de toma de datos bajo la modalidad de campañas de campo.

Tabla 33. Estaciones red pasiva

ID	MUNICIPIO - DEPTO	ID	MUNICIPIO - DEPTO
ABR1	Abrego – Norte de Santander	PI10	Aguachica - César
ACHI	Aguachica - César	PILA	Guaca - Santander
ALG1	Algeciras - Huila	PIR1	Aguachica - César
ALTE	Altamira - Huila	PLAN	El Playón - Santander
ARCA	Arcabuco - Boyacá	PLAY	El Playón - Santander
BAR1	Cartagena - Bolívar	PROA	Tunja - Boyacá
BAIV	Cartagena - Bolívar	RETI	Aguazul - Casanare
BERL	Berlín - Santander	RIOL	Gigante -Huila
BET1	Betulia - Santander	ROC1	El Playón - Santander
BOLP	Boavita - Boyacá	ROC2	El Playón - Santander

ID	MUNICIPIO - DEPTO	ID	MUNICIPIO - DEPTO
BOCH	Boavita - Boyacá	RUI1	Girón - Sanatander
BVI1	Villavicencio - Meta	SEC1	San Eduardo - Boyacá
CARS	Cartagena - Bolívar	SJBO	San Juan de Arama - Meta
CNAV	Cartagena - Bolívar	SLP1	San Luis de Palenque - Casanare
CRUZ	Bochalema – Norte de Santander	SMA1	San Martín - Meta
CYRO	Zona Insular	SOCE	Sogamoso - Boyacá
CYSR	Zona Insular	SOSE	Sogamoso - Boyacá
ECRI	Rionegro - Santander	SOSI	Sogamoso- Boyacá
FORO	Fuente de Oro - Meta	SOVE	Soata - Boyacá
FPCH	Villanueva - Bolívar	TA14	Abrego - Norte de Santander
GAES	Garzón - Zuluaga	TAB1	Abrego - Norte de Santander
GANA	Garzón - Zuluaga	TABO	La Uvita - Boyacá
GARE	Garzón - Zuluaga	TAU1	Tauramena - Casanare
HAT1	Hato Corozal - Casanare	TEOD	Pitalito - Huila
INAV	Islas del Rosario - Bolívar	TES1	Tesalia - Huila
LAGA	Garzón - Huila	TIME	Timaná - Huila
LLIN	Puerto Lleras - Meta	TIMW	Elías - Huila
LLP1	Abrego - Norte de Santander	TU10	Tunja- Boyacá
LLP7	Abrego - Norte de Santander	TUN1	Tunja - Boyacá
MALD	Santa Catalina - Bolívar	TUN2	Tunja- Boyacá
MAN1	Maní - Casanare	TUN3	Tunja - Boyacá
MENE	Villavicencio - Meta	TUN4	Tunja - Boyacá
MESI	Los Santos - Santander	TUN7	Tunja - Boyacá
MOGO	Mogotes - Santander	TUN8	Tunja - Boyacá
MOG1	San Gil - Santander	TUN9	Tunja- Boyacá
MORR	San Cayetano - Norte de Santander	UPTC	Tunja - Boyacá
MOTA	Motavita - Boyacá	VERD	Socorro - Santander
MOVI	Tubará - Atlántico	VILL	Villavicencio - Meta
NACI	Bochalema - Norte de Santander	VIRG	San Andrés - Santander
NACO	Chinácota - Norte de Santander	VYOP	Yopal - Casanare
OIBA	Oiba - Santander	ZULE	Garzón - Huila
PAZ1	Paz de Ariporo - Casanare	ZULW	Garzón - Huila

Densificación de redes geodésicas

La densificación de las redes está orientada al fortalecimiento de las mismas en términos de ampliación mediante el incremento del número de estaciones. La red activa, en su proceso de densificación, requirió la ejecución de tareas de campo tales como exploración y selección de sitios, consecución de permisos, firma de contratos de arrendamiento y comodatos, instalación y puesta en operación de las mismas. La Tabla 14 señala las estaciones que se instalaron en el 2019.

Tabla 34. Estaciones red activa instaladas

ID	NOMBRE ESTACIÓN	MUNICIPIO	DEPARTAMENTO
CYSE	Cayo Serrana	San Andrés Providencia y Santa Catalina	San Andrés Providencia y Santa Catalina
CYRK	Cayo Roncador	San Andrés Providencia y Santa Catalina	San Andrés Providencia y Santa Catalina
DAGA	Dagua	Dagua	Valle del Cauca
CCRF	Cenicaña Riofrío	Riofrío	Valle del Cauca
EBRD	EL Bordo	El Bordo - Patía	Cauca
LAB1	Laboyanos 1	Pitalito	Huila
LEDE	Alto de Ledezma	La Cruz	Nariño
PCHA	Pacha	Saldaña	Tolima
FIDE	Finca EL Desafío	Riohacha	La Guajira
AESI	Aeropuerto Simón Bolívar	Santa Marta	Magdalena
AECO	Aeropuerto Ernesto Cortissoz	Barranquilla	Atlántico
PUBE	Pueblo Bello	Pueblo Bello	Cesar

Por otra parte, se realizó la construcción de las siguientes estaciones de campo, que pasan a ser parte integrante de la red pasiva de GeoRED, tabla 15 así:

Tabla 35. Estaciones red pasiva construidas

ID	NOMBRE ESTACIÓN	MUNICIPIO	DEPARTAMENTO
TU10	Tunja 10	Tunja	Boyacá
SEC1	San Eduardo control 1	San Eduardo	Boyacá
PVEL	Puerto Velero	Tubará	Atlántico
GCST	Guarda Costas Santa Marta	Santa Marta	Magdalena
MBAL	Mareógrafo Ballenas	Riohacha	La Guajira
GANA	Nápoles	Garzón	Huila
GAES	Estrella	Garzón	Huila
RIOL	Rioloro	Gigante	Huila
LAGA	Laguna	Garzón	Huila
NAR1	Naranjal 1	Timana	Huila

2. Procesamiento científico

Posicionamiento GNSS de alta precisión

Se realizó el procesamiento científico de posicionamiento GNSS de alta precisión de las estaciones geodésicas que componen tanto la red activa (estaciones permanentes de operación continua) como de la red pasiva (estaciones de campo de ocupación episódica). Estas estaciones se encuentran ubicadas en la esquina noroccidental de Suramérica, sureste de Centro América, y región Caribe. Los datos procesados corresponden a estaciones de las redes GeoRED del Servicio Geológico Colombiano, Red global IGS, redes de países vecinos como Ecuador, Panamá y Venezuela, red del Caribe conocida como COCONet, y estaciones de la red de monitoreo volcánico de los observatorios vulcanológicos y sismológicos de la entidad.

El procesamiento implica inicialmente la determinación de coordenadas de alta precisión mediante el empleo del software científico GIPSY-OASIS II desarrollado por JPL-CALTECH-NASA de Estados Unidos, el cual emplea la entidad mediante convenio de cooperación. En el 2019 se realizó actualizó a una nueva versión, GIPSY-X, aún en prueba. Los resultados de este procesamiento constituyen el insumo fundamental para adelantar las investigaciones correspondientes a la aplicación específica de la geodesia espacial GNSS en el estudio y análisis del estado actual de la deformación de la corteza terrestre en el territorio colombiano y regiones vecinas bajo el concepto de geodesia tectónica.

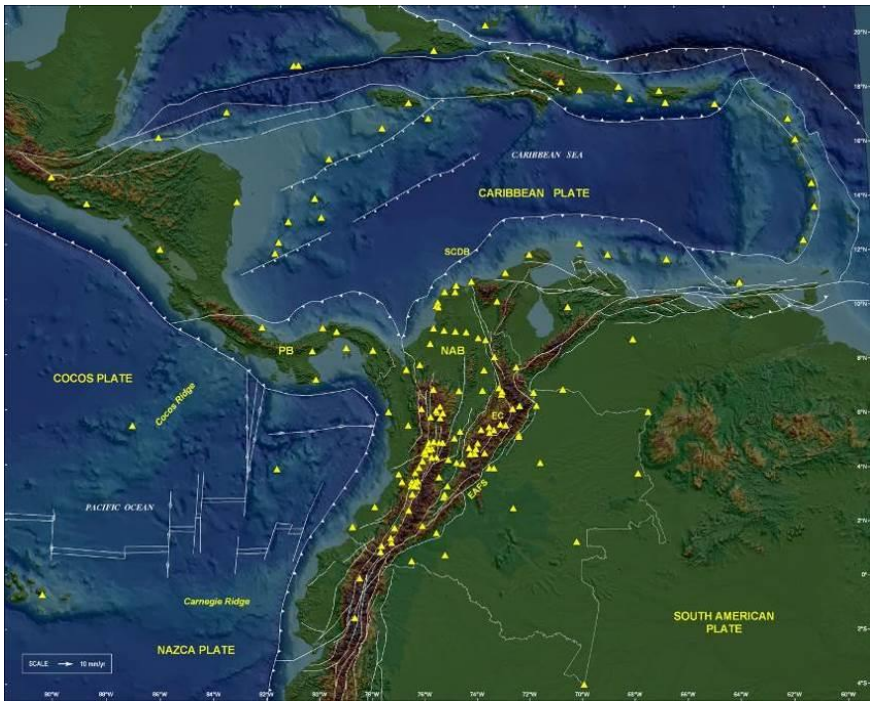
Se emplean además otras herramientas científicas de alto nivel tales como:

- TEQC (Translating, Editing and Quality-Checking) de datos GNSS desarrollado por UNAVCO de Estados Unidos
- HECTOR, desarrollado por SEGAL (Space & Earth Geodetic Analysis Laboratory), centro conformado por la cooperación entre la Universidad del Interior de Beira (UBI) y el Instituto Geofísico Infante D. Luiz (IDL) de Portugal, el cual empezó a apoyar al proyecto GeoRED en la generación de las series de tiempo

Esta actividad se realiza de forma diaria y comprende las siguientes etapas:

a) Recepción de los datos en formato nativo del receptor localizado en cada estación
b) Conversión a formato universal RINEX
c) Verificación de parámetros de calidad de los datos.
d) Revisión y/o actualización de los parámetros instrumentales y documentación de los cambios realizados
e) Descarga de archivos y modelos como insumo para el procesamiento, correspondientes a órbitas precisas, modelos troposféricos y modelo de cargas oceánicas.
f) Procesamiento de los archivos diarios de cada una de las estaciones
g) Verificación de los resultados obtenidos.
h) Comparación entre resultados obtenidos entre GIPSY-OASIS II y GIPSY X.
i) Incorporación de resultados de GIPSY a software HECTOR
j) Generación de series de tiempo 3D por estación, de acuerdo a parámetros pre-establecidos, y estimación de modelos de ruido
k) Incorporación de offsets instrumentales
l) Estimación de velocidades

El mapa de la Figura 139 ilustra las estaciones que son objeto de procesamiento diario en el Grupo de Investigaciones Geodésicas Espaciales.



Mapa de estaciones procesadas por GeoRED en el 2019

GNSS y eventos sísmicos

El día 24 de diciembre de 2019, a las 14:03:53 hora local, (2019-12-24 19:03:53 Hora U.T.) se registró un sismo de magnitud 6,2. Este evento, reportado como sentido en gran parte del territorio colombiano, fue localizado por la Red Sismológica Nacional – RSNC en el área rural del municipio de Mesetas, departamento del Meta, con coordenadas 3,43°N y 74,20°W, y profundidad superficial, es decir, menor a 30 km.

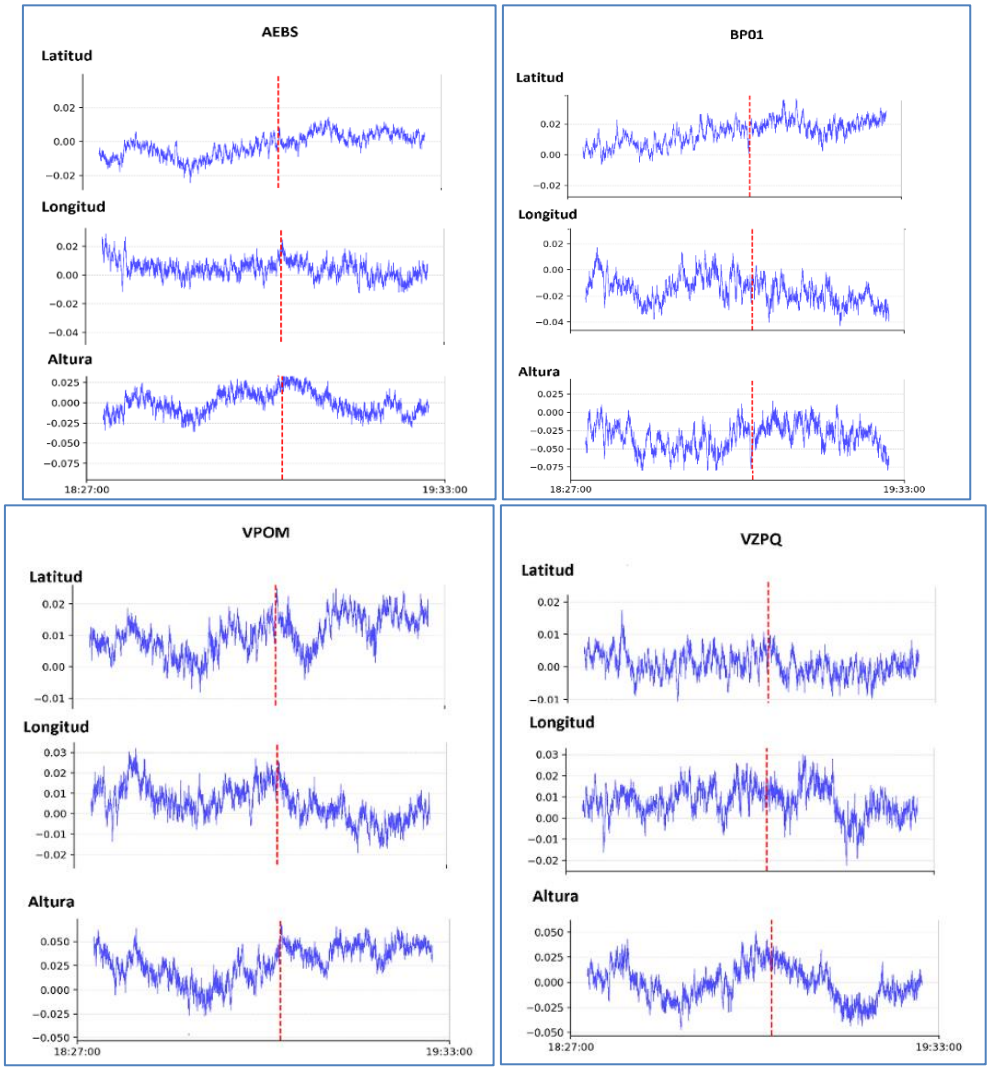
Asociado al sismo se realizó un análisis preliminar de posible desplazamiento estático de algunas estaciones GPS. Las estaciones consideradas para este análisis son las estaciones VNEI (Neiva), VPOM (Pompeya, Villavicencio), VZPQ (Zipaquirá), AEBS (Aeropuerto Benito Salas, Neiva), y BP01 (Bogotá, Servicio Geológico Colombiano, localizadas con respecto al epicentro, 127, 115, 175, 133 y 139 km respectivamente.

Mediante el uso del software GIPSY-OASIS II v 6.3, se estimó el cambio de posición de las estaciones anteriormente mencionadas, empleando órbitas rápidas y la opción de estático PPP (Precise Point Positioning) de este software. Los valores obtenidos son de carácter preliminar dado que el procesamiento se realizó con órbitas rápidas. Estos desplazamientos han sido calculados tomando la solución 3D final para el día 23 de diciembre, y para el día 24 hasta las 13:30 hora local (18.30 UT). La comparación se ha realizado tomando las posiciones obtenidas con datos a partir de las 14:30 hora (local),

(19:30 UT) respecto a la posición de la solución combinada de los días 23 y 24, antes de la ocurrencia del sismo, arrojando los siguientes valores:

Tabla 36. . Desplazamientos obtenidos

ID	Norte (m)	Este (m)	Altura (m)
VNEI	0,002	0,002	-0,001
VPOM	0,000	0,000	0,014
VZPQ	0,000	0,001	0,009
AEBS	-0,001	0,003	-0,001
BP01	0,001	-0,001	0,010



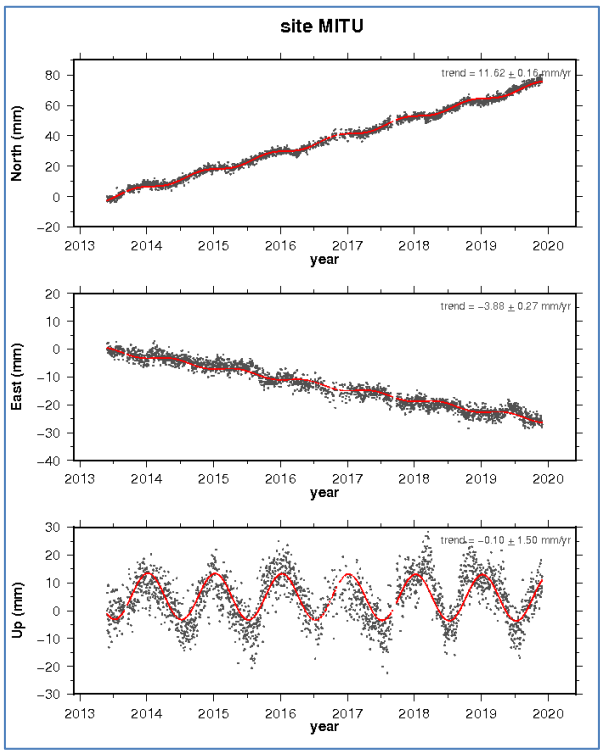
Cinemático de las estaciones AEBS, BP01, VPOM y VZPQ, con datos tomados a una tasa de muestreo de 1 segundo, 30 minutos y 30 minutos después de la ocurrencia del sismo. La raya vertical indica el momento aproximado de llegada del sismo a la estación GPS

Además, se realizó el cálculo del posicionamiento cinemático de cuatro de las estaciones anteriores, con datos adquiridos con tasa de muestreo de 1”, que permiten observar el comportamiento de las estaciones antes, durante y después del sismo. Se empleó la opción cinemático PPP (Precise Point Positioning) con el software GIPSY-OASIS v 6.3 anteriormente mencionado, igualmente con órbitas rápidas. Las gráficas de las estaciones, Figura 27, en las tres componentes, para las estaciones AEBS, BP01, VPOM y VZQP permiten apreciar la sensibilidad del instrumental GNSS para el análisis de eventos sísmicos.

Series de tiempo geodésicas

A partir de los resultados obtenidos mediante la estrategia de procesamiento diario PPP (Precise Point Positioning) con el software científico GIPSY-OASIS II, se realiza la preparación de los mismos para ser incorporados en el software HECTOR versión 1.7.2, desarrollado por SEGAL (Laboratorio de Análisis Geodésico Espacial y Terrestre) de la Universidad del Interior de Beira, Portugal. De esta manera, se generan las series diarias de tiempo geodésicas, que son la base para la estimación de las velocidades de cada una de las estaciones permanentes de operación continua.

Una serie de tiempo corresponde a la posición 3D de cada una de las componentes a través del tiempo, la cual refleja el comportamiento de la estación debido a diversos factores, que van desde situaciones asociadas al sitio de ubicación de la estación como aquellas que corresponden a la acción de las fuerzas tectónicas actuantes en la región. Para tal efecto, se generan modelos para cada una de las estimaciones, que pueden ser de carácter lineal o considerando efectos estacionales. Así, se generaron 90 series de tiempo en el año 2019. También es posible graficar el impacto de eventos externos tales como cambios instrumentales (antena y/o receptor), actualización de firmware, reorientación de antena y de fenómenos naturales como ocurrencia de sismos.



Serie de tiempo 3D estación MITU para el período 2013-2019

La serie de tiempo de la Figura 28 corresponde a la estación MITU de la red activa del GIGE-GeoRED, estación ubicada en el V.O.R del Aeropuerto Fabio Alberto León Bentley de Mitú, departamento del Vaupés, mediante convenio interadministrativo con la Aeronáutica Civil de Colombia, la cual fue instalada en mayo del año 2013.

Otro aspecto esencial en la estimación de velocidades y análisis de incertidumbres asociadas al modelo de ruido empleado lo constituye el diagrama de densidad espectral (PSD), el cual se genera por estación. La Figura 29 muestra el PSD estimado para la misma estación MITU. Se observa el espectro estimado para la observación que corresponde al símbolo X (rojo) y el modelo de Ley de Potencia ajustada + Ruido Blanco que se represente con una línea verde. La frecuencia está dada en ciclos por año (cpy) y la Potencia en mm2/ciclos por año.

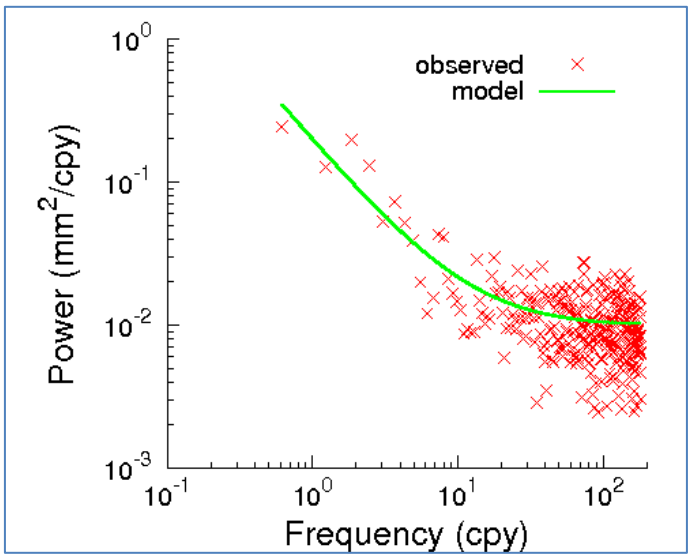


Diagrama de densidad espectral de potencia (PSD) componente este, estación GNSS permanente MITU

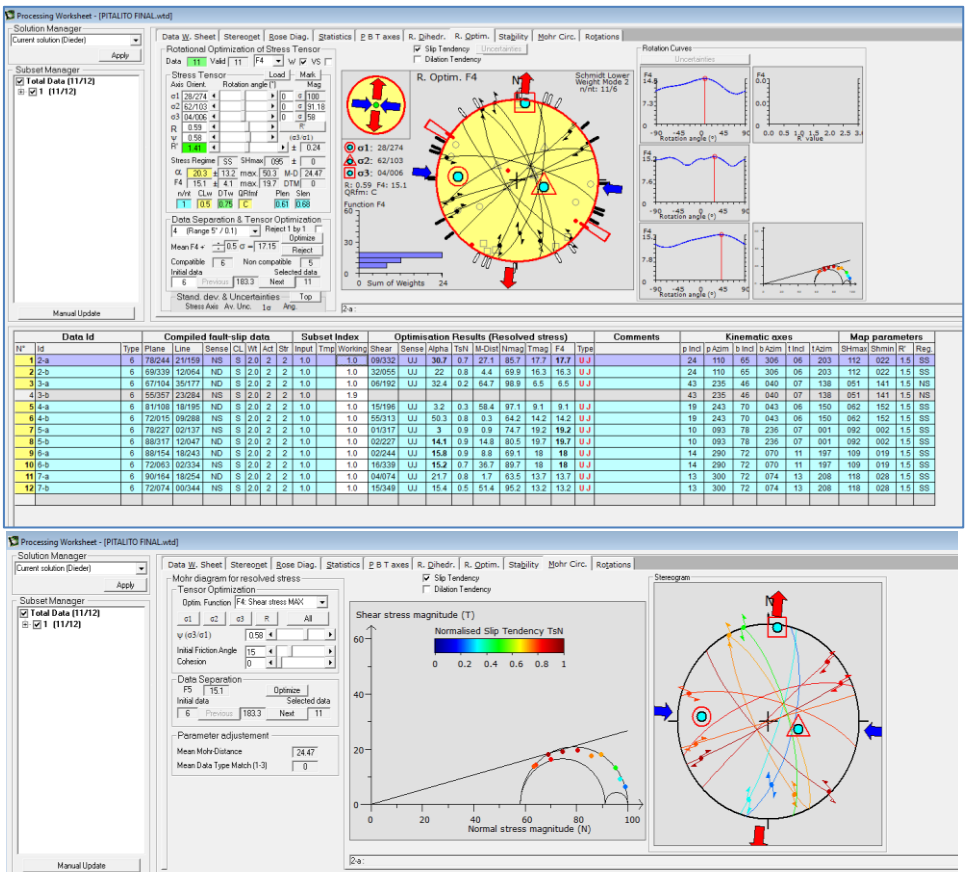
Tensores de esfuerzos

Se realizaron algunos cálculos de tensores de esfuerzos mediante el uso de software gratuito tales como Wintensor y ZMAP; el primero trabaja bajo ambiente Windows 10 y el segundo debe ejecutarse con Matlab. Para graficar los mecanismos focales a utilizar en el cálculo de los tensores de esfuerzos locales y regionales, se usa la rutina de Beachball para ArcGIS. El software GMT4 también tiene la opción de graficarlos.

Se realizaron algunos cálculos preliminares para varios segmentos de la Falla Algeciras, así como para los sismo-fuentes de las zonas de Murindó, Dabeiba y Mutatá, en el noroccidente colombiano.

Para varios segmentos de la Falla Algeciras empleando Wintensor se seleccionaron 11 sismos. Los resultados preliminares indican un factor de forma R= 0,59, lo cual es un valor confiable en la calidad del tensor. Hasta ahora se han hecho cinco ejercicios con el programa, para las zonas de Pitalito, Colombia, El Agrado, Algeciras, Huila, Balsillas, Caquetá y Mesetas, Meta.

La figura 30 muestra resultados preliminares, los cuales deberán ser objeto de verificación con la geología estructural de cada zona, lo cual se hará en el 2020.

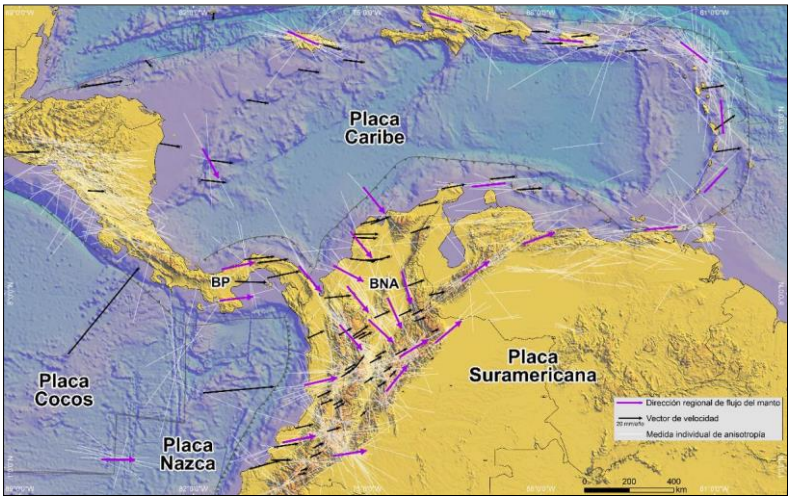


Cálculo de tensor de esfuerzos en Pitalito con seis mecanismos focales y once planos nodales. Régimen de esfuerzos de desgarre (SS), complementado con una distensión triaxial, produciendo una zona de esfuerzos transtensivos propia de cuencas de tracción.

3. Análisis, interpretación de resultados y generación de modelos. Relación entre patrones de flujo en el manto y movimiento de bloques tectónicos de la esquina NW de Suramérica, a partir del análisis conjunto de anisotropía sísmica y resultados geodésicos GPS.

Se analizó, de manera preliminar, el vínculo existente entre la geodinámica profunda, a nivel del manto, y la más superficial en la litosfera, mediante la integración de datos de anisotropía sísmica (técnica de shear-wave splitting), los cuales fueron interpretados como representativos de las direcciones de flujo en el manto y deformación en la litosfera continental, y los vectores de desplazamiento GNSS de las placas litosféricas y microplacas obtenidos en el proyecto GeoRED del Grupo de Investigaciones Geodésicas Espaciales.

Se emplearon los resultados de 55 estaciones GNSS de operación continua con más de 2,5 años de observación de GeoRED. Adicionalmente, se incluyeron en el análisis vectores de velocidad de las redes de COCOnet del Caribe y ESPONA de Ecuador, cuyos datos son procesados por GIGE, para un total de 104 vectores de velocidad. Estos resultados fueron integrados con resultados de 257 mediciones de anisotropía sísmica (S-wave splitting) calculados por Idárraga-García et al, (2016) a partir de los arribos de fases SKS en 35 estaciones sismológicas, distribuidas así: 2 estaciones en Ecuador, 2 estaciones en Panamá, 1 en Venezuela y 30 estaciones sismológicas de la Red Sismológica Nacional de Colombia. Se completó el catálogo de datos de mediciones de anisotropía sísmica con los reportados por Barroul et al, (2009).



Vectores de velocidad (flechas negras) obtenidos a partir de los datos de las redes de GeoRED-SGC, COCONet en el Caribe y ESPONA en Ecuador,
con respecto a la placa Suramericana. Mediciones individuales de anisotropía sísmica 2009 en la esquina NW de Suramérica y el Caribe, flechas color magenta, son tomados de Idárraga-García et al., 2016 y Barroul et al, 2009.

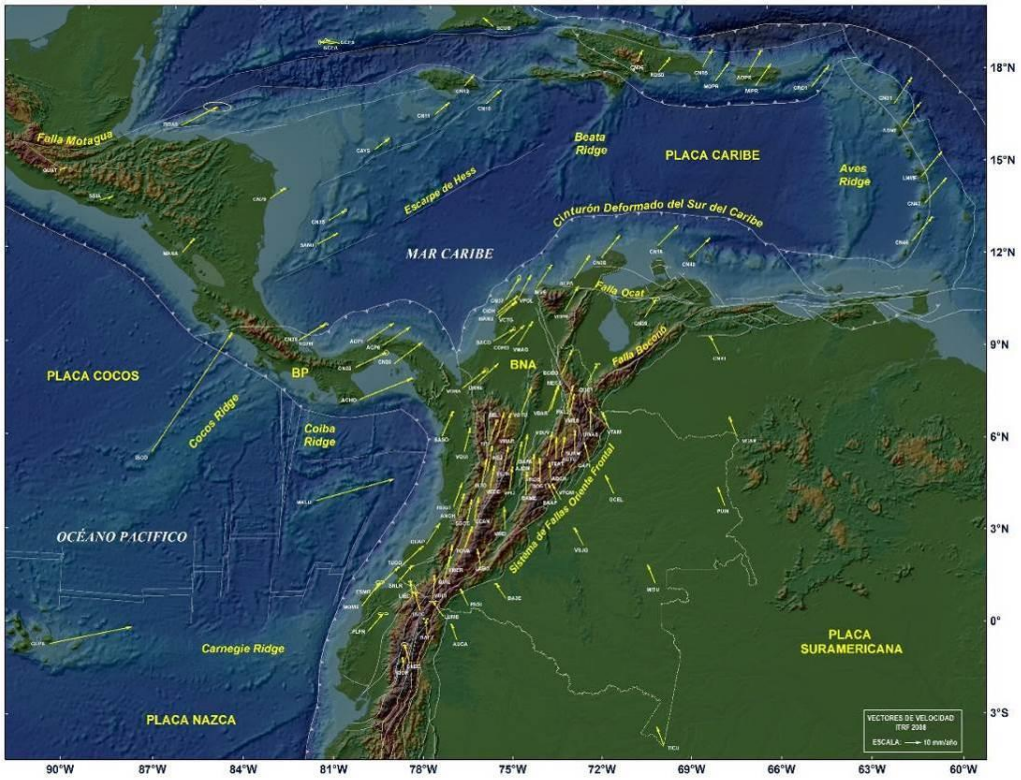
Observaciones iniciales, Figura 31, muestran la buena correlación existente entre las direcciones de flujo de manto y los vectores GNSS. Se puede interpretar que por debajo de la Cordillera Oriental de Colombia existe un flujo de manto en dirección suroeste-noreste que continúa hacia Venezuela, y podría estar acompañando el escape tectónico del Bloque Norte de los Andes, tal como se observa en los vectores GNSS,

En la zona noroeste de Colombia se obtienen resultados similares, donde un flujo de manto astenosférico con dirección general oeste-este y noroeste-sureste podría ser producto de la colisión del Bloque Panamá con el Bloque Norte de los Andes, observado también con los vectores de velocidad GNSS. Así mismo, algunas direcciones de flujo del manto en sentido general oeste-este, se interpretan como flujo astenosférico por arrastre, por debajo de la losa de Nazca en subducción, sugiriendo un alto acoplamiento entre la losa y el manto subyacente.

Es posible inferir desacople entre el manto y la litósfera en algunos sectores del Caribe donde hay una baja correlación entre direcciones de flujo en el manto y vectores GNSS.

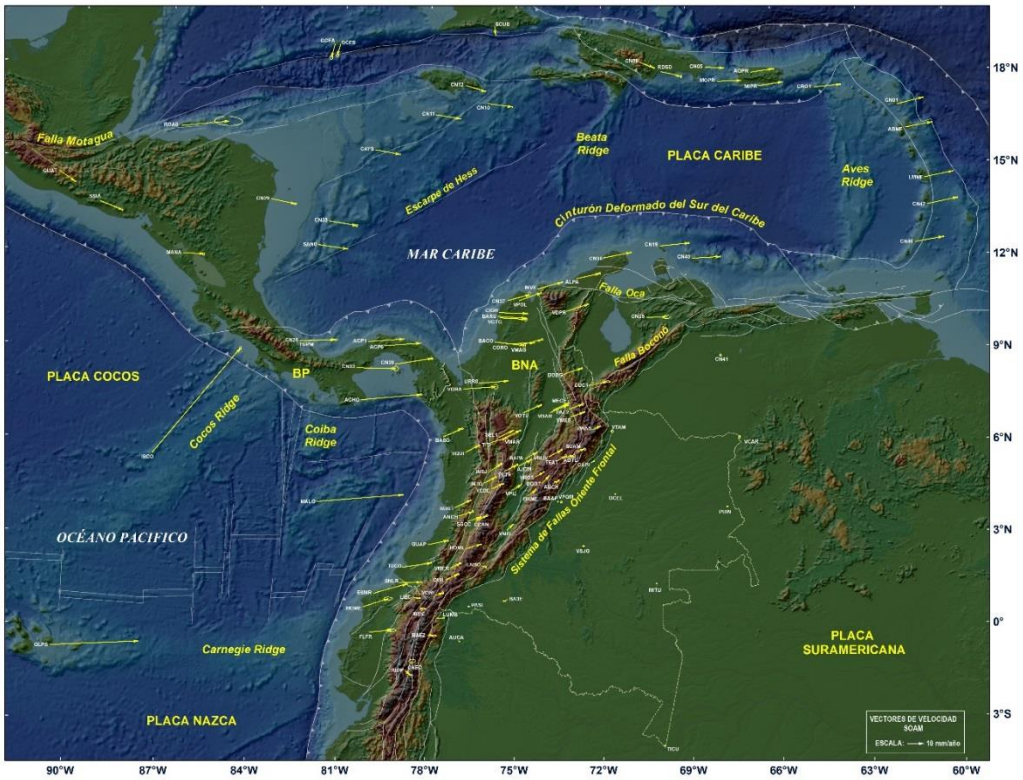
Generación de modelos de velocidades geodésicas

Para el 2019, se generaron nuevos modelos de velocidades geodésicas de la zona de estudio de GeoRED mediante la inclusión de datos recientemente tomados y procesados, cumpliendo con los requerimientos técnicos de tiempos mínimos de observación en la generación de series de tiempo y estimación de velocidades. Estos nuevos modelos de velocidades están expresados con respecto al marco internacional terrestre de referencia ITRF2008, y son mostrados en 9 mapas, así: un mapa regional que abarca la esquina noroccidental de Suramérica (Colombia, Ecuador y Venezuela), sureste de Centroamérica y zona caribe, así como un mapa nacional y siete mapas zonales que describen los vectores de velocidades del país en las zonas caribe, noroccidental, suroccidental, nororiental, eje cafetero, central y suroriental. A manera de ejemplo se presenta el mapa regional, en el cual se puede observar el movimiento de las placas de Nazca, Caribe y Suramérica, así como de los bloques Norte de los Andes y Panamá.



Mapa de velocidades geodésicas con respecto a ITRF2008 a partir de datos procesados en el Centro Regional de Procesamiento Científico de Datos GNSS del GIGE

Igualmente se han generado, empleando los respectivos polos de Euler, las velocidades con respecto a Suramérica y con respecto al Caribe, para efectos de análisis. Además, se cuenta con un modelo de movimiento del Bloque Norte de los Andes, con la respectiva estimación del polo de Euler para el bloque con respecto a Suramérica. La Figura 33 muestra, como ejemplo, las velocidades de las estaciones geodésicas con respecto a Suramérica.



Mapa de velocidades de la región de estudio con respecto a la placa suramericana, expresadas en ITRF2008.

4. Apropiación social del conocimiento

En el 2019, se realizaron actividades de difusión de resultados así como participación en los siguientes eventos académicos, así:

5th. Joint Coordinating Committee "Application of State of the Art Technologies to Strengthen Research and Response to Seismic, Volcanic and Tsunami Events, and Enhance Risk Management in Colombia" –SATREPS Bogotá.

- Crustal deformation and plate coupling in Colombia
- GPS Research in Colombia. Annual report
- onitoring and modeling

Jornada de Apropiación Social del Conocimiento, Agencia de Licencias Ambientales, SGC

- Seguimiento de la deformación de la corteza terrestre

Taller Volcán Nevado del Ruiz, Manizales

- Volcán Nevado del Ruiz. Estudios de Deformación 1985-2005

Intercambio de experiencias de investigación sobre el fenómeno tsunami, UNGRD, Bogotá

- Geodesia espacial GNSS y los sistemas de alerta temprana por tsunamis

Taller DIMAR-SGC, CIOH, Cartagena

- Estudios geodinámicos mediante geodesia espacial en Colombia

XVII Congreso Colombiano de Geología – Santa Marta, Magdalena

- Estimación del acoplamiento interplaca en la zona de subducción Colombo-ecuatoriana a partir de datos GPS.
- Efectos del desacople de la Convergencia Nazca-Suramérica y de la colisión de la región de Panamá en la deformación de los Andes del Norte.
- Apoyo Técnico-Científico proporcionado por el Servicio Geológico Colombiano, en el marco de la crisis del proyecto Hidroeléctrico Ituango.
- Combinación de anisotropía sísmica y geodesia espacial GPS para estudiar la relación entre la deformación del manto y la geodinámica de las placas litosféricas: observaciones preliminares en el noroeste de Suramérica.
- Estudio paleosismológico en la falla de Algeciras departamento del Huila, Colombia.

IX Congreso Internacional y XII Nacional de Topografía, Agrimensura, Geomática y Geodesia (CINTAG 2019). Neiva, Huila

- Geodesia Espacial GNSS y su contribución en el entendimiento de la deformación de la corteza terrestre para la gestión del riesgo.

Taller La Sinergia en la Gestión del riesgo, Universidad del Valle, Cali

- Geodesia aplicada en Colombia: herramienta para el fortalecimiento de las sinergias en la gestión del riesgo

XXIII Jornada de Investigación y extensión, colombianos que transforman el mundo. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Sogamoso, Boyacá.

- Investigaciones de neotectónica y paleosismología en Colombia. Aspectos metodológicos.

X Taller de aplicaciones científicas GNSS en Colombia. Universidad del Norte. Barranquilla, Atlántico.

- Fundamentos de series de tiempo geodésicas y taller.
- Tectónica de placas.
- El Bloque Norte de los Andes.
- Tectónica y sismicidad en Colombia.
- Investigaciones de neotectónica y paleosismología en Colombia.
- Fundamentos de geodesia espacial GNSS y aplicaciones generales.

- Análisis de deformación cortical.
- Cinemática de fallas en la era pre-GPS. Cartografía neotectónica y tasas de movimiento tectónico.
- Mecanismos focales: significado e importancia. Taller.
- Estimación de tensores de esfuerzos a partir de datos geológicos.
- Aplicaciones científicas de GNSS
- Control de Calidad de Datos Geodésicos GNSS.

Congreso Internacional de Ciencias de la Tierra y Percepción Remota, Universidad Distrital, Bogotá
Mesa redonda: Ciencias de la Tierra para la planeación espacial y el desarrollo sostenible del territorio

2nd. Workshop Ciencia, Tecnología e Innovación en el Laboratorio de Salud Pública: retos y prospectiva
- Servicio Geológico Colombiano: Ciencia, Tecnología e Innovación

AAPG, Buenos Aires, Argentina
- Plate Interactions, Escape and Surface Strain in Northwestern South America

8th. International Symposium on Andean Geodynamics, Quito, Ecuador
- Three Dimensional GPS Velocities and Strain Rate Distribution in Colombia
- GNSS Geodetic Networks in Colombia and Ecuador: a tool to understand the North Western corner of South America
- Net northeast slip of the North Andes Sliver (NAS) along the Eastern Frontal Fault System (EFFS), northwestern South America (NW SA)

La fotografía siguiente corresponde a uno de los momentos del taller.



El GIGE ha continuado difundiendo algunos de los productos desarrollados, en actividad que se realiza durante la ejecución de tareas de campo, en escuelas o colegios en diferentes municipios del país. Dichos productos, sumados a los generados por el SGC constituyen una fuente de consulta para aquellos estudiantes ubicados en zonas alejadas de los centros principales. Adicionalmente, mediante la cooperación de colaboradores y amigos de GIGE, se han obtenido en donación computadores portátiles y libros, los cuales han sido donados a esta clase de establecimientos educativos, contribuyendo de esta forma en la formación de estudiantes.



Publicaciones

Journal of South American Earth Sciences

- Crustal deformation in the northern Andes – A new GPS velocity field

GOAL – DAAD Newsletter, Germany

- Geodesia y Geodinámica

Andean tectonics Book

- Cenozoic tectonic evolution of the North Andes with constraints from volcanic ages, seismic reflection, and satellite geodesy

Además, como parte de las actividades de difusión científica y académica de métodos y resultados del proyecto, se oficializaron en el SGC, los siguientes productos:

- Coordenadas Geodésicas Estaciones CORS GeoRED 2018.
- Red Geodésica Espacial GNSS de Bogotá. Reporte de Coordenadas. Versión año 2019.

Distribución de datos

Se ha realizado la siguiente distribución de datos:

- Atención a través de la página web del proyecto: 1.662 solicitudes de datos, correspondiente a 10.304 archivos de datos en formato universal Rinex.
- Entrega de 9.204 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.
- Apoyo a los estudios de deformación de volcanes mediante la tecnología GNSS, para lo cual se entregaron 6.129 archivos de datos de estaciones del proyecto GeoRED a los observatorios vulcanológicos y sismológicos de Manizales, Popayán y Pasto.

5. Gerencia y administración

Esta actividad proporciona información respecto al alcance, especialmente de orden cuantitativo, de resultados de etapas dentro del flujo de trabajo y procesamiento del proyecto, así como en las actividades realizadas dentro de la actividad de apropiación social del conocimiento.

En cuanto a gerencia y administración técnica, científica y financiera del proyecto, se resaltan las actividades de seguimiento, control y gestión del proyecto en los sistemas desarrolladas por el Departamento Nacional de planeación DNP como los son:

- PlanView: permite potencializar la capacidad organizacional mediante la caracterización de cada uno de los proyectos de gestión estipulados por grupo de trabajo. Cada proyecto de gestión tiene actividades y fases en las que se deben definir cuál será la forma de evaluar su avance (semestral y anual) y medir la gestión de cada una de las actividades definiendo entregables o hitos. El aplicativo se alimenta mensualmente en su gestión.

- Actualización de los sistemas de Seguimiento a Proyectos de Inversión SPI y el Sistema Unificado de Inversión y Finanzas Publicas – SUIFP. Mensualmente se realiza el reporte de avance de metas a la dirección de Geoamenazas para que posteriormente se realice la actualización del BPIN.

5 ÁREA DE CONOCIMIENTO: GESTIÓN INTEGRAL DEL CONOCIMIENTO GEOCIENTÍFICO DEL TERRITORIO NACIONAL PARA GARANTIZAR SU DISPONIBILIDAD. (GESTIÓN DE INFORMACIÓN)

5.1 Objetivo

Gestionar el flujo de información que soporta la generación de conocimiento geocientífico, resultado de las actividades de exploración, investigación, evaluación y análisis en el territorio nacional, mediante estrategias de innovación tecnológica, sincronizada con la gestión del conocimiento, que permiten la divulgación, acceso y uso de los productos geocientíficos generados por los diferentes proyectos del SGC. Estos proyectos surten el procedimiento de Oficialización que garantiza validaciones temáticas, de completitud, almacenamiento y presentación de información, establecidos por la entidad para ofrecer servicios y productos confiables de óptima calidad.

5.2 Funciones De La Dirección

El artículo 10 del Decreto 2703 de 2013 precisó que son funciones de la Dirección de Gestión de Información entre otras: "(…) 1. Gestionar y administrar la Litoteca, Cintoteca, Mapoteca, y demás fondos documentales. 2. Dirigir y controlar el desarrollo y la administración del Sistema Nacional de Información Geocientífica, integrándolo con otros sistemas de información del territorio. 3. Proveer y divulgar los productos de información geocientífica. 4. Dirigir la organización y almacenamiento de los datos geocientíficos en el Sistema de Información Georreferenciada Institucional. 5. Inventariar, custodiar y administrar la información geocientífica institucional. 6. Garantizar la aplicación de buenas prácticas y principios para el manejo de la información geocientífica institucional. 7. Dirigir el desarrollo y administración de la plataforma tecnológica de los sistemas de información misionales de la institución. 8. Gestionar y administrar programas de estudio y catalogación de las colecciones científicas. 9. Custodiar la información geocientífica institucional y establecer los mecanismos de seguridad requeridos para su protección. 10. Las demás que se le sean asignadas y que correspondan a la naturaleza de la dependencia (…)".

5.3 Contexto

La Dirección de Gestión de Información es la encargada de liderar el programa de Arquitectura Empresarial en el Servicio Geológico Colombiano (SGC). Este programa, adelantado desde 2013 en conjunto con el Centro de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes, ha representado para el SGC un avance en la alineación de las decisiones de tecnología con el cumplimiento de los objetivos

estratégicos institucionales. Resultado de este programa, el SGC cuenta hoy con un ejercicio de gobierno de tecnología que apoya la toma de decisiones en los diferentes dominios de la arquitectura (gobierno, seguridad, información, infraestructura, aplicaciones, uso y apropiación) siempre entendiendo que la tecnología debe ser un eje transversal y de apoyo a la generación de soluciones de las necesidades de todas las direcciones técnicas del SGC.

Actualmente, el SGC avanza en la implementación del segundo ciclo de proyectos de la arquitectura. A continuación, se relacionan los proyectos de gestión del bienio 2019-2020 que se ejecutan con recursos del Sistema General de Regalías (SGR) y que hacen parte del ejercicio de la arquitectura empresarial.

5.3.1 Proyectos De Gestión Asociados Al Bienio 2019-2020 – Sistema General De Regalías

1.1. Proyecto de Gestión ID 1001309: Seguimiento, control y gestión de proyectos geocientíficos.
1.2. Proyecto de Gestión ID 1001339: Implementación de bodega de datos geocientíficos.
1.3. Proyecto de Gestión ID 1001341: Analítica de datos geocientíficos.
1.4. Proyecto de Gestión ID 1001351: Sistema de Información Geocientífica y Geoportal integrada.
1.5. Proyecto de Gestión ID 1001353: Diseño banco información minera
1.6. Proyecto de Gestión ID 1001262: Catalogación de Sismos y Centro alterno de monitoreo de la RSNC.
1.7. Proyecto de Gestión ID 1001234: Soluciones Tecnológicas Integrales para la divulgación del Conocimiento Geocientífico.
1.8. Proyecto de Gestión ID 1001225: Implementación del Sistema de Gestión de Seguridad de la Información (fase I).
1.9. Proyecto de Gestión ID 1001381: Mejoramiento de calidad de datos geocientíficos y manejo y custodia de fondos de información geocientífica.
1.10. Proyecto de Gestión ID 1000674: Acompañamiento técnico especializado en AE

5.3.2 Proyectos De Gestión Asociados Al Bienio 2019-2020 – Presupuesto General De La Nación

2.1. Proyecto de Gestión ID 1000860: Banco de Información Petrolera
2.2. Proyecto de Gestión ID 1000860: Modernización de los DataCenter del SGC

INFORME DE GESTIÓN Y AVANCE 2019

1. PROYECTOS DE GESTIÓN ASOCIADOS AL BIENIO 2019-2020 – SISTEMA GENERAL DE REGALÍAS

1.1. Proyecto de Gestión ID 1001309: 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.

Porcentaje de avance del proyecto  **%42**

Informe de avance año 2019:

Durante el primer semestre se cuenta con dos proyectos: el proyecto “Oficina de Gestión de Proyectos Planview – 1000664”, que inició desde el 2017 y terminó actividades en junio de 2019, y el proyecto “Seguimiento, Control, Gestión de Proyectos Geocientíficos – 1001309”, que inició en abril de 2019; estos dos proyectos fueron empalmados dado que tienen continuidad entre sí. Éstos han tenido los avances esperados durante el año 2019 y actualmente han permitido tener un mejor control y seguimiento al portafolio de proyectos de gestión, partiendo desde enero de 2019 con 97 proyectos y cerrando en el mes de diciembre con 106 proyectos, de los cuales se ha obtenido un buen cumplimiento con rendimientos superiores al 90%.

Igualmente, esta gestión de control, seguimiento y monitoreo de proyectos permite tener la información al día, publicada en la página web de forma transparente con las interfaces o integraciones con otras aplicaciones para mostrar los resultados de la gestión de proyectos de todo el portafolio, tanto al interior del SGC como para la comunidad en general.

Además, el sistema de Gestión de Proyectos implementado en el SGC, a través de la Oficina de Gestión de Proyectos, ha permitido que los entes de control realicen seguimiento, de forma permanente, al cumplimiento de los objetivos establecidos en cada uno de los proyectos aprobados, esto se ha logrado con el apoyo de la herramienta Planview, especializada en gestión de proyectos, que actualmente continúa siendo la primera herramienta a nivel mundial de acuerdo con la calificadora Gartner.

Esta implementación de la Oficina de Gestión de Proyectos ha llamado el interés de organizaciones como la Contraloría, el Ministerio de Minas y Energía, el Fondo Colombia

Sostenible, la Unidad de Búsqueda de Personas Desaparecidas (UBPD) y Almaviva, que nos han visitado para ver el proceso, el gobierno y la herramienta utilizada en el SGC, y ser replicada por ellos.

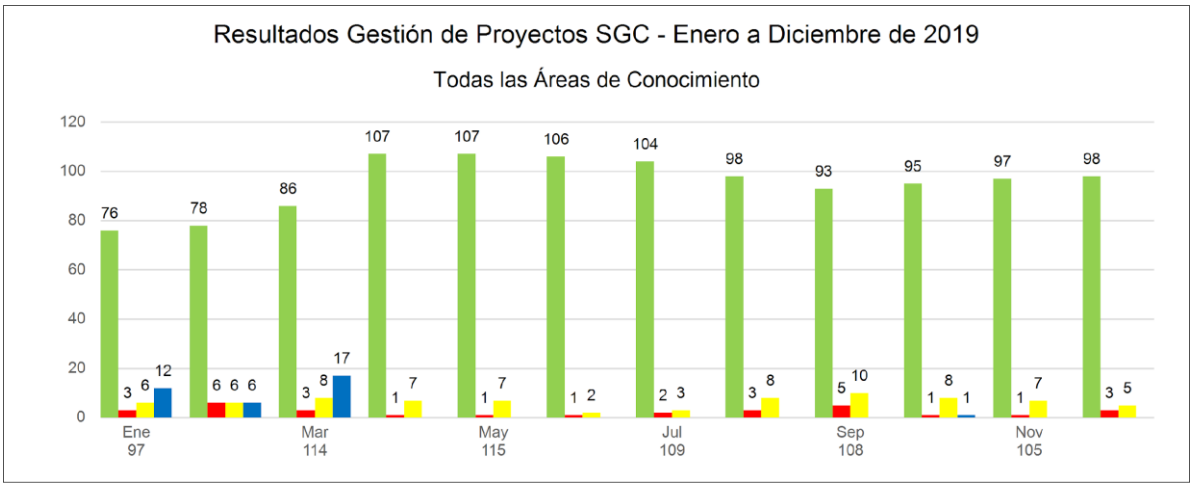


Cuadrante de Gartner

A continuación, se presentan los principales avances del año, donde se observa el crecimiento y mejoramiento de este proyecto:

- ✓ Se continúa con el seguimiento mensual que incluye los planes de trabajo, planeación de recursos y reportes a la gestión realizada en los proyectos, terminando con 106 proyectos a 31 de diciembre de 2019. De estos, sólo 3 quedaron en estado de incumplimiento y 5 en estado de alerta, es decir se tiene un rendimiento del 97%, comparado con el cumplimiento esperado del 62,75% y se dio un cumplimiento del 60, 57%, lo cual muestra la buena gestión de los proyectos durante el año 2019, como se observa en la siguiente gráfica:

Fecha de Ejecución: 15/01/2020	Indicador de Rendimiento 97 %	**Total Esperado Portafolio 62.75 %**	**Total Real Portafolio 60.57 %**



✓ Se ha acompañado a los responsables de proyectos (actualmente se cuenta con 65 gerentes de proyectos) tanto en la metodología como en el manejo de la herramienta, garantizando el registro adecuado de los avances de los proyectos en los tiempos establecidos.

✓ Se han realizado los ajustes necesarios en la herramienta de gestión de proyectos Planview para su adecuación a los procesos propios del SGC y facilitar los controles de seguimiento de proyectos de gestión internos, así como para alinear la herramienta a los lineamientos del Ministerio de Minas y Energía y al cumplimiento del Convenio 379.

- Project Charter con requerimientos del MME.
- Área de conocimiento - proyecto de inversión, programas y proyectos de gestión.
- Reporte de avances de proyectos consolidados.
- Reporte de seguimiento de portafolio.
- Reporte para el Consejo Directivo.
- Reporte para visualizar y controlar los controles de cambios, por proyecto.
- Reporte por portafolio del informe trimestral y mejoras en presentación.
- Control de baseline y sobrecarga de recursos.

✓ Se ajustó la herramienta Planview con los indicadores por productos de cada proyecto de gestión y se registró la información correspondiente para su visualización a través de la herramienta.

✓ Se desarrollaron las presentaciones de gestión de proyectos directamente en el Planview para la optimización de este proceso para los comités internos y para el Consejo Directivo, facilitando la toma de decisiones o acciones al interior del SGC.

- ✓ Se realizaron entrenamientos sobre la gestión de proyectos y el uso d la herramienta Planview en puestos de trabajo individuales y grupales para el logro de los resultados esperados del portafolio de proyectos del SGC.
- ✓ Se realizó entrenamiento en la herramienta planview al Ministerio de Minas y Energía.

2.1. Proyecto de Gestión ID 1001339: 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.

Porcentaje de avance del proyecto  **63%**

Informe de avance año 2019:

Revisión documental SGC

Se inicia la revisión en el SGC, con base en la información entregada por la Universidad de los Andes, Contrato 158 de 2015, el cual tiene como objeto: “Acompañamiento técnico en inteligencia de negocios (BI): planeación, definición, diseño y creación de una bodega de datos”.

Como resultado del acompañamiento técnico, se identificaron temas de interés y diversas necesidades del SGC que pueden ser abordadas desde la inteligencia de negocios. Esta exploración de requerimientos llevó al planteamiento de posibles aplicaciones o incrementos (subproyectos). Además, se realizó una evaluación de la factibilidad, impacto, restricciones y prerrequisitos de cada uno, llegando a la priorización de dichos requisitos así:

PRIORIDAD	INCREMENTO - SUBPROYECTO
1	Uso de la información del SGC en el ecosistema de ciencia y tecnología
2	Monitoreo, seguimiento y control del SGC
3	Priorización del territorio para ejecución de proyectos de microzonificación
4	Análisis del potencial de recursos minerales, a partir de la información del Banco de Información Petrolera
5	Aplicación de tecnologías de *fracking* en las distintas zonas geográficas de Colombia
6	Medición de los efectos de las amenazas sísmicas

Tabla 1. Priorización Incrementos. Orden de implementación

Primer Incremento: Uso de la información del SGC en el ecosistema de ciencia y tecnología

Se realizó un prototipo disponible en el siguiente enlace:
https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNzVlNDBjODMtYjVlYi00OGY1LWJjNTEtZTM1MmIzYzVhNzU2IiwidCI6ImZhYmQwNDdjLWZmNDgtNDkyYS04YmJiLThmOThiOWZiOWNjYSIsImMiOjR9

Se elaboró el documento de especificaciones funcionales y no funcionales de dicho incremento. También se elaboró el documento de estudios previos que expone la necesidad de contratar la adaptación, parametrización y prestación de un servicio de software, bajo modalidad de suscripción, que permita al Servicio Geológico Colombiano medir el impacto de la producción geocientífica de la entidad mediante el análisis de indicadores. Se encontró la funcionalidad requerida en el producto Scientific Monitor 360 de la sociedad Xcientia SAS, la cual es la única compañía que comercializa el producto. Corresponde a una compañía norteamericana (Xientia inc.) con subsidiaria legalmente constituida en Colombia.

Segundo Incremento: Monitoreo, seguimiento y control del SGC

Se realizó un prototipo que permite validar la arquitectura y mostrar a los usuarios el alcance y la utilidad de la aplicación de procesos de inteligencia de negocios en la organización. El prototipo fue realizado por la Universidad de los Andes, con el apoyo y supervisión de la DGI, y está disponible en el siguiente enlace:
https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiY2U2MWFkYmQtYWMyNC00YjI3LThjZTgtNGZkNTM3NTUzZjkwIiwidCI6ImZhYmQwNDdjLWZmNDgtNDkyYS04YmJiLThmOThiOWZiOWNjYSIsImMiOjR9

Junto con la Universidad de los Andes, se realizaron las especificaciones técnicas de la solución tecnológica para la implementación del segundo incremento, generando además los documentos: Acuerdos de nivel de servicio, Clasificación de las métricas del SGC, Estructura general del proyecto y la Primera versión conceptual del tablero de monitoreo priorizado.

3.1. Proyecto de Gestión ID 1001341: Analítica de datos geocientíficos

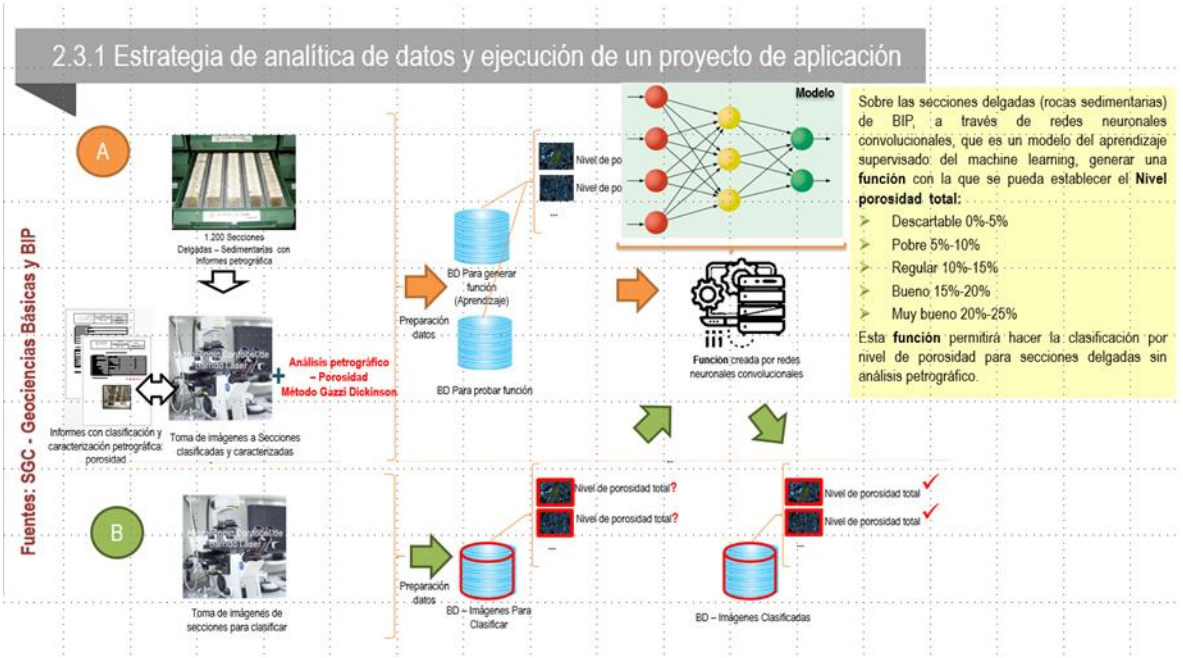
Objetivo: implementar soluciones de análisis de datos y gestión de la información que permitan disponer y divulgar información actualizada y de calidad para la toma de decisiones de los diferentes grupos de interés del SGC.

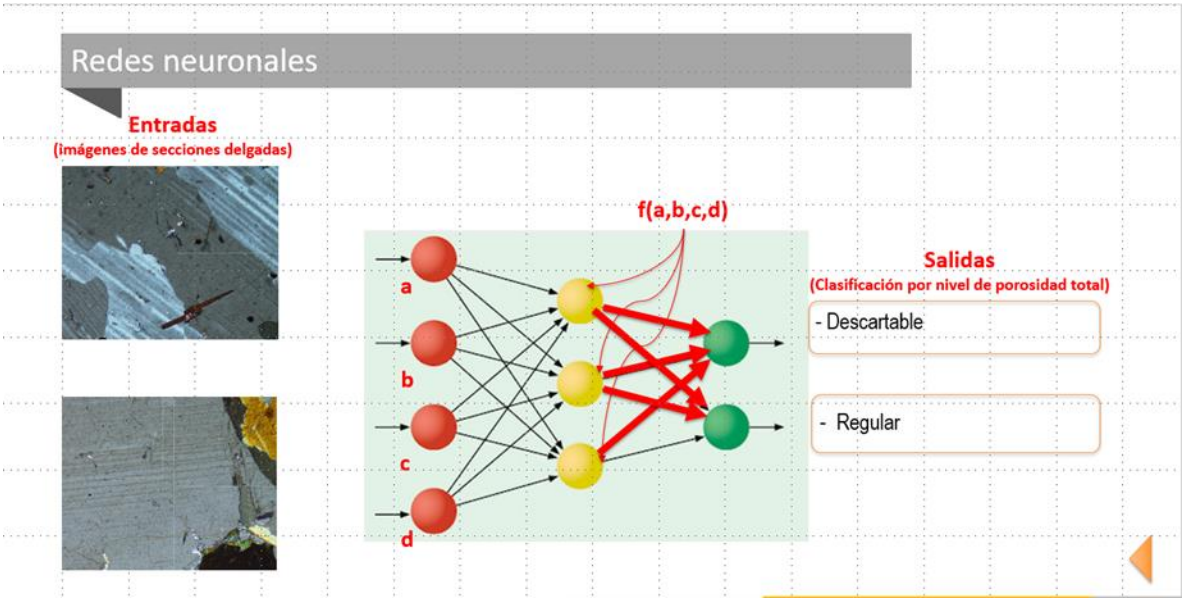
Porcentaje de avance del  **41%**

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)

Informe de avance año 2019:

- Identificación de preguntas de negocio susceptibles de resolver a través de técnicas avanzadas de analítica de datos (problema de negocio), objeto de aplicación de técnicas de Machine Learning.
- Definición del proyecto de aplicación. En conjunto con la Dirección Técnica de Geociencias Básicas se identificó un problema potencial a ser resuelto utilizando este tipo de herramientas y técnicas de analítica avanzada. El proyecto identificado se nombró como: “Evaluación automática de la porosidad en secciones delgadas de rocas sedimentarias, mediante el análisis de imágenes aplicando técnicas de *Machine Learning*.”
- El objetivo del proyecto de aplicación es: realizar una clasificación automática de secciones delgadas de rocas sedimentarias identificando en ellas porosidad total, a partir de un modelo matemático (redes neuronales convolucionales) generado mediante técnicas de *Machine Learning*.
- Las siguientes gráficas ilustran los pasos metodológicos del proyecto de aplicación:





Características de las imágenes requeridas

Las imágenes que conforman las entradas para el aprendizaje del modelo matemático propuesto deberán cumplir con las siguientes características:

- Por cada nivel de porosidad debe haber entre 10 y 15 secciones delgadas, de las cuales por lo menos una es representativa del nivel de porosidad y otra que siendo

del nivel resulta atípica; las demás secciones delgadas son intermedias entre las dos anteriores (puede haber más de una representativa y más de una atípica para un mismo nivel de porosidad).

- Por cada sección delgada se deben tomar imágenes de toda la superficie de la sección delgada, así:
  - Una cada 10 º, hasta 90 º con **nícoles paralelos**
  - Una cada 10 º, hasta 90 º con **nícoles cruzados**
- Número total de imágenes por sección delgada: 18 imágenes
- Número total de secciones delgadas: hasta 75 secciones, cubriendo todos los niveles de porosidad descritos.
- Número total de imágenes (número de Imágenes por sección x número total de secciones para el entrenamiento del modelo): hasta 1350 imágenes.
- La magnificación a emplear será 40X

4.1. Proyecto de Gestión ID 1001351: Sistema de Información Geocientífica 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.

Porcentaje de avance del proyecto → **53%**

Informe de avance año 2019:

- Revisión realizada al documento “Catálogo de componentes de información”, del cual se obtuvo información asociada a los productos de información de cada dirección entre los cuales se encuentran: área responsable, productor del dato, entes internos y externos a los cuales va dirigida la información, formato de la data, escala, nombre del esquema de base de datos y las tablas geográficas más representativas. Este documento sirve de insumo para el diligenciamiento de algunos campos correspondientes al “Inventario de productos detallado” en la versión 1.
- Modelamiento de datos versión (I) del catálogo de objetos y símbolos con el fin de apoyar la sistematización de los procesos de definición de estándares sobre los productos geocientíficos. Dicho modelo fue dispuesto al equipo de trabajo del proyecto para sus respectivas revisiones y correcciones.
- Adaptación de estándares a las exigencias del Catálogo de objetos y del Catálogo de símbolos. Proceso que consistió en la recodificación de los estándares de Geología y Geomorfología versión (I), de conformidad con los lineamientos de la catalogación de objetos y símbolos.

- Recopilación de información para el inventario que toma como base el “Catálogo de componentes de información”. Entre las tareas realizadas se encuentran la completitud del catálogo de servicios y el análisis de transversalidad de entidades a partir de la GDB Corporativa. En el tema relacionado con “Servicios de información”, se hallaron 79 registros asociados a servicios web, entre los cuales se encuentran los geovisores y servicios WMS y WFS, expuestos en el geoportal respectivamente.
- Acercamiento con empresas del sector que cuentan con experiencia en proyectos de integración de sistemas para apoyar los procesos de estudio de mercado. A partir de dichos acercamientos surgieron valiosas ideas que permitieron definir la proyección de la ficha técnica en su versión (I).
- Primera versión de Mockups de SIIG para socializar y acordar un criterio único con respecto a las funcionalidades de dicho sistema. Esta versión es muy básica y tiene como objetivo identificar si la propuesta de solución plasmada coincide con la planteada por la Universidad de los Andes.
- Generación de la primera versión de la Ficha técnica del proyecto. La ficha toma como apoyo la interpretación del inventario de productos para evidenciar entidades de carácter transversal, los estándares geográficos y cartográficos asociados a geología de volcanes, geotermia y geología, la documentación existente a lineamientos y estándares a nivel institucional y los consejos de empresas del sector que han trabajado con sistemas de carácter centralizado.
- Pruebas de concepto realizadas al modelo de la Base de datos espacial integrada (BDEI) propuesto por la Universidad de los Andes con revisión de productos geocientíficos asociados a Amenazas volcánicas, Hidrogeología, Atlas Geológico años 2007 y 2015, y Mapa Geológico correspondiente a los años 2007 y 2015.
- Levantamiento del inventario (segunda versión), partiendo de la información de los productos geocientíficos cargados en el Motor de Integración de Información Geocientífica (MIIG), que pretende identificar aquellos productos del SGC que fueron generados con archivos de formato shp, gdb y mdb sobre el análisis de 65.000 registros suministrados del MIIG, permitiendo definir la línea base para la determinación de las líneas temáticas a trabajar en la primera versión de la BDEI y tener una primera estructuración de los objetos geográficos en los principales productos geocientíficos del SGC.
- Análisis del estado actual de políticas, lineamientos y estándares geográficos (internos, ICDE, ISO y NTC entre otros).
- Diagnóstico de fuentes de información: documento de establecimiento de reglas a considerar por la BDEI, versión 1, que tomó como base la revisión del catastro de Perú, de los sistemas IGMX, SIGER y SIMMA del SGC.
- Definición de estándares aplicables al proyecto: propuesta de reestructuración del estándar de geología, el cual por su avance será tomado como base en el prototipo inicial de la BDEI.

- Diseño de modelos de componentes lógicos para BDEI. Análisis de implementación de la metodología MDM (Master Data Management), metodología sugerida por la Universidad de los Andes.
- Planteamiento y ejecución de control de cambios reestructurando fechas iniciales y finales del cronograma actual del Planview, respetando el tiempo límite establecido del 31 de diciembre de 2020 y entregables propuestos. Esto debido a retrasos en las tareas de socialización, validación, corrección y aprobación a los ajustes al Estándar de Geología de parte del personal encargado en el área de Geología Básica para tal fin y, también, como resultado de los análisis de inventario (versión 1), los cuales no reflejaron la realidad de la estructura de los productos geocientíficos, lo que ha conllevado a su ampliación (versión 2), teniendo en cuenta la información publicada en el MIIG y a la redefinición y fortalecimiento de los conceptos de la BDEI y el SIIG plasmados en la primera versión de la ficha técnica.

5.1. Proyecto de Gestión ID 1001353: Diseño banco información minera

Objetivo: diseñar un Banco de Información Minera encargado de recibir, catalogar y custodiar las muestras e información técnica proveniente de los titulares mineros del país.

Porcentaje de avance del proyecto **49%**

Informe de avance año 2019:

El Banco de Información Minera (BIM) será el repositorio oficial de Colombia con la función de recibir, preservar, cargar, custodiar y administrar toda la información técnica geológica y de conocimiento del subsuelo que haya sido recopilada por los titulares mineros como resultado de las actividades de prospección, exploración y explotación, en desarrollo de los contratos suscritos con la autoridad minera en el territorio nacional.

Es el único banco que sustentará esta función en el país y será administrado por el Servicio Geológico Colombiano, según lo indicado en los artículos 3 y 4, función 2, del Decreto 4131 de 2011 del Ministerio de Minas y Energía, que establece:

ARTÍCULO 3o. OBJETO. Como consecuencia del cambio de naturaleza, el Servicio Geológico Colombiano tiene como objeto realizar la investigación científica básica y aplicada del potencial de recursos del subsuelo; adelantar el seguimiento y monitoreo de amenazas de origen geológico; administrar la información del subsuelo; garantizar la gestión segura de los materiales nucleares y radiactivos en el país; coordinar proyectos de investigación nuclear, con las limitaciones del artículo 81 de la Constitución Política, y el manejo y la utilización del reactor nuclear de la Nación.

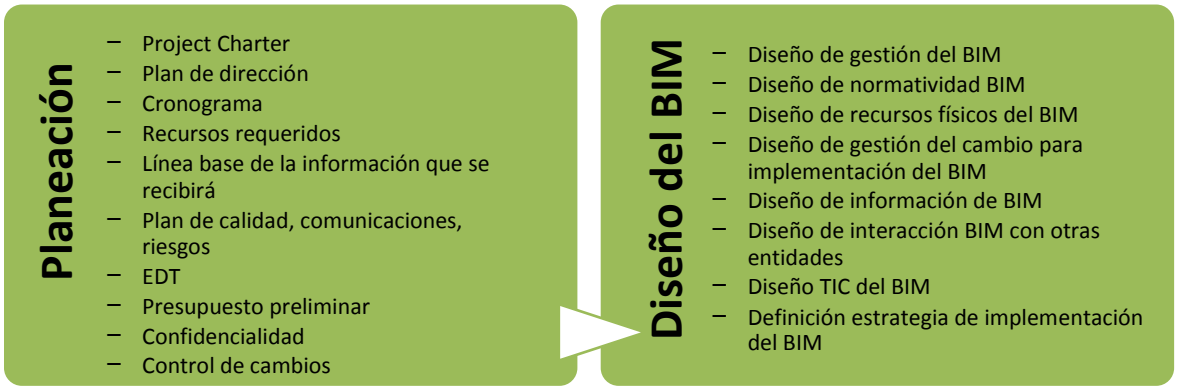
ARTÍCULO 4o. FUNCIONES. Para el cumplimiento de su objeto, el Servicio Geológico Colombiano cumplirá las siguientes funciones:

2. Adelantar la investigación científica básica y aplicada del potencial de recursos del subsuelo y administrar los datos e información del subsuelo del territorio nacional.

El cumplimiento del Código de Minas y de los Decretos 4134 y 4131 del 2011, hacen necesaria la creación del "Manual de suministro y entrega de la información geológica generada en el desarrollo de actividades mineras". El manual es la herramienta guía para el requerimiento de la información que contiene los procedimientos, los tipos de información, los formatos y los medios de entrega.

El BIM parte de la necesidad de consolidar, administrar y gestionar la información geológica obtenida dentro de las etapas de exploración realizada por titulares mineros y para dar cumplimiento a las funciones asignadas a la Agencia Nacional de Minería (ANM) y al Servicio Geológico Colombiano (SGC), mediante la implementación del "Manual de suministro y entrega de la información geológica generada en el desarrollo de las actividades mineras" por parte de los titulares mineros.

El diseño del BIM consta de dos etapas:



- En la fase inicial de Planeación, se tienen los siguientes productos a alto nivel:

i. Project charter o Acta de constitución de proyecto: se definen los objetivos, la justificación, alcance, beneficios, alcances, exclusiones y supuestos. Se establecen los entregables, los *stakeholders* y clientes, y recursos humanos y físicos.
ii. Plan de dirección del proyecto: se compone del objetivo del plan, antecedentes, estrategia, estructura del proyecto, el plan de comunicaciones, de riesgos y calidad y gestión del cambio.

iii. Descripción del BIM: se define el BIM, sus beneficios y los antecedentes que llevaron a su creación. También se describen los componentes como los clientes, los servicios a alto nivel y los tipos y fuentes de información que ingresará.
iv. Estructura desglosada de trabajo (EDT): con la EDT y mediante su estructura jerárquica, se organizan y definen todas las tareas que se deben realizar en el proyecto y que servirán como base para el cronograma y el presupuesto.

- El Manual sufrió algunas modificaciones por temas técnicos, por lo que fue necesario expedir una nueva resolución conjunta que adoptara el nuevo manual. En este semestre se realizó la publicación en los portales institucionales del SGC y de la ANM, de la propuesta de resolución conjunta, la justificación y de la segunda versión del manual para consulta pública. Se recibieron propuestas, observaciones, preguntas y comentarios de diferentes organizaciones y personas naturales y fueron respondidas de manera conjunta entre las dos entidades con el acompañamiento de las Oficinas Jurídicas respectivas. Posteriormente, y luego de la revisión y respuestas a las observaciones y comentarios, el 2 de septiembre de 2019 se firmó la Resolución conjunta 564 de la ANM y 374 del SGC.
- Los documentos que hacen parte de la etapa inicial de la planeación del proyecto fueron planteados a alto nivel. Durante este semestre dichos documentos se han venido ajustando con información y datos en mayor detalle.
- En un trabajo conjunto con la ANM se definió la línea base del proyecto basado en los 7103 títulos mineros que tienen la obligación de presentar información geológica en sus fases de exploración, que precisará de manera importante los metros de perforación, el número de muestras de materia geológico y el volumen en GB de información digital que ingresará al BIM, con el fin de estimar el tamaño necesario de la litoteca para guardar el material geológico y el volumen de los servidores para almacenar la información digital. Adicionalmente se definió la estrategia para requerir la información a los titulares mineros.

Tabla 1. Información digital, numero de muestras y metros de perforación esperados

Tipo de Titulo	Número de Títulos	ETAPA 1			ETAPA 2			TOTALES		
		Información Digital-Gb	Número de muestras	Metros de perforación	Información Digital-Gb	Número de muestras	Metros de perforación	Información Digital-Gb	Número de muestras	Metros de perforación
PIN	47	940	13.448	214.693				940	13.448	214.693
En Exploración	385	3.090	22.540	351.156				3.090	22.540	351.156
Terminados en 2020	49	275	335	3.083				275	335	3.083
Otros Titulos	6.622				45.565	129.377	1.810.556	45.565	129.377	1.810.556
TOTAL	7.103	4.305	36.323	568.932	45.565	129.377	1.810.556	49.870	165.700	2.379.488

- Respecto a la estrategia de requerimiento de información a los titulares mineros para las fases I, II y III, se haría en dos etapas así:

Etapa 1:

- Títulos PIN – Se consideran con mejor estructura de manejo de información y proceso sistematizado de conservación de muestras.
- Títulos en exploración – Por estar desarrollando las actividades propias de la etapa de exploración.
- Títulos que terminan vigencia en 2020 – Es una buena oportunidad por fecha de expiración del título o por requisito para el cambio de modalidad.

Etapa 2:

- Otros títulos (títulos en construcción y montaje o explotación) – Mediana minería.
- Otros títulos (títulos en construcción y montaje o explotación) – Pequeña minería.

- Se inicia la elaboración de los términos de referencia (TR) para la contratación externa del diseño del BIM por parte de una empresa experta en manejo de datos mineros y geológicos. Se encuentran definidos en su primera versión, los cuales definirán esencialmente: las especificaciones mínimas requeridas en cuanto a la planeación del proyecto, el modelo de negocio del BIM, la relación con los clientes y socios claves, los canales de acceso, la propuesta de valor y las fuentes de ingresos, entre otros.
- Se inicia la elaboración de los complementos del manual de entrega que corresponden a estándares de informes, mapas y bases de datos, metadatos básicos y técnicos, entre otros.
- Se está adelantando una comparación temática entre diferentes estándares: ECRR, el Manual de entrega, la normatividad que rige esta actividad (Términos de Referencia de los contratos de concesión), y los bancos de información minera de Australia y Chile, con el fin de unificar los estudios técnicos y las actividades realizadas en minería, para que los titulares mineros entreguen al BIM la información geológica adquirida en actividades mineras, de una manera estandarizada.
- Se continúa con la misma restricción en cuanto a la confidencialidad de la información entregada por los titulares mineros que aún no ha podido ser definida y se continúa en espera del alcance al concepto jurídico dado por parte de la Oficina de Asuntos Jurídicos - OAJ de la ANM, este concepto revisará la posibilidad de revaluar el concepto vigente de confidencialidad emitido anteriormente por esta misma oficina, en el sentido de poder usar la información entregada por los titulares sin ningún tipo de restricción ni confidencialidad una vez haya cumplido el tiempo establecido por la ley.

6.1. Proyecto de Gestión ID 1001262: 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.

Fecha de inicio: 12 de abril de 2019
Fecha de cierre: 31 de diciembre de 2020

Porcentaje de avance del proyecto  **28%**

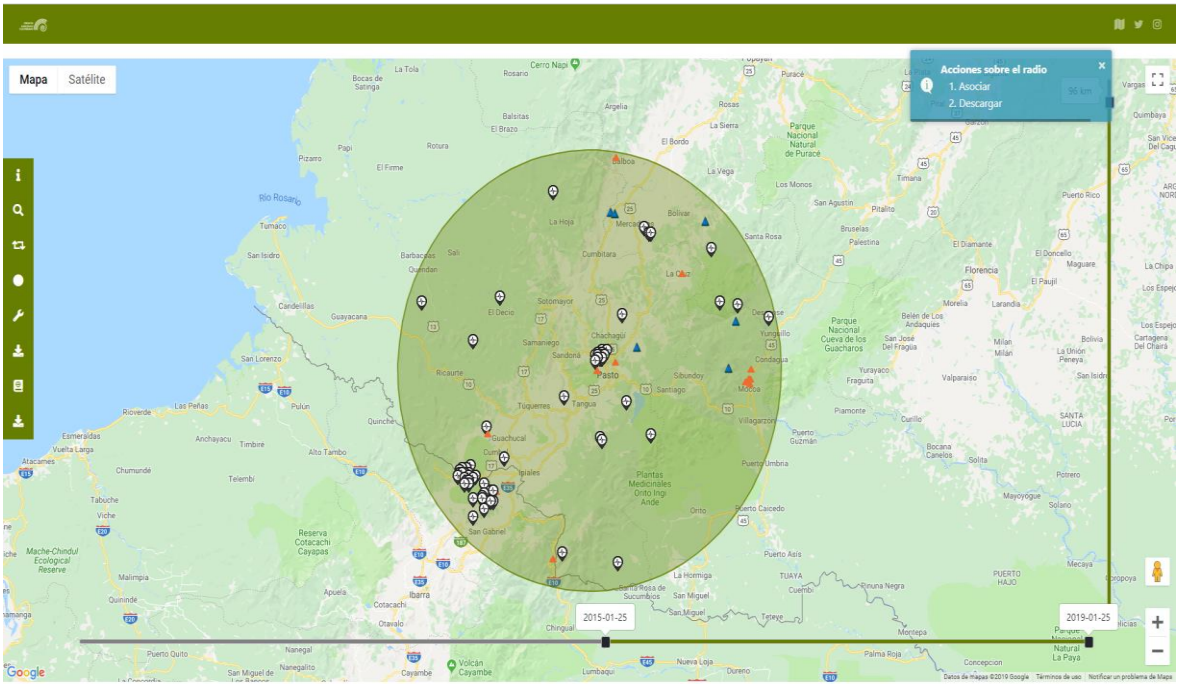
Informe de avance año 2019:

Existen tres subproyectos englobados en uno solo y todos ejecutados en conjunto con la Dirección de Gestión de Información y la Dirección de Geoamenazas, está ultima quien es la generadora de la información 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 (sismológicas, acelerómetros, GPS, de gases, etc.), los epicentros, las magnitudes, las profundidades, archivos generados y procesados, análisis, etc. Se han realizado las siguientes actividades durante el año:

- Se trabajó con las áreas de la Dirección de Geoamenazas: RSNC, RNAC, Geored, Movimientos en Masa y los Observatorios Vulcanológicos y Sismológicos (OVS).
- Se realizó el levantamiento de requerimientos iniciales y el diseño del catalogador con los involucrados donde se identifican más de treinta fuentes de información.
- Se realizó la presentación a los OVS, junto con la planeación de las fases del proyecto, para reafirmar los requerimientos y observaciones recogidas.
- Se hace la presentación del documento de diseño y del prototipo, junto con la planeación de las fases del proyecto, a todos los involucrados para reafirmar los requerimientos y observaciones recogidas, y como resultado se aprueban los mismos.
- Hay varias alternativas para el desarrollo del catalogador como la contratación de un bus de integración, la contratación de personal para el desarrollo en casa y la contratación del desarrollo ubicando toda la información en la nube.
- Hay varias alternativas para el desarrollo del catalogador las cuales se están definiendo en conjunto con el área de la RSNC. Se ha pensado en la contratación de un bus de integración, la contratación de personal para desarrollo en casa y la contratación del desarrollo ubicando toda la información en la nube.



Prototipo para búsqueda de información de sismos

- **Centro alterno 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 y 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.

- Se ha realizado el levantamiento de requerimientos donde se debe hacer, por un lado, la contratación del diseño y de la ampliación de la carga eléctrica de la sede y, por otro lado, la construcción del nuevo centro de datos para la contingencia de la RSNC para mover la infraestructura de TI de la sede a este nuevo sitio. Igualmente se aclaran requerimientos a la Dirección de Geoamenazas como usuario final.
- Para los requerimientos del centro alterno de monitoreo para la RSNC se involucran ingenieros del grupo de TI, de la RSNC y del OVS Pasto, al igual que el área de Servicios Administrativos.
- Se hacen reuniones con proveedores, visitas a centros de datos tipo contenedor y se reciben cotizaciones para efectos presupuestales.
- Se definen dos grupos, uno para la validación de la infraestructura física de la sede y la definición de su ubicación, el otro es de infraestructura de TI. Todos los grupos son conformados por personal de la Dirección de Geoamenazas y personal de la Dirección de Gestión de Información.

- Igualmente se logra la adjudicación del proceso de adquisición de los servidores para el procesamiento requerido en Pasto, el cual será instalado en el primer trimestre de 2020

- **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.

- Se renueva la contratación de la infraestructura en la nube para el funcionamiento de la solución.
- Se realizan reuniones con los OVS para definición de requerimientos y mejoras al sistema.
- Se hacen diseños de soluciones de acuerdo con los requerimientos y se hace la presentación a los involucrados, tanto de la Dirección de Geoamenazas como de la Dirección de Gestión de Información.
- Se hacen reuniones con proveedores para ver soluciones de desarrollo, y se hacen cotizaciones para presupuestar el costo de las mejoras.



Vista de una de las potenciales mejoras que se le pueden hacer al sistema

7.1. Proyecto de Gestión ID 1001234: 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.

Porcentaje de avance del proyecto  **40%**

Informe de avance año 2019:

Para apalancar la gestión del ciclo de vida de los datos del SGC se debe tener alta disponibilidad de cada uno de sus componentes, su relación y función dentro del ecosistema tecnológico, garantizando la gestión, administración y divulgación, y posibilitando la generación de nuevo conocimiento geocientífico.

Por esta razón, se incorporaron componentes al ecosistema tecnológico como la hiperconvergencia para garantizar escalabilidad a todas las soluciones con las cuales el SGC divulga y comparte el conocimiento geocientífico.

Se adelantaron los procesos para obtener capacidades de conectividad avanzada e internet entre los puntos de origen de las diferentes observaciones (sísmica, desplazamiento, temperatura, gravimetría, etc.) obtenidas en observatorios y/o estaciones de monitoreo.

Se adelantaron procesos para aumentar las capacidades para gestionar y administrar la información estructurada y no estructurada. Y se sigue construyendo un Data lake para apalancar las iniciativas de Big Data y analítica de datos.

Se adelantó el proceso de la ampliación de las capacidades del sistema de almacenamiento y se incorporó una capa de archivo al mismo.

Se renovó el licenciamiento, soporte y garantía del software de virtualización VMware, los sistemas operativos Windows server, SQLserver, Oracle, y se renovó el soporte premier de Microsoft para continuar afinando esta plataforma.

8.1. Proyecto de Gestión ID 1001225: 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.

Porcentaje de avance del proyecto  **20%**

Informe de avance año 2019:

- Inclusión de la Política General de Seguridad de la Información en el sistema de gestión Isolucion y en la página web de la entidad.
- Revisión en proceso del manual de políticas y procedimientos del SGSI para subirlos al sistema de gestión de Isolucion y su posterior implementación.
- Con el levantamiento de información realizado con el BIA se da apoyo en la priorización de los servicios tecnológicos requeridos que permitan llevar al desarrollo de un plan de continuidad.
- Se están llevando a término los estudios previos para implementar el plan de continuidad del negocio para los servicios más críticos de la entidad.
- Se cuenta con controles que permiten realizar auditorías y seguimiento a los archivos que se trabajan y comparten en los repositorios institucionales.

A través de charlas y campañas se ha mejorado la percepción de alrededor de 264 usuarios sobre la seguridad de la información y la concientización en el cuidado y manejo en la generación de conocimiento geocientífico y otras actividades de apoyo en la entidad de los siguientes grupos de trabajo: Servicios Administrativos, Tectónica/Geociencias Básicas, Oficina de Control Interno, MMasa/Geoamenazas/Geored/RNSC, Unidad de Recursos Financieros, Talento Humano/Liquidación de Nómina y Seguridad Social, Movimiento en Masa, Red Sismológica Nacional de Colombia, Red Sismológica Nacional de Colombia/Sismología, Contratos y Convenios, Cartografía e Investigación Geológica y Geomorfológica, Tectónica, Exploración de Aguas Subterráneas, Investigaciones y Aplicaciones Nucleares y Geocronológicas/Licenciamiento y Control, Planeación, Participación Ciudadana y Comunicaciones, EPIS, BIP, Litoteca Facatativá, Investigación y Exploración de Recursos Minerales Metálicos, Investigación y Exploración de Recursos Minerales Energéticos, Geología de Volcanes, Oficina Asesora Jurídica y Control interno Disciplinario.

Desde el 14 de febrero del 2019 se han venido realizando campañas de sensibilización sobre el uso del repositorio institucional en todas las Direcciones Técnicas y sus grupos de trabajo, en las cuales se abordaron los temas que se detallan a continuación:

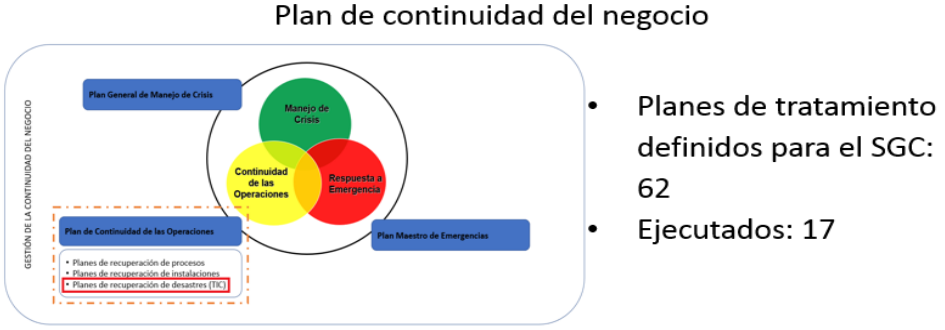
- Políticas relacionadas con la Custodia y Protección de la Información,
- Responsabilidades de los Funcionarios Públicos,
- Procedimiento de Almacenamiento,
- Tipos de permisos Otorgados,
- Organización del Repositorio.
- Aclaración a los usuarios que los equipos de cómputo no se les hace backup, razón por la cual se ven expuestos a pérdidas de información.

Las reuniones fueron precedidas por Jhon Jairo García, Andrea Neira B., Diego Barragán y William Clavijo B.

Todas las reuniones han sido acordadas con los directores técnicos o coordinadores de grupo. En las reuniones se han despejado las dudas de los usuarios, se han configurado los repositorios en los PCs de usuarios y les fueron asignados los respectivos permisos para su adecuado uso. Esto a su vez ha generado confianza en el uso del repositorio institucional.

- Dentro del plan de tratamiento de riesgos se ejecutaron las siguientes acciones: se renueva la adquisición de un sistema SIEM (información de seguridad y gestión de eventos), tecnología capaz de detectar, responder y neutralizar rápidamente las amenazas informáticas (SOC). Su objetivo principal es el de proporcionar una visión global de la seguridad de las tecnologías de la información. En la fase de implementación del sistema de gestión de seguridad de la información se tienen 62 planes de tratamiento a implementar para la mitigación de los riesgos identificados sobre los contenedores en los que se tienen los activos de información levantados en el SGC, de estos se han ejecutado en el transcurso del 2019 diecisiete planes de tratamiento.

- Plan de tratamiento de riesgos



9.1. Proyecto de Gestión ID 1001381: Mejoramiento de calidad de datos geocientíficos y manejo y custodia de fondos de información geocientífica

Objetivo: administrar, organizar y conservar los fondos que contienen información geocientífica en diferentes formatos: físicos de la biblioteca (papel, rocas), la litoteca, el fondo de documentos originales geocientíficos, la mapoteca central y la sismogramoteca, y digitales (archivos electrónicos, de visualización y editables o nativos) del repositorio institucional de almacenamiento de información geocientífica, de

información histórica e información oficializada y desarrollo de procedimientos de mejora calidad de datos de información oficial.

Fecha de inicio: 12 de abril de 2019
Fecha de cierre: 31 de diciembre de 2020

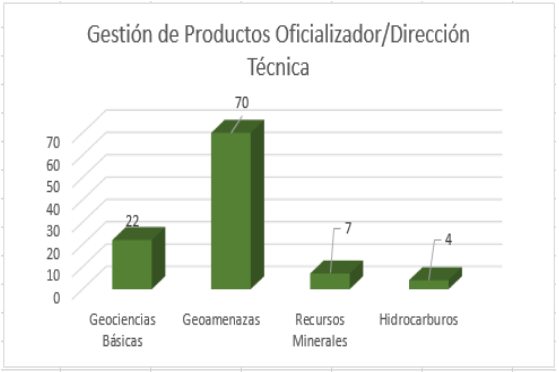
Porcentaje de avance del proyecto **50%**

La información levantada en forma de productos por parte del SGC es el alimento fundamental para nutrir los servicios de información geocientífica y nuclear de la entidad, que día a día suministra la información en línea, a partir de las demandas específicas sobre solicitudes que buscan resolver problemas de desarrollo en las comunidades, en la industria y en el gobierno a nivel territorial y nacional. En tal sentido, a partir de las actividades ejecutadas en el proyecto 1001381, se organiza, conserva y suministra información geocientífica a los usuarios, facilitando y apoyando los procesos misionales de generación y suministro de información a usuarios de diferentes sectores como el científico, el académico, el público y privado y ciudadanía en general, permitiendo catalogar y disponer la información misional en repositorios centralizados que permiten su fácil acceso por medio de mecanismos de búsqueda, consulta y descarga directamente y, en línea, desde la página web del SGC. A continuación, se presentan resultados de actividades realizadas en el proyecto para el año 2019:

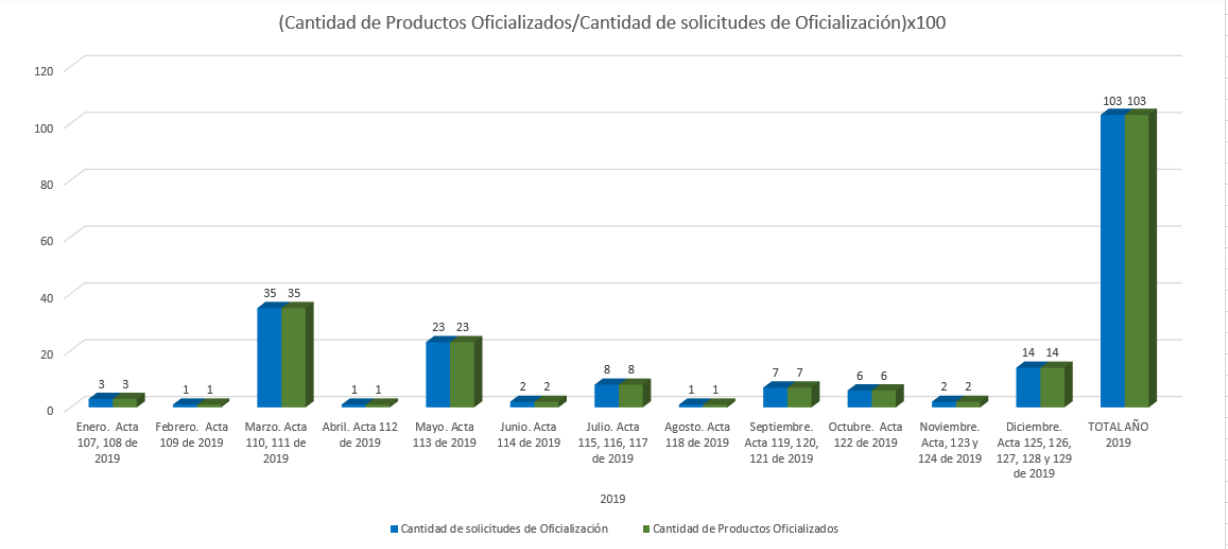
Informe de avance año 2019:

Oficialización:

- Se oficializaron 103 estudios geocientíficos mediante 23 actas.



Productos oficializados por Dirección Técnica en el año 2019

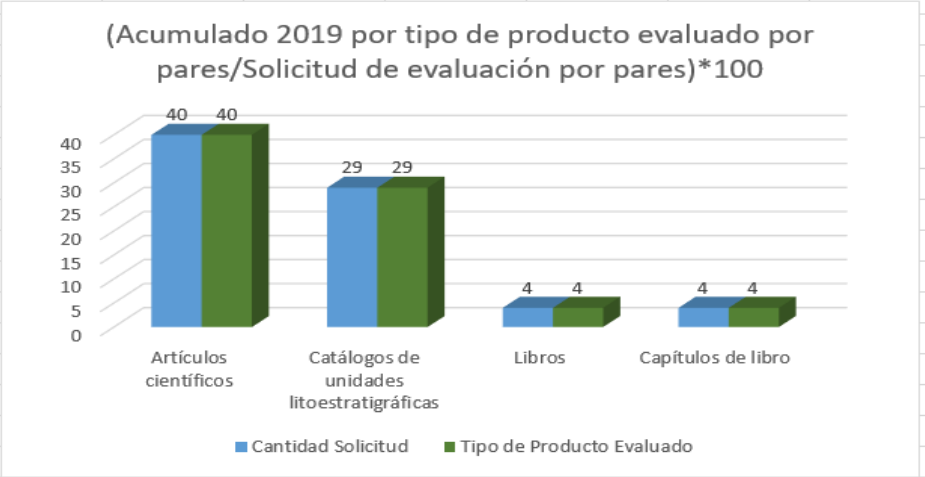


Cantidad de productos oficializados por mes, año 2019.
ver: https://www.sgc.gov.co/Publicaciones/Paginas/Productos-oficializados.aspx

Gestión de publicaciones geocientíficas:

- Propuesta de la Política de Gestión Editorial para el SGC 100% concertada con las Direcciones Técnicas.
- Proceso de consulta con las direcciones técnicas para la definición del estándar de citación de las publicaciones científicas del SGC: 100%.
- Se realizó la operación del Comité Editorial del SGC cuya función es establecer las políticas editoriales y brindar los lineamientos para optimizar y mejorar la gestión editorial de las publicaciones de carácter técnico y científico del Servicio Geológico Colombiano.

En cuanto a la función de control de calidad de las publicaciones, el Comité Editorial posibilitó las revisiones por pares para los contenidos a publicar, los cuales se resumen en la siguiente figura:



Acumulado por tipo de producto evaluado por pares/solicitud de evaluación por pares. Gestión de Publicaciones en el año 2019

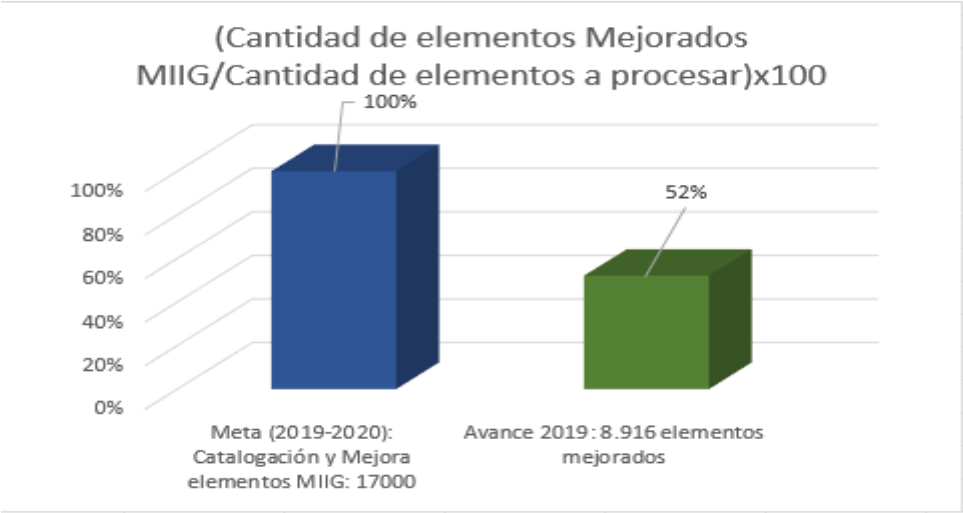
En cuanto a la producción de publicaciones durante el 2019 se gestionó lo siguiente:

1. Libro Geología, ciencia y cultura (versión digital e impresa)
2. Boletín Geológico No. 45 (versión digital e impresa)
3. Revista Investigaciones y Aplicaciones Nucleares No. 2 (versión digital e impresa)
4. Libro Recursos minerales de Colombia (vol. 1 y 2) (versión digital e impresa)
5. Cartilla Guía de excursión de campo. II Taller Regional para Geoparques Mundiales de la Unesco en América Latina y el Caribe 2019 al área del Geoparque Volcán del Ruiz, Aspirante Unesco (Versión digital e impresa)
6. Cinco Guías metodológicas para la eliminación del uso del mercurio en la actividad minera (Versión digital e impresa)
7. Libro Estudios geológicos y paleontológicos sobre el Cretácico en la región del embalse del río Sogamoso, Valle Medio del Magdalena (Versión digital)

Catalogación MIIG Mejora Conservación y Calidad Metadatos:

- Mejora de calidad de datos y metadatos de 8916 elementos de estudios (2019), correspondiente a las actividades de aseguramiento, complementación, mejoramiento y diligenciamiento de descriptores de metadatos de recursos de información misional en el MIIG. De igual manera se realizó la intervención, la adecuación, la recuperación de información, la completitud de elementos, el escaneo a formato digital con reconocimiento de carácteres OCR, la organización, el almacenamiento, la conservación y preservación de la información geocientífica física en el fondo de documentos originales geocientíficos, la mapoteca central del SGC.
- Generación de modelos ontológicos (geomorfológico, amenazas geológicas, hidrogeológico, geología de volcanes). Permiten implementar en la funcionalidad de

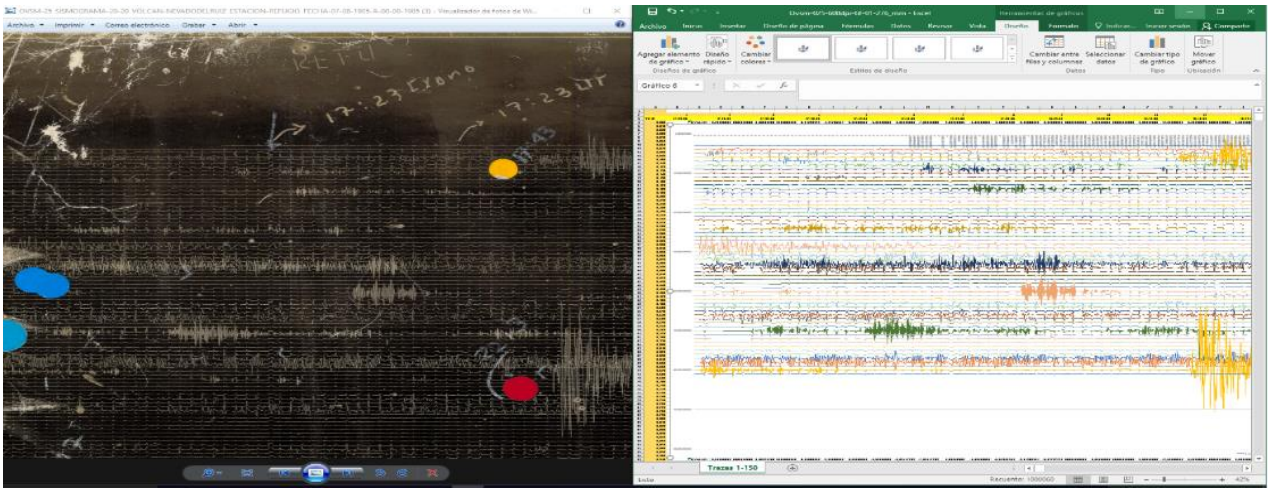
búsqueda avanzada, entregada con la implementación del MIIG de acuerdo con las diferentes disciplinas que se desarrollan en las áreas temáticas del SGC para facilitar y mejorar las búsquedas para usuarios especializados de las ciencias de la Tierra.



Cantidad de elementos (documentos y mapas) mejorados en el MIIG en el año 2019

Escaneo y conservación de sismogramoteca:

- Las coordinaciones de los Observatorios Vulcanológicos y Sismológicos (OVS) del SGC, sedes de Manizales, Pasto y Popayán, con la Dirección de Gestión de Información, en el mes de mayo de 2019 aprobaron las actividades de registro de metadatos de archivo y temático por cada sismograma en los OVS y flujo de trabajo de la transferencia, el escaneo, el almacenamiento digital en la sede Bogotá y la ubicación física (almacenamiento definitivo con la adecuada conservación de sismogramas en papel) en la bodega de almacenamiento físico del SGC en la Cintoteca de Facatativá.
- Se elaboraron, revisaron y aprobaron en los meses de junio y agosto de 2019, por medio de los coordinadores y personal de archivo y temático de los OVS y personal del grupo de Servicios de Suministro de Información Geocientífica de la Dirección de Gestión de Información, los estándares de organización, catalogación y registro de metadatos del escaneo a formato digital, el almacenamiento digital y físico de la Sismogramoteca.
- Inventario físico de almacenamiento temporal para 12.336 registros (agrupación de varios sismogramas en carpetas que contiene 394.000 sismogramas).
- Inventario y organización de 5735 sismogramas.
- Piloto de digitalización (obtener señales continuas de sismos). Responsable DGI.
- Escaneo, almacenamiento digital y rotulación QR de 2994 sismogramas (formato .tif a 600 dpi).



Ejemplo de escaneo en formato .tif con resolución 600 dpi

Almacenamiento y Conservación de Sismogramoteca OVS Pasto (ANTES):



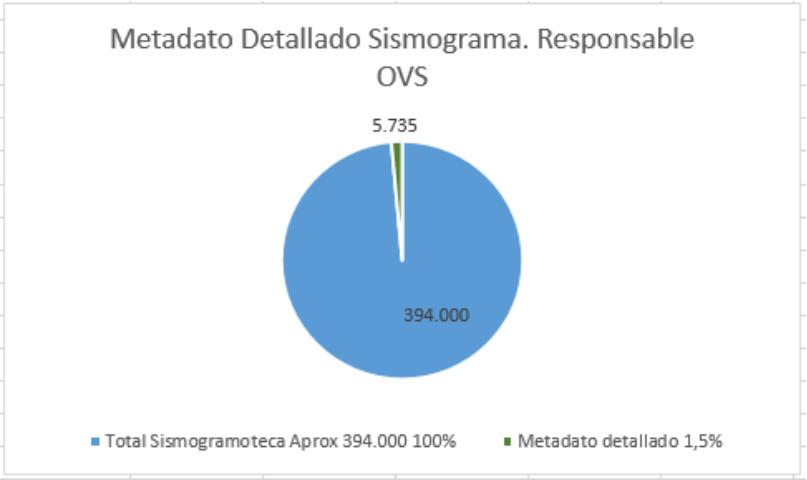
Inicialmente se almacenó los 76.400 sismogramas en sobres, y posteriormente en 960 cajas dispuestas en los pasillos de las instalaciones físicas del OVSP

Almacenamiento y Conservación de Sismogramoteca OVS Pasto (DESPUÉS):



Como resultado, los 76.400 sismogramas se almacenaron en 487 cajas
La información se encuentra almacenada en bodega temporal (mientras se realiza la transferencia a Sede Central con el material organizado en metadatos detallados)
La información cuenta con almacenamiento adecuado que asegura la conservación temporal y se liberaron los pasillos del OVSP

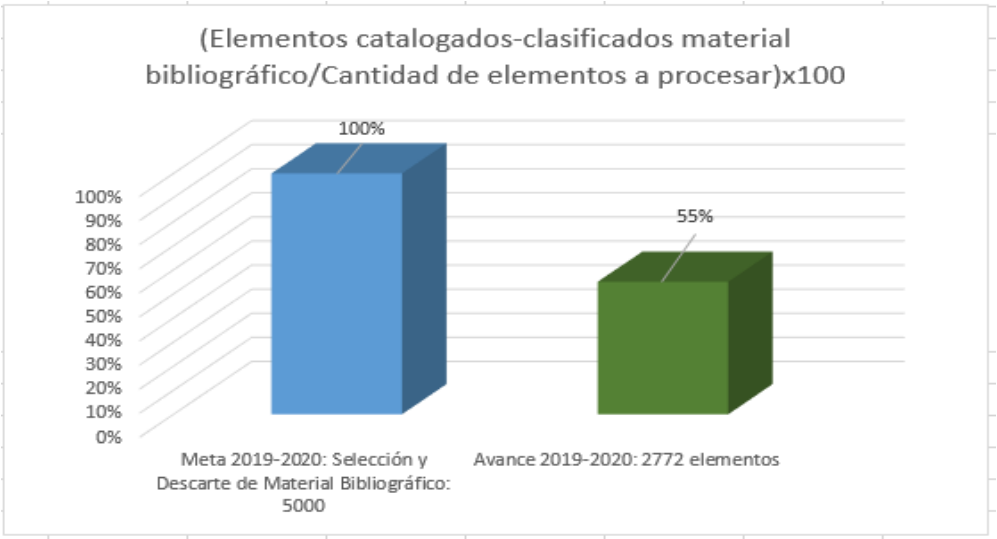
Resultado de actividades de adecuación física de espacio de almacenamiento temporal de sismogramas en OVSP



Cantidad de información de sismogramas organizados en el año 2019

Gestión del Sistema de Bibliotecas del SGC:

- Catalogación para 2772 de registros en el KOHA.
- Selección y descarte de 4319 elementos bibliográficos
- Atención a 16.203 solicitudes de servicios bibliotecarios

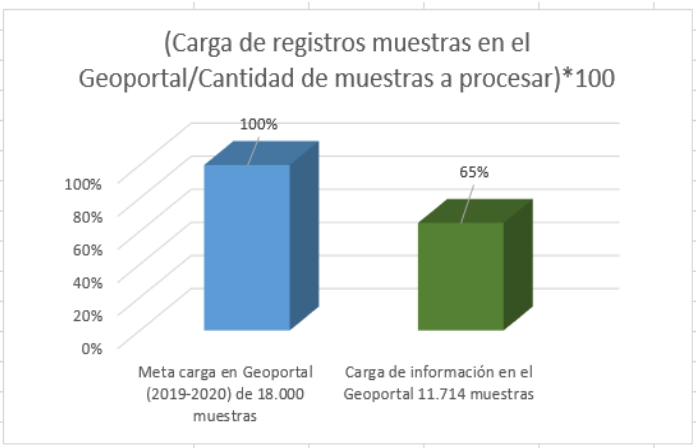


Cantidad de elementos catalogados en el Koha, en el año 2019

Gestión y administración de la Litoteca de muestras de superficie:

- Recepción y organización de 22.533 muestras geológicas. Para esta actividad se requiere recibir las solicitudes de entrega, revisarlas y asignar fechas de entrega.

- Cargue de Información en el Geoportal para 11.714 muestras. En este momento es posible hacer la consulta de 84.287 muestras en el enlace: http://srvags.sgc.gov.co/JSViewer/Inventario_Muestras_Litoteca/



Carga de registros de muestras cargadas al Geoportal del SGC en el año de 2019

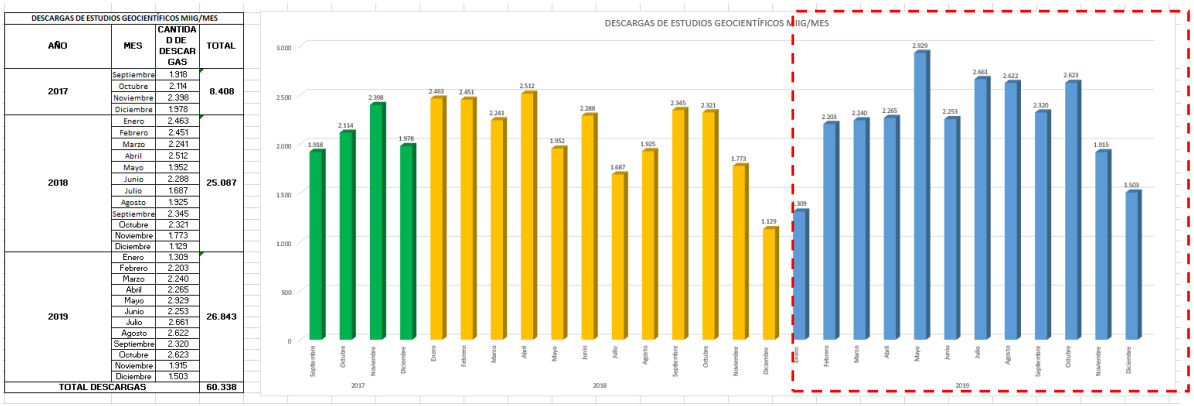
- Por solicitud de espacios por parte del Ministerio de minas se desocupan dos cuartos, se sacaron y organizaron en estibas 1531 cajas con aproximadamente 35400 muestras de superficie y 2880 m de núcleo. De los núcleos se preservaron 380 metros.

Suministro de información geocientífica digital y contenidos Web del portal Institucional:

Se presentan las estadísticas del portal WEB institucional (27 de agosto de 2017-31 de diciembre de 2019), visitado por 6.790.585 de usuarios que consultaron 38.006.699 páginas, complementado con un ejemplo de la consulta específica del sismo del 28 de enero de 2019 de Planadas Huila, en el cual se presentaron 800.000 usuarios consultando el portal y 2.302.000 de visitas a las páginas relacionadas. Es importante observar el gran cambio frente al nivel de consulta, comparando el promedio de visitas al portal en los años anteriores a 2017 (1.900.000), frente al año 2018 (6.999.769) y al año 2019 (9.682.730).

Con respecto al MIIG (27 de agosto de 2017-31 de diciembre de 2019), 73.821 usuarios han descargado directamente desde la herramienta 60.338 paquetes de estudios (9 veces más información descargada que en los nueve años anteriores), y se han visualizado 963.083 contenidos de información (documentos, mapas, anexos). Adicionalmente, se redujo el tiempo de atención de 15 días a 20 minutos en un proceso en línea. A partir de los datos estadísticos, es evidente el mejoramiento del desempeño en cuanto a volumen y tiempo promedio de entrega de los servicios de información en el SGC, posterior a la entrada en operación del MIIG. De igual manera, con esos datos estadísticos se evidencia la transformación profunda en cuanto a transparencia y oportunidad del acceso a la información del SGC. Estos avances en las soluciones de

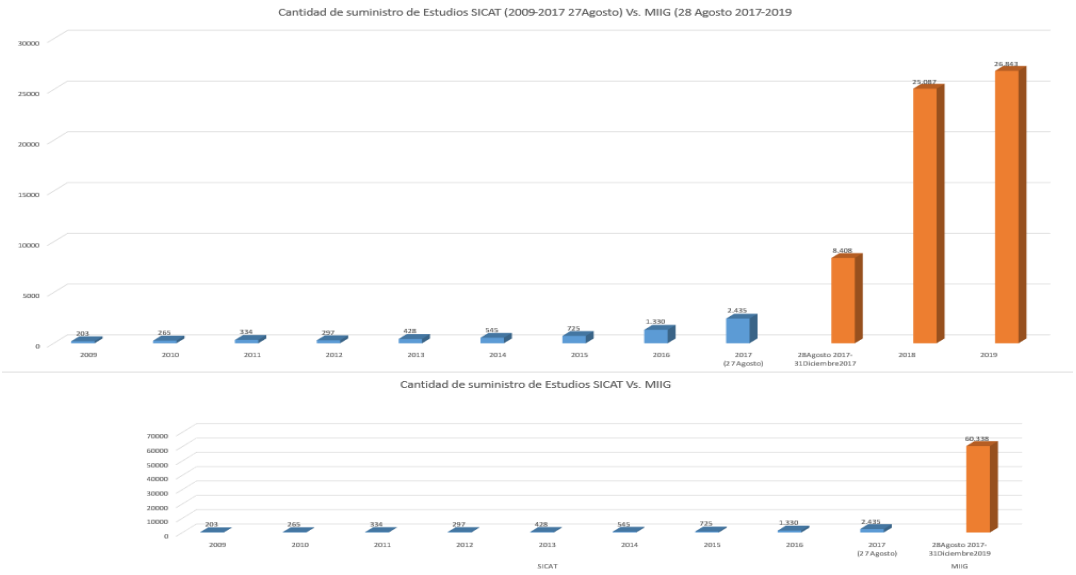
Arquitectura Empresarial son valorados no solo en el sector minas y energía, sino también a nivel de instituciones públicas como un paso importante en la implementación de las políticas públicas relacionadas con tecnologías de información y generación de valor público, reconocido en varias nominaciones y premios institucionales del gobierno central (Premio Índigo 2017-2018).



DESCARGAS DE ESTUDIOS GEOCIENTÍFICOS MIIG/MES

AÑO	MES	CANTIDAD DE DESCARGAS	TOTAL
2017	Septiembre	1.916	8.408
	Octubre	2.114	
	Noviembre	2.398	
	Diciembre	1.978	
2018	Enero	2.463	25.087
	Febrero	2.451	
	Marzo	2.241	
	Abril	2.512	
	Mayo	1.952	
	Junio	2.288	
	Julio	1.687	
	Agosto	1.925	
	Septiembre	2.345	
	Octubre	2.321	
	Noviembre	1.773	
	Diciembre	1.129	
2019	Enero	1.309	26.843
	Febrero	2.203	
	Marzo	2.240	
	Abril	2.265	
	Mayo	2.929	
	Junio	2.253	
	Julio	2.661	
	Agosto	2.622	
	Septiembre	2.320	
	Octubre	2.623	
	Noviembre	1.915	
	Diciembre	1.503	
TOTAL DESCARGAS			60.338

Cantidad de descargas mes (agosto 27 de 2017-diciembre 31 de 2019) por medio del MIIG. Se resalta el suministro de información para el año 2019 correspondiente a 26.843 paquetes de estudios



Estadística de 60.338 estudios suministrados por el MIIG (naranja), respecto a 6.562 mediante la anterior herramienta SICAT (azul)

10.1. Proyecto de Gestión ID 1000674: Acompañamiento técnico especializado en AE

Objetivo: prestar el acompañamiento técnico especializado en el desarrollo del plan de proyectos de implementación de la arquitectura empresarial del Servicio Geológico Colombiano.

Porcentaje de avance del proyecto **75%**

El anterior porcentaje de avance corresponde al acompañamiento global (desde 2013 a la fecha), a la implementación de proyectos de la arquitectura empresarial por parte de la Universidad de los Andes.

Para el año 2020 los temas de acompañamiento para el segundo ciclo corresponden a:

- Definición de la estrategia de analítica de datos y desarrollo de un proyecto de aplicación.
- Análisis y elaboración de las especificaciones técnicas para la contratación de la primera versión de la Base de Datos Espacial Integrada (BDEI) y el Sistema Integrado de Información Geográfica (SIIG) del SGC.
- Acompañamiento en dos subproyectos de bodega de datos del SGC.
- Acompañamiento técnico en la elaboración de especificaciones técnicas para actualización de la geodatabase de Recursos Minerales Explora versión 2.0, así como acompañamiento técnico en la selección de la solución tecnológica y su implementación.
- Acompañamiento técnico en la estructuración del plan de proyecto, diseño del Banco de Información Minera y elaboración de especificaciones técnicas para la selección de la solución de software que será implementada.
- Acompañamiento técnico en la implementación del modelo de gobierno para el Banco de Información Petrolera (BIP).
- Acompañamiento técnico durante la implementación del fortalecimiento del gobierno de datos e información y gobierno de TI del Servicio Geológico Colombiano.
- Acompañamiento técnico a los proyectos de la fase I del Sistema de Gestión de la Seguridad de la Información (SGSI).
- Acompañamiento técnico en la contratación e implementación de la solución de hiperconvergencia en el Servicio Geológico Colombiano.
- Diseño de la arquitectura para mejoramiento de la gestión de soporte a los procesos de producción de información geocientífica.

Informe de avance año 2019:

- Para cada uno de los temas de acompañamiento, la Universidad de los Andes ha generado los diferentes entregables comprometidos en su contrato: conceptos técnicos, informes de inspección, informe de excepción, informe de acompañamiento en la gerencia del proyecto, informe de acompañamiento técnico.
- De forma general, en aquellos proyectos que serán objeto de procesos de contratación pública, dentro del marco de este contrato de acompañamiento, se han

generado, revisado y ajustado los términos de referencia o anexo técnicos para los diferentes procesos.
- De forma general, para aquellos proyectos que iniciaron su proceso de contratación, este proyecto de acompañamiento hizo su labor correspondiente de revisión de ofertas y resolución de dudas técnicas en las diferentes instancias, o sesiones de aclaración de dudas, dentro del marco y proceso de dicha contratación.

2. PROYECTOS DE GESTIÓN 2019 – PRESUPUESTO GENERAL DE LA NACIÓN

2.1. Proyecto de Gestión ID 1000860: Banco de Información Petrolera

Objetivo: administración de las actividades del Banco de Información Petrolera, encargado de recibir, preservar, cargar, custodiar y administrar toda la Información, análoga y digital, resultado de la actividad de exploración y producción de gas e hidrocarburos del país.

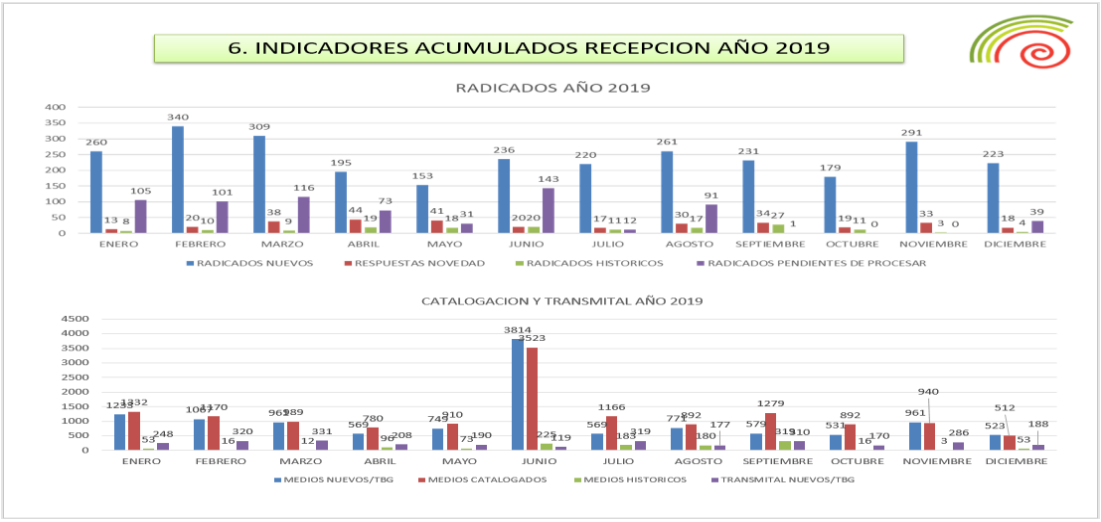
Porcentaje de Avance del Proyecto **86%**

Informe de avance año 2019:

2.1.1. Actividades Recepción EPIS - SGC

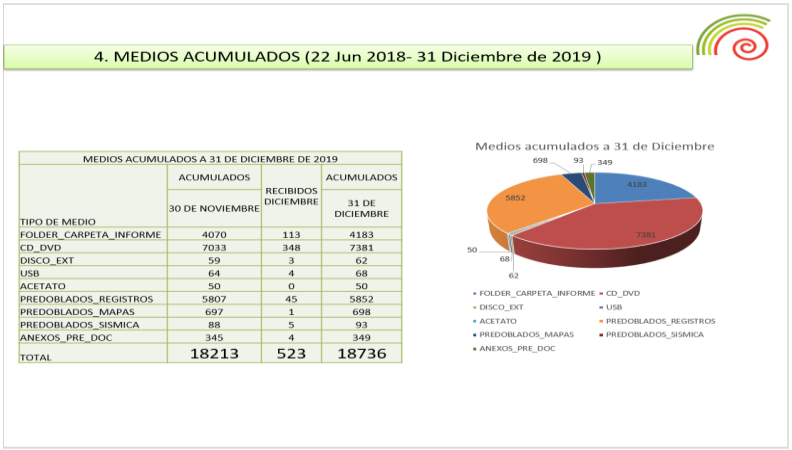
Recepción de la información en medio físico y digital de todos los productos con información técnica, generados en el desarrollo de los diferentes tipos de contratos de E&P, contratos de Evaluación Técnica - TEA´s, convenios, consultorías, etc., que son entregados al EPIS y a la Litoteca Nacional Guatiguará por las diferentes compañías, en cumplimiento de las obligaciones contractuales establecidas con y por la ANH. Igualmente, se catalogaron, en la herramienta usada por el EPIS-SGC, cada una de las unidades documentales recibidas después de haber hecho una correcta clasificación, asignación de código de barras y definición de metadata básica.

En la siguiente figura se hace un compilado de las cifras ejecutadas en el área de recepción, verificación física y catalogación en el año 2019, según la actividad a la cual aplique.



Datos consolidados de recepción EPIS 2019.

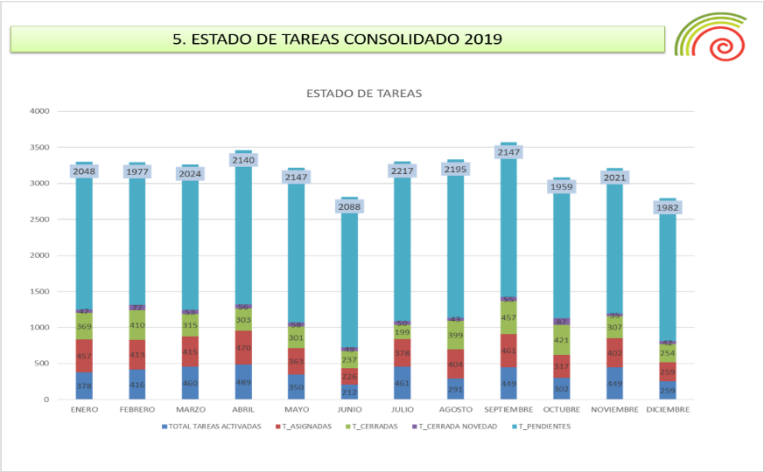
El detalle de los medios recibidos al 31 de diciembre de 2019, se presenta a continuación:



MEDIOS ACUMULADOS A 31 DE DICIEMBRE DE 2019			
TIPO DE MEDIO	ACUMULADOS 30 DE NOVIEMBRE	RECIBIDOS DICIEMBRE	ACUMULADOS 31 DE DICIEMBRE
FOLDER_CARPETA_INFORME	4070	113	4183
CD_DVD	7033	348	7381
DISCO_EXT	59	3	62
USB	64	4	68
ACETATO	50	0	50
PREDOBLADOS_REGISTROS	5807	45	5852
PREDOBLADOS_MAPAS	697	1	698
PREDOBLADOS_SISMICA	88	5	93
ANEXOS_PRE_DOC	345	4	349
TOTAL	18213	523	18736

Resumen de medios recibidos 2019

Como resultado del desarrollo de las actividades en el grupo de recepción del EPIS, una vez asignado el radicado, generado transmittal y catalogados los medios, se sigue con la distribución de tareas a los diferentes responsables de verificación y carga, después del análisis hecho a los datos contenidos en cada medio por transmittal. De acuerdo a esto, en el 2019 se generaron tareas cuyos compilados se pueden ver en la siguiente tabla.



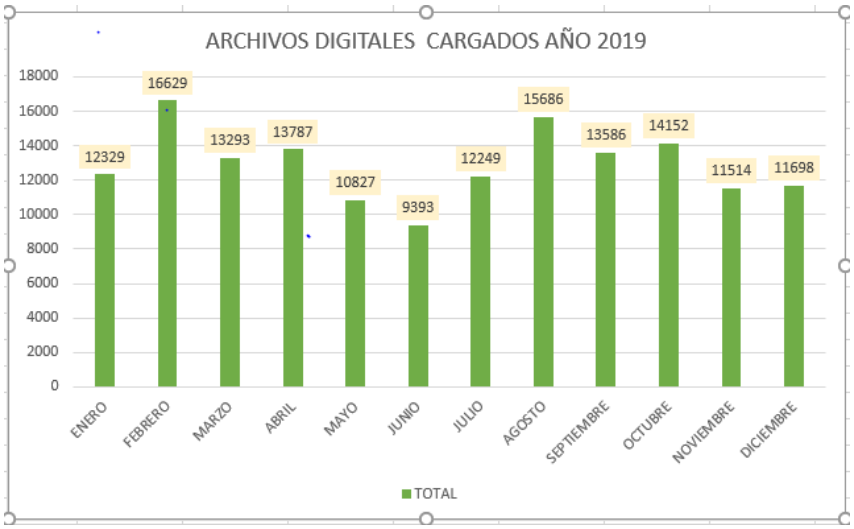
Asignación de tareas en el año 2019

2.1.2 Actividades de Verificación técnica y Carga de Información en el EPIS

Están constituidas por la clasificación de la información y por la captura de los metadatos que son extraídos de los diferentes productos recibidos en el EPIS, teniendo en cuenta los archivos digitales y la respectiva correspondencia con los medios físicos (impresos), sin perder de foco el objeto geográfico en cada uno de los tipos de información (sísmica, mapas, pozos, documentos técnicos, entre otros), para ser cargados en la base de datos.

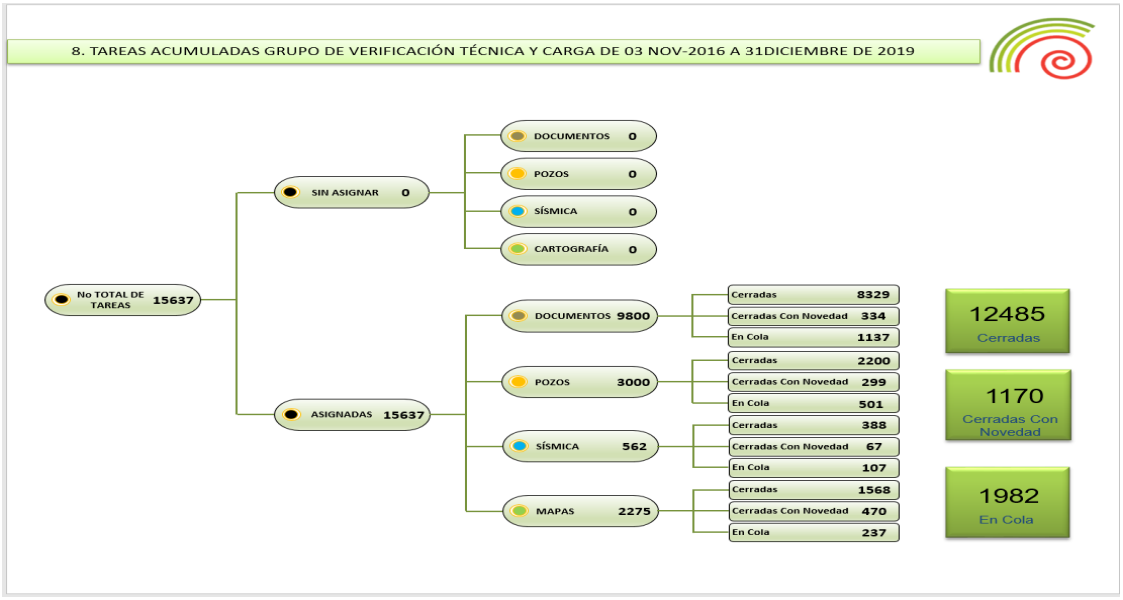
La información verificada y cargada comprendió toda aquella información relacionada con exploración y producción generada en el desarrollo de todos los tipos de contratos E&P, convenios, TEA´s, entre la ANH y cualquier compañía, universidad, entidad estatal, etc., como parte de los compromisos contractuales, o por el SGC, en el desarrollo de sus propios proyectos, la cual debe ser entregada en el EPIS – SGC para su administración y custodia final.

En el desarrollo de las actividades del año 2019, de acuerdo con las tareas asignadas a las diferentes áreas de verificación y carga que conforman el EPIS, se muestra el total de DFN´s (Digital File Number) cargados. También se detallan las tareas sobre a cuántos contratos y operadoras corresponde.



Consolidado de carga año 2019

Una vez son distribuidas las tareas haciendo la asignación a cada uno de los profesionales del grupo de VTC, se inicia el procesamiento de cada tarea. El estado final a diciembre de 2019 se muestra a continuación.

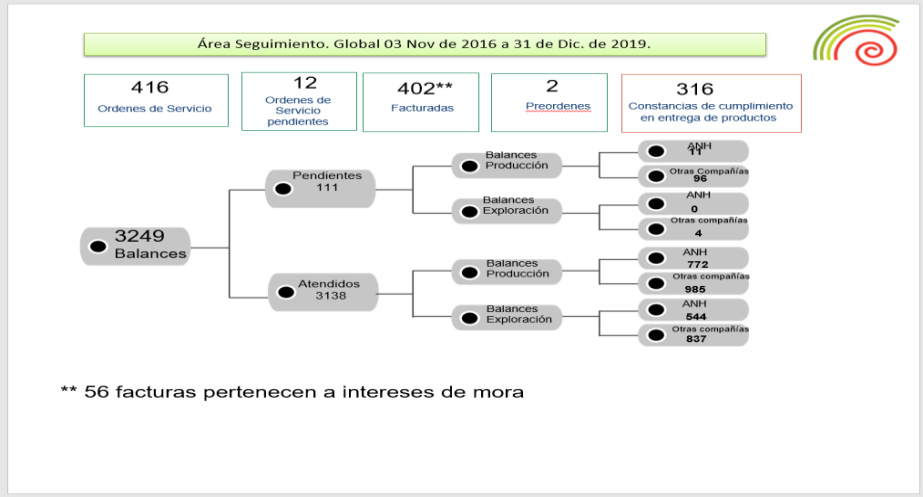


Consolidado de tareas grupo de Verificación Técnica y carga año 2019

2.1.3 Generación de balances de productos de Contratos y Ordenes de Servicio

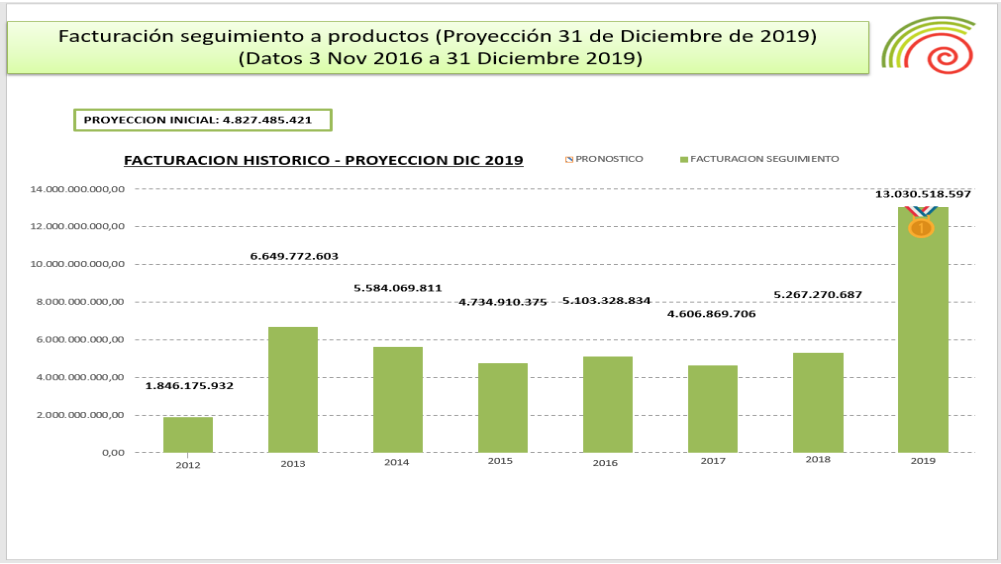
El Balance de productos recibidos en el EPIS se genera para cada uno de los contratos de acuerdo con los compromisos exploratorios y de producción. Estos se aseguran en el repositorio oficial del SGC en archivo Excel y PDF, después de la respectiva actualización de los productos recibidos, con base en la Hoja de vida de Exploración y el Manual de entrega de Información que aplique.

El resumen de los resultados del año 2019 se observa en el siguiente diagrama:



Resumen general seguimiento a Productos, acumulado al año 2019

Durante la operación del área de Seguimiento del EPIS se lograron los siguientes resultados financieros del Banco de Información Petrolera.

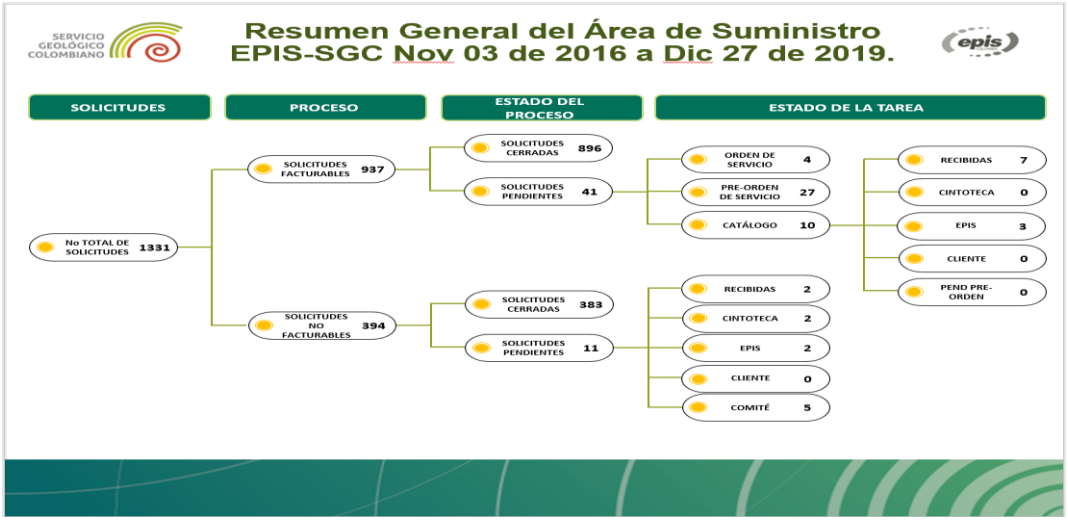


Resultados financieros área Seguimiento, acumulados al año 2019

2.1.4 Suministro de Información Técnica

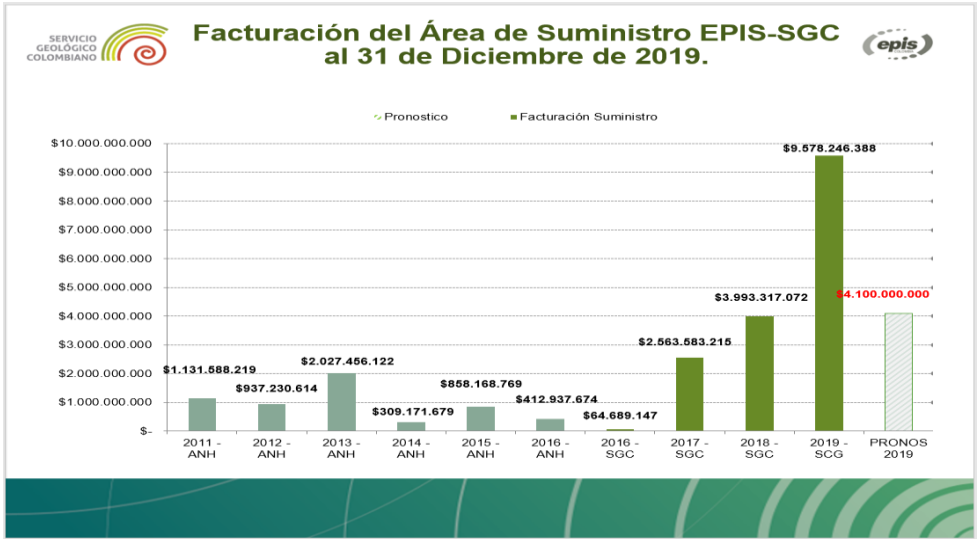
El suministro de información técnica del Banco de Información Petrolera consiste en la búsqueda, preparación y entrega de la información del EPIS a inversionistas y empresas interesados, siempre y cuando no existan limitaciones de confidencialidad, establecidas por la ANH para su estricto cumplimiento de acuerdo con los contratos vigentes.

El resumen de los resultados en esta actividad se presenta a continuación:



Estado general de solicitudes de suministro de información. Acumulado al año 2019

Durante la operación del área de suministro del EPIS se lograron los siguientes resultados financieros.



Gráfica 5a. Resultados financieros área Suministro acumulados al año 2019

2.1.5 Actividades relacionadas con la operación de la Cintoteca Nelson Rodríguez Pinilla - NRP

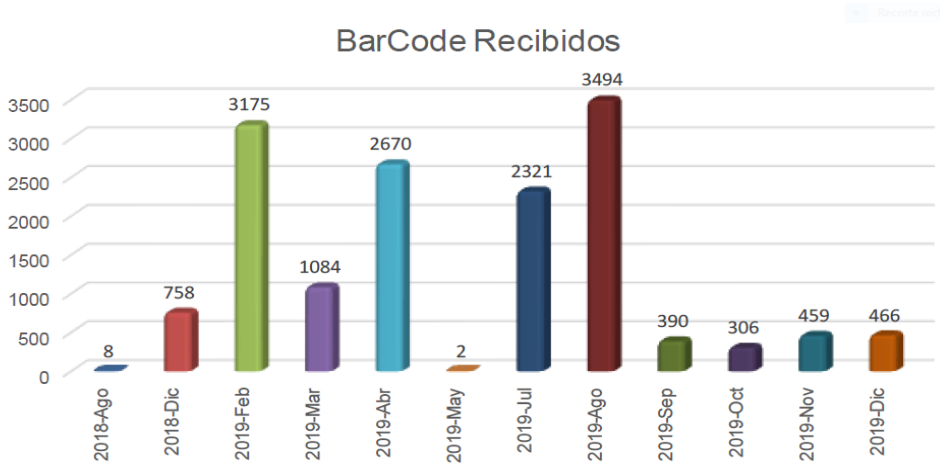
- Recibir la información física proveniente del SGC, enviada desde el EPIS al Fondo de medios (Cintoteca "Nelson Rodríguez Pinilla").
- Verificar, actualizar y asignar la ubicación final de los medios físicos recibidos.
- Custodiar y preservar la información que se encuentra en el Fondo de medios y aquella que será recibida.
- Enviar, desde la Cintoteca, los medios que deban ser prestados al EPIS para su revisión. En caso de consultas específicas esta actividad se deberá realizar bajo los protocolos de seguridad.
- Realizar el control de préstamos de medios físicos y su respectiva devolución a la Cintoteca en caso de haberse generado algún envió al EPIS.
- Actualizar el control de préstamos de documentos teniendo en cuenta los tiempos máximos que dichos documentos o medios pueden estar prestados.
- Hacer transferencia de datos desde la Cintoteca al EPIS vía FTP (File Transfer Process) de acuerdo con requerimientos y necesidades de la operación.

2.1.5.1 Remisión y transporte de los medios físicos a la Cintoteca NRP Facatativá.

De conformidad con los requerimientos actuales de la prestación del servicio, durante el año 2019 la frecuencia de envíos de medios físicos en promedio fue de dos por mes y se transportan en promedio 30 cajas X300 que contenían diferentes tipos de medios físicos (discos, carpetas, CD, DVD, USB, entre otros). Las dimensiones de las cajas referenciadas X300 es de 27 cm x 31 cm x 41 cm. El peso varía dependiendo del tipo y cantidades de medios a transportarse.

La remisión de los medios relacionados en el formato de entrega de información y transporte de los medios, desde las instalaciones donde opera el EPIS hasta la Cintoteca en Facatativá, se hacen para su almacenamiento final, conservación y custodia usándose transporte oficial del SGC. En esta actividad, es importante que se garantice que los medios relacionados en la remisión lleguen efectivamente a la Cintoteca NRP, de lo cual debe quedar el respectivo registro y control.

El resumen de las cifras manejadas en la Cintoteca, se muestra a continuación:



Estadísticas Cintoteca año 2019

2.1.5.2 Actividades desarrolladas en la Litoteca Nacional Guatiguará. Piedecuesta – Santander.

En el ejercicio de la operación de la Litoteca se administra el recibo y almacenamiento de las muestras de rocas y fluidos que entregan las operadoras al SGC, como parte del cumplimiento de sus obligaciones contractuales, el uso de las aplicaciones informáticas y el manejo de datos e información utilizado.

El resumen de las cifras manejadas en la Litoteca, se muestra a continuación:

Actividad	Cantidad	Pozos
Cajas Recibidas SGC	14.941	925
Muestras Almacenadas	31.121	-
	(556 pallets)	
Muestras Verificadas SGC-ANH	33.747	2.296
Servicios Prestados	123	

Durante la operación de la Litoteca se lograron los siguientes resultados financieros: Ingresos: M$ 1.208 con 52.027 pies de cores movilizados.

2.1.6 Proyectos desarrollados por el BIP

Para asegurar la adecuada evolución del Banco de Información Petrolera, de cara a los nuevos productos y servicios que se desea implementar, ha sido fundamental el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), así como la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), en la financiación de proyectos que permiten mejorar la calidad y completitud de la información que reposa en el BIP.

2.1.6.1 Apoyados por el Banco Interamericano de Desarrollo - BID.

Durante el año 2019, con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo, se contrató e implementó la solución Tecnológica de clase mundial PETROBANK (de la compañía Halliburton) para el apoyo de la operación del BIP, proyecto que finalizó el 31 de diciembre del 2019.

La solución dejó a disposición de los usuarios del BIP 6.000.000 de registros accesibles; también se implementaron los procesos base para la operación del día a día del BIP, así como los elementos estructurales necesarios para el desarrollo e implementación de nuevos productos y servicios.

2.1.6.2 Apoyados por el convenio ANH-SGC

Durante el año 2019, a través del convenio firmado entre la ANH-SGC, se ejecutaron en la Litoteca Nacional dos iniciativas orientadas a complementar la información del BIP en materia de muestras disponibles.

a. Inventariar, verificar, preservar, cargar e integrar 7827 cajas de muestras geológicas provenientes de actividades de E&P de hidrocarburos de 33.000 pendientes de integración.
b. Identificar, inventariar, preservar y almacenar las 3909 muestras de fluidos tomadas de las pruebas de pozo entregadas a la Litoteca Nacional provenientes de actividades de exploración, evaluación y producción de hidrocarburos bajo los estándares del BIP.

2.2 Proyecto de Gestión ID 1000860: modernización de los DataCenter del SGC

Objetivo: optimizar la capacidad en el almacenamiento, custodia y disponibilidad de información geocientífica del SGC.

Porcentaje de avance del proyecto  **10%**

Mediante este proyecto se propende por la modernización de los centros de datos principal y alterno en cuanto a cómputo, almacenamiento y redes con una visión a 6 años, mediante tecnologías más adecuadas para soportar la prestación de servicios tecnológicos a usuarios internos como externos, con nuevos niveles de acuerdo de servicio, inferiores en tiempo frente a los que se brindan actualmente. Lo anterior para apoyar a la organización a gestionar con mayor eficacia y transparencia la infraestructura tecnológica que soporta los sistemas y servicios brindados, la continuidad de TI y la seguridad a todos los ambientes.

Es por esto que se incluyen diferentes temas para ser desarrollados durante este tiempo, buscando fortalecer lo que se tiene actualmente (y mantenerlo en el tiempo con los servicios de actualización y soporte), así como reforzar temas frente a la seguridad de las plataformas con la implementación de controles tecnológicos que permitan tener un alto nivel de seguridad.

Informe de avance año 2019:

- Para apalancar la gestión del ciclo de vida de los datos del SGC se debe tener alta disponibilidad de cada uno de sus componentes, su relación y función dentro del ecosistema tecnológico garantizando la gestión, administración, divulgación, y posibilitando la generación de nuevo conocimiento geocientífico. Por esta razón se incorporaron componentes al ecosistema tecnológico como la hiperconvergencia para garantizar escalabilidad a todas las soluciones con las cuales el SGC divulga y comparte el conocimiento geocientífico.
- Con base en esta directriz se adelantó el proceso de adquisición de una solución de hiperconvergencia que brinde la base tecnológica suficiente para que el SGC implemente una solución de nube privada que tenga extensión a la nube pública y, así, obtener los de una nube híbrida. Este proceso se adjudicó a la empresa Green Services.
- Dentro de los beneficios que se obtienen con la adopción del concepto de datacenter definido por software, donde se consolida el procesamiento, el almacenamiento y las redes en un solo componente se logra la escabilidad, flexibilidad y seguridad de la plataforma tecnológica para soportar todas las soluciones proyectadas que garanticen la divulgación del conocimiento geocientífico.
- De la misma forma se adquirieron capacidades de replicación y recuperación de los sistemas de información con RTO (tiempo de recuperación objetivo) y RPO (punto de recuperación objetivo) muy pequeños, fortaleciendo de esta manera el Plan de continuidad de negocio al incorporar estas características dentro de Plan de recuperación ante desastres.
- Se aumenta la seguridad por sistema de información mediante la implementación del concepto de microsegmentación, firewall, balanceo y routing, entre otras.

- Se incorporaron capacidades en conectividad virtualizando las redes, expandiendo el datacenter virtualmente, y estableciendo un grado de automatización de los procesos de gestión bastante grande. Es de anotar que la modernización de los datacenter se consiguió mediante la adquisición y renovación del Software para Virtualización VMware, reconocido como líder en el mercado por Gartner a nivel empresarial.
- Todo lo anterior redunda en la primera fase de la implementación de la nube privada para el Servicio Geológico Colombiano con las características necesarias para expandir su funcionalidad hacia la nube pública.

6 ÁREA DE CONOCIMIENTO: MEJORAMIENTO, DESARROLLO Y PROMOCIÓN DE LAS CAPACIDADES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS DE LAS APLICACIONES NUCLEARES Y RADIACTIVAS. (ASUNTOS NUCLEARES)

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).

El despacho de la DAN también se involucró en otras actividades de naturaleza institucional, destacándose:

-Proceso de la acreditación de ensayos bajo la norma NTC ISO/IEC 17025 de la Dirección de Asuntos Nucleares. El Comité de Acreditación del Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC) decidió el otorgamiento de acreditación el día 4 de julio de 2019 al Servicio Geológico Colombiano (SGC) con el código 18-LAB-017, por cumplir con los requisitos exigidos en la norma ISO/IEC 17025:2005 para cinco ensayos de tres laboratorios de Geocronología e isotopía de la Dirección Técnica de Asuntos Nucleares.

-Proceso de la acreditación de calibraciones bajo la norma NTC ISO/IEC 17025 de la Dirección de Asuntos Nucleares. El Comité de Acreditación del Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC) decidió el otorgamiento de acreditación al Servicio Geológico Colombiano (SGC), por cumplir con los requisitos exigidos en la norma ISO/IEC 17025:2005 para cinco (5) calibraciones del Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica de la Dirección Técnica de Asuntos Nucleares.

-Se realizó convenio con el Instituto Nacional de Metrología-INM y el SGC con el fin de trabajar proyectos de cooperación en metrología de radiaciones, aplicaciones nucleares y geocronológicas, entre otros. Este convenio se realizó además para trabajar con los ensayos y calibraciones acreditadas de la DAN y convertirse en laboratorios designados para magnitudes en radiaciones ionizantes o como laboratorios de referencia a nivel nacional.

-Avance en la formulación de proyectos en investigaciones y aplicaciones nucleares y radiactivas de la Dirección que se encuentran en el banco de proyectos.

-Desarrollo de primera estancia Post-Doctoral en el SGC financiada por la convocatoria 784 de 2017 de COLCIENCIAS y el Servicio Geológico Colombiano, Proyecto: Evolución Cortical de la Serranía del Perijá y su Papel en la Consolidación del Margen Continental realizado por el Dr. Alejandro Piraquive.

-Estudio de Modernización Institucional y de Cargas, como parte del Convenio Universidad Distrital-SGC.

-Atención de visitas y auditorías de la Oficina de Control Interno, en actuaciones programadas (plan anual de auditorías) y no programadas (puntuales).

-Atención de la auditoría regular al Convenio SGC-MINENERGÍA sobre la utilización de fondos del Sistema General de Regalías-SGR, en el proyecto “Consolidación del Centro de Geocronología” 2019-2020.
-Preparación de la sustentación del SGC ante el MINENERGÍA, de la conservación de los actuales espacios para el desarrollo de las actividades técnico – administrativas de esta dependencia.

-Convocatoria de varias mesas de trabajo, como parte de las actividades de implementación del “Centro de Excelencia en Geociencias”, con grupos de investigación de diversas facultades de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá.

-Reuniones de trabajo con la Empresa Colombiana de Petróleos-ECOPETROL, la Agencia Nacional de Hidrocarburos-ANH y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA, para la estructuración de un proyecto de investigación sobre la ocurrencia de materiales radiactivos de origen natural (NORM) y Tecnológico (TENORM) en el aprovechamiento de recursos hidrocarburíferos, en apoyo a la implementación de los proyectos pilotos integrales de investigación (“PPII”) para la exploración de yacimientos no convencionales de petróleo.

-Expedición de la Resolución D-138 de 2019, mediante la cual se creó el Comité Científico Nuclear-COCIEN de la Dirección Técnica de Asuntos Nucleares, como instancia del conocimiento y que le da rigor a todos los procesos científicos que se generan en la entidad.

-Atención de las visitas de las autoridades ambientales (ANLA y Secretaría Distrital de Ambiente-SDA) en cumplimiento al seguimiento de los planes de manejo ambiental de las instalaciones nucleares y radiactivas

A continuación se presentan las principales actividades realizadas durante el año 2019 :

1 PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN DE LA DIRECCIÓN DE ASUNTOS NUCLEARES CON EL ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA:

Proyecto Nacional COL0014 OIEA: "Mejora de las capacidades existentes para proporcionar servicios analíticos nucleares de alta calidad y reconocidos internacionalmente"

El Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica (LSCD) se terminó de adecuar y se recibieron detectores de radiación de referencia como un equipo de rayos X de emisión continua para calibración de haces de rayos X. Adicionalmente se recibieron expertos del OIEA orientadas a apoyar el proceso de acreditación de calibraciones del LSCD bajo la Norma NTC ISO / IEC 17025:2005, ya culminado de manera exitosa en esta vigencia

Queda pendiente para el año 2020 la importación del irradiador de Cobalto 60 y su respectiva instalación en el LSCD para poder realizar las calibraciones de los sistemas dosimétricos de los hospitales en servicios de radioterapia.

Proyecto OIEA ARCAL CLI: "Desarrollar un programa para fortalecer las capacidades para garantizar el funcionamiento sostenible de reactores de investigación nuclear mediante la capacitación de personal". Se contó con la asistencia técnica del experto argentino José Ignacio Márquez Damián, Departamento de Física de Neutrones, Centro Atómico Bariloche, CNEA, quién dictó en octubre el curso de modelación de Monte Carlo (MNCP) al personal de la línea de investigación en Modelado, Simulación y Prospectiva.

Proyecto OIEA ARCAL CLX: "Armonización de sistemas de gestión integrados y procedimientos de buenas prácticas de irradiación en instalaciones de irradiación ()"

Proyecto OIEA ARCAL CXLVI: "Creación de experiencia en el uso de tecnología de radiación para mejorar el rendimiento industrial, desarrollar nuevos materiales y productos y reducir el impacto ambiental de la Para finalizar el Proyecto Nacional COL0014, se realizó el evento ***"International Symposium on Nuclear Applications"*** llevado a cabo entre el 5 al 8 de noviembre de 2019 en el Centro de Convenciones Gonzalo Jiménez de Quesada, donde se convocaron alrededor de 500 participantes, 40 expertos nacionales y 10 expertos internacionales. En este evento se discutió la evolución del país en temas regulatorios y los desafíos a los que se enfrenta el sector en materia de crecimiento económico y equidad de género. Entre las temáticas que se trataron se destacan: las técnicas radiactivas en salud, geocronología y medio ambiente; la seguridad alimentaria y aplicaciones en agricultura; las aplicaciones radiactivas industriales; la función reguladora; los usos y aplicaciones de reactores nucleares de

investigación y pequeños reactores nucleares modulares y las perspectivas de la energía nucleoeléctrica en nuestro país y en la región latinoamericana.

2. AVANCES DE DIVULGACIONES COMO GRUPO DE INVESTIGACIÓN DE ASUNTOS NUCLEARES

Las divulgaciones realizadas durante el año 2019 en congresos y revistas científicas son las siguientes:

Apropiación del conocimiento de los trabajos de investigación en técnicas nucleares, radiológicas, geocronología e isotopía-participación XVII Congreso Colombiano de Geología:

No.	TITULO DEL RESUMEN	AUTORES
1	Estadios evolutivos, desde el proto-Magdalena hasta la cuenca de antepaís Andina del Valle Medio del Magdalena en la sección del Sinclinal de Guaduas	Piraquive, A., Villamizar, N., Bernet, M., Urueña C. Muñoz, J.A., Peña, M.L., Rayo, L., Rincón, M., Duarte, C.I.
2	Pleistocene volcanism and neotectonics at the Eastern Cordillera of Colombia	Piraquive, A., Kammer, A. , Von Quadt, A.
3	Estudios de Datación U/Pb en el Mineral Calcita mediante la Técnica LA-ICPMS	Muñoz, J. A., Piraquive, A., Villamizar, N., Peña, M.L., Rocha, A. E.
4	Importancia de la implementación de la norma NTC ISO /IEC 17025 en ensayos de geocronología e isotopía para la generación de conocimiento geocientífico del país	Peña, M.L, Parrado, G. , Moreno, M. , Muñoz, J., Porras, A., Rocha, A., Calderón, P, Urueña C., Alonso, D., Villamizar, N.
5	Determinación de elementos formadores de radionúclidos de vida corta mediante Activación Neutrónica	Sierra, O., Parrado, G., Alonso, D., Peña, M., Acero, N., Porras, A., Guzmán, M. , Muñoz, J..
6	La importancia de la caracterización de flujo neutrónico del reactor nuclear de investigación IAN-R1 para aplicaciones en geociencias	López, E.M,, Sofroni, J., Sandoval, J, Parrado, G. Sierra, 0.
7	Neoproterozoic Gondwana origin and middle Triassic remobilization of the metamorphic basement. Alta Guajira península	Piraquive, A., Kammer, A., Von Quadt, A., Gomez, C., Muñoz, J. A.
8	Aplicación de los estudios de $^{18}O/^{16}O$ y $^{13}C/^{12}C$ en carbonatos por medio de espectrometría de masas de relaciones isotópicas acoplada al sistema de tratamiento GasBech (IRMS-GB) en aplicaciones paloambientales	Moreno, M. Rocha, A., Peña, M.
9	Estudio radiológico durante el trabajo de exploración de Uranio en el sector de la baja (California, Santander)	Alonso, D.L., Parrado, G. Peña, M., Porras, A. Romero, F., Rincón, M., Cáceres, A., Bautista, S., Zamora, A.
10	Avances de la implementación de la técnica de Carbono-14 en el Servicio Geológico Colombiano.	Pinacho D.G., Rojas, M., Parrado, G.A., Peña, M.L..
11	Exploración de la fuente de agua más empobrecida de Colombia: Estudio de las relaciones isotópicas δ^2H y $\delta^{18}O$ en la Sierra Nevada del Cocuy, Volcán Nevado Santa Isabel y Volcán Nevado del Ruiz	Parrado, G., Ceballos, J., Chacón, Z., Alonso, D.L., Peña, M., Calderón, P. Porras, A.
12	Importancia de la investigación Radiométrica Ambiental en proyectos de aprovechamiento de Recursos Minerales e Hidrocarburíferos.	Quintero, R., Parrado, G., Alonso, D.L., Contreras, D., Porras, A.

No.	TITULO DEL RESUMEN	AUTORES
13	Reconocimiento radiométrico y geológico de materiales radiactivos de ocurrencia Natural-Norm en el Sinclinal de Berlín, municipio de Samaná (Caldas)	Quintero, R., Contreras, D., Parrado, G., Alonso, D.L., Porras, A.
14	Las tecnologías nucleares aplicadas a la caracterización, conocimiento, valoración y conservación del patrimonio geológico / paleontológico y cultural en Colombia.	Parrado, G., Garavito, J., Peña, M., Abril, J.
15	Proveniencia de los Sedimentos Permicos-Jurasicos de las formaciones Bocas y Giron en la cuenca del Valle Medio del Magdalena.	Villamizar, N., Piraquive, A., Urueña, C., Muñoz, J., Peña, M., Romero, O., Amaya, S., Lopez, J.

Apropiación del conocimiento de los trabajos de investigación en técnicas nucleares, radiológicas, geocronología e isotopía-participación Congreso Colombiano de Química

No.	TITULO DE RESUMEN	AUTORES
1	Determinación de la relación isotópica de carbono δ13C y oxígeno δ18O en carbonatos a través de la técnica espectrometría de masas de relaciones isotópicas acoplada al sistema gasbench (irms-gb)	Andrea Rocha, Mary L. Peña, Maribel Moreno
2	Medidores nucleares en la instrumentación de la industria petroquímica en colombia	A. Sánchez, E. Camargo
3	Aseguramiento de la calidad analítica en δ2h y δ18o de los estándares secundarios del laboratorio de análisis de isótopos estables en agua líquida (laie)	Andrés Porras Ríos. Patricia Calderón Morales, Guillermo Parrado Lozano, Mary Peña Urueña
4	Aseguramiento de la calidad analítica, inspección y seguimiento en δ2h y δ18o de los materiales de control interno del laboratorio de análisis de isótopos estables en agua líquida (LAIE)	Andrés Porras Ríos. Patricia Calderón Morales, Guillermo Parrado Lozano, Mary Peña Urueña
5	Optimización de sistema de contención para la irradiación de muestras geológicas en análisis por activación neutrónica instrumental (AANI) en el servicio geológico colombiano	Acero, N.; Sierra, O.; Alonso, D.; Porras, A.; Guzmán, M.; Quintero, R.; Parrado, G.; Peña, M
6	Estudio de los materiales radiactivos de ocurrencia natural (NORM) y modificados tecnológicamente (TENORM) en evaluaciones ambientales de aprovechamiento de recursos minerales e hidrocarburiferos	Rubén D. Quintero Londoño, Martha Y. Guzmán Guzmán, Guillermo A. Parrado Lozano, Andrés Porras Rios, David Contreras Fayad
7	Resultados de ejercicios de desempeño en muestras de sedimento y cereal mediante análisis por activación neutrónica instrumental	Sierra, O.1; Parrado, G.; Peña, M.; Acero, N.; Guzmán, M. Porras, A.; Quintero, R.
8	Avances en la implementación de la técnica de carbono-14 del servicio geológico colombiano	Pinacho D.G., Rojas, M., Parrado, G.A., Peña, M.L.
9	La importancia de la acreditación de ensayos en el impacto de los resultados de geocronología e isotopia en colombia	Mary Luz Peña, Guillermo Parrado, Jimmy Muñoz, , Maribel Moreno, Andrés Porras Andrea Rocha, Patricia Calderón, Nicolás Villamizar, David Alonso, Cindy Urueña
10	El rol del reactor nuclear IAN-R1 en las aplicaciones de la química en Colombia	Edgar Mauricio López, Guillermo Parrado, Mary Luz Peña, Jaime Sandoval
11	Estudios de análisis geoquímicos in situ en circones mediante la técnica laser ablatión split stream-(lass)	Mary Luz Peña, Jimmy Muñoz, Andrea Rocha, Alejandro Piraquive, Nicolás Villamizar, Carolina Jiménez, Mauricio Ibañez

No.	TITULO DE RESUMEN	AUTORES
12	Determinación de edades en los minerales xenotima y titanita mediante espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente unido a ablación laser (la-icpms)	Jimmy Muñoz, Mary Luz Peña, Alejandro Piraquive, Nicolás Villamizar y Carolina Jiménez
13	Ajuste instrumental y optimización de parámetros operacionales de un sistema de análisis de uranio por la técnica de neutrones retardados	Fernando Mosos1, David Alonso, Nelson Acero, Andrés Porras
14	Medición de concentración de actividad en tiempo real en sistemas de vertimientos en instalaciones radiactivas	Fernando Mosos, Giovanni Vela, Liseth Ospina, Johnny Gómez. Yonatan Zuleta

Apropiación del conocimiento de los trabajos de investigación en técnicas nucleares, radiológicas, geocronología e isotopía-participación en el X Congreso Internacional de Materiales

No.	TITULO DEL RESUMEN	AUTORES
1	Caracterización de edades U/Pb en minerales mediante LA-ICP-MS	J A Muñoz, M L Peña N Villamizar A Piraquive C Jimenez
2	CARACTERIZACION PETROCRONOLOGICA DE MINERALES UTILIZANDO LA TÉCNICA LASER ABLATIÓN SPLIT STREAM-(LASS)	M L Peña, J A Muñoz N Villamizar A. Rocha1 A Piraquive C Jimenez
3	ESTUDIOS DE CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES POR MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO EN COLOMBIA	D Contreras, M Peña J. Muñoz A A. Piraquive N. Villamizar
4	ESTUDIO DE ISOTOPOS ESTABLES DE C, N, H Y O EN MUESTRAS SÓLIDAS MEDIANTE ESPECTROMETRÍA DE MASAS DE RELACIONES ISOTÓPICAS ACOPLADA AL ANALIZADOR ELEMENTAL FLASH 2000 (EA-IRMS)	M. Moreno, A. Rocha M. L. Peña
5	LAS TECNOLOGÍAS NUCLEARES APLICADAS A LA CARACTERIZACIÓN, CONOCIMIENTO, VALORACIÓN Y CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO /PALEONTOLÓGICO Y CULTURAL EN COLOMBIA	G,Parrado,J, Garavito M,Peña,J.Abril
6	ESTUDIOS DE CARACTERIZACIÓN Y PRUEBAS DE MATERIALES EN EL REACTOR NUCLEAR DE INVESTIGACIÓN COLOMBIANO	Edgar M. López,J. Sandoval O Sierra Guillermo A. Parrado M.L. Pena J. Sofrony
7	CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES MEDIANTE ACTIVACIÓN NEUTRÓNICAINSTRUMENTAL	OSierra,G Parrado M Peña R Quintero N Acero A Carvajal M Guzmán A Porras
8	CARACTERIZACIÓN DE UN DISPOSITIVO SEMICONDUCTOR FOTOSENSIBLE SOMETIDO A RADIACIÓN GAMMA	Harvey Aguirre,Wilson Moreno Johana Gaitan
9	CARACTERIZACIÓN NO DESTRUCTIVA DE CONTENIDOS DE URANIO EN MUESTRAS SÓLIDAS POR MEDIO DE LA TÉCNICA DE CONTEO DE NEUTRONES RETARDADOS	A Porras,F Mosos G Parrado M Peña R Quintero N Acero A Carvajal M Guzmán O Sierra D. Alonso
10	ANÁLISIS DE ISÓTOPOS ESTABLES EN AGUA LÍQUIDA PARA LA CARACTERIZACIÓN ISOTÓPICA DE AGUAS COLOMBIANAS	A Porras,P Calderón G Parrado M Peña
11	CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES TERMOLUMINISCENTES DE ALTA SENSIBILIDAD PARA USO EN DOSIMETRÍA DE RAYOS X	H. Olaya Dávila,W. Jaramillo Garzón C.A. Parra Vargas

Apropiación del conocimiento de los trabajos de investigación en técnicas nucleares, radiológicas, geocronología e isotopía -Participación XVI Encuentro Científico - Instituto

Nacional de Salud 1917-2019 de los proyectos de investigación de la Dirección de Asuntos Nucleares

No.	TITULO DEL RESUMEN	AUTORES
1	Necesidad y proyección de establecimiento de patrones de referencia nacional para la trazabilidad en Rayos X	Camilo Calderón, Julián Niño, pendiente por confirmar otros autores
2	Evaluación de impacto de la exposición entregada por material radiactivo de ocurrencia natural (NORM)	Rubén Quintero, Martha Guzmán, Guillermo Parrado, Andrés Porras, Mary Peña

Apropiación del conocimiento de los trabajos de investigación en técnicas nucleares, radiológicas, geocronología e isotopía -Participación Fall Meeting 2019 – AGU 100, San Francisco de los proyectos de investigación de la Dirección de Asuntos Nucleares

No.	TITULO DEL RESUMEN	AUTORES
3	Late Silurian exhumation of the Proto-Andean margin as determined from detrial U-Pb geochronology in the Perijá Rage, northeastern Colombia	*Piraquive, A., Villamizar, N., Jimenez,C. , Contreras, D., Muñoz,J.A., Peña-Urueña M.L,*

Publicaciones internacionales

-Megacircones ediacáricos de la sienita nefelínica de San José del Guaviare y su potencial como material de referencia para datación U/Pb mediante LA-ICP-MS. Boletín Geológico. 2019-07-15 | journal-article
DOI: 10.32685/0120-1425/boletingeo.45.2019.484. Piraquive, A., et al.

-Multidisciplinary petro-geo-thermochronological approach to ore deposit exploration. Ore Geology Reviews. 2019-09 | journal-article. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2019.103017. Piraquive, A., et al.

-Revista DYNA, DOI: https://doi.org/10.15446/dyna.v86n208.69576. DYNA, Volumen 86, Número 208, p. 362-367, 2019. ISSN electrónico 2346-2183. ISSN impreso 0012-7353. El uranio como recurso energético y su actualidad minera en Colombia. Porras, A., et al.

3 PROYECTO DE PROCESO DE DOCUMENTACIÓN, IMPLEMENTACIÓN NORMA ISO/IEC 17025 :2005 Y 2017 Y ACREDITACIÓN DE ENSAYOS Y CALIBRACIONES

En el proceso de la acreditación de ensayos y calibraciones bajo la norma NTC ISO/IEC 17025 de la Dirección de Asuntos Nucleares, se tiene que el Comité de Acreditación del Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC) decidió el otorgamiento de acreditación el día 4 de julio de 2019 al Servicio Geológico Colombiano (SGC) con el código 18-LAB-017, por cumplir con los requisitos exigidos en la norma ISO/IEC 17025:2005 para cinco ensayos de tres laboratorios de Geocronología e isotopía de la Dirección Técnica de Asuntos Nucleares.

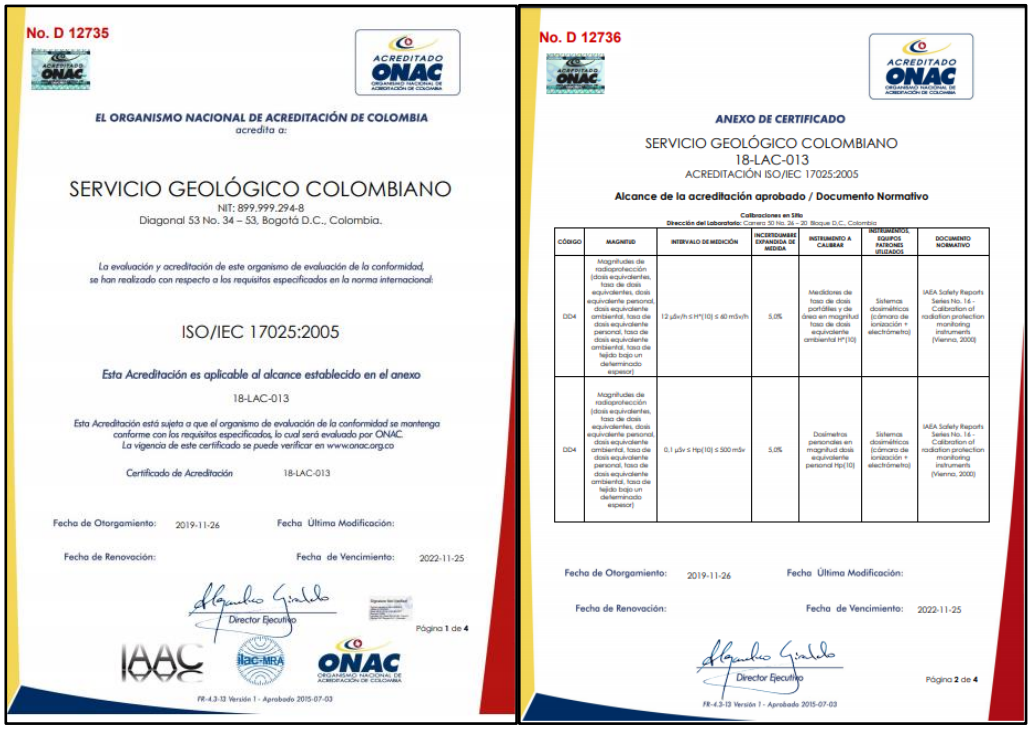
Este otorgamiento es un logro significativo para nuestra entidad de ciencia y tecnología “Por cumplir con los requisitos exigidos en la norma ISO/IEC 17025:2005 para cinco ensayos de tres laboratorios de Geocronología e isotopía de la Dirección Técnica de Asuntos Nucleares” emitido el día 4 de julio de 2019.

Tabla No. 1. Alcance de la acreditación con código 18-LAB-017 de los ensayos de geocronología e isotopía.

ENSAYO	TÉCNICA	SUSTANCIA, MATERIAL, ELEMENTO O PRODUCTO A ENSAYAR	INTERVALO DE MEDICIÓN	LABORATORIO
Datación U/Pb	Espectrometría de masas	Circones extraídos de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias	6 Ma. a 3400 Ma. (Ma. = Millones de Años)	Laboratorio Datación U/Pb
Determinación de la relación isotópica de δD mediante espectroscopia Off Axis ICOS (Integrated Cavity Output Spectroscopy) de alta resolución de absorción con láser con el equipo LGR DLT-100	Ópticos	Agua Liquida	[-128,760 a 1,865] ‰	Laboratorio Análisis de Isótopos estables en Agua Líquida
Determinación de la relación isotópica de $\delta^{18}O$ mediante espectroscopia Off Axis ICOS (Integrated Cavity Output Spectroscopy) de alta resolución de absorción con láser con el equipo LGR DLT-100	Ópticos	Agua Liquida	[-17,59 a 0,415] ‰	
Determinación de la relación isotópica de $^{13}C/^{12}C$ ($\delta^{13}C$) en muestras de carbones por medio de espectrometría de masas de relaciones isotópicas (EA-IRMS)	Espectrometría de masas	Carbones	-46,6‰ a 37,63‰ ($\delta^{13}C$)	Laboratorio de Isótopos estables en Muestras Sólidas
Determinación de la relación isotópica de $^{15}N/^{14}N$ ($\delta^{15}N$) en muestras de suelos por medio de espectrometría de masas de relaciones isotópicas (EA-IRMS)	Espectrometría de masas	Suelos	2,7 ‰ a 53,7‰ ($\delta^{15}N$)	Laboratorio de Isótopos estables en Muestras Sólidas

Este proceso culminado de acreditación, permite demostrar la competencia técnica de los ensayos de geocronología e isotopía, es importante resaltar la cadena de valor que requiere el trabajo conjunto con el personal competente tanto de la realización del ensayo como del trabajo geológico de campo, con el fin de garantizar que desde el inicio del estudio geológico, se logren establecer las estrategias y pertinencia en el diseño de muestreo, la preparación de la muestras, los ensayos analíticos, el aseguramiento de calidad, la interpretación de resultados, construyendo y contribuyendo a generar estudios de conocimiento geológico con resultados de calidad y confiables, que aportan en cartografía geológica, petrogénesis, evolución de sistemas orogénicos, exploración de recursos minerales y de recursos energéticos, datación de eventos de cristalización de rocas, estudios de depositación en una cuenca sedimentaria y análisis de proveniencia, entre otros.

Durante el año 2019 el Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica - LSCD, después del reforzamiento estructural, instalación de equipos y realización del ejercicio de intercomparación con el Organismo Internacional de Energía Atómica -OIEA , reinicio el proceso de acreditación con la ONAC en el mes de julio con 6 magnitudes dosimétricas a nivel de protección radiológica. Durante este mismo mes el LSCD recibió la auditoría externa por parte del ONAC con el propósito de evaluar la competencia técnica y del sistema de gestión del Servicio Geológico Colombiano frente a la norma ISO/IEC 17025:2005 la cual se realizó durante los días 22 y 23 de julio por parte de la experta técnica Cecilia Kessler y la auditora líder María Eugenia Bonilla, durante los meses de agosto, septiembre y octubre se desarrolló el plan de acción dirigido al cierre de las no conformidades levantadas durante la auditoria mencionada, el cual fue enviado a la ONAC el 6 de noviembre, para su revisión y aprobación por parte de las auditoras el día 12 de noviembre, fruto de dicha revisión el comité de acreditación de la ONAC en cumplimiento de lo establecido en el documento de las reglas del servicio de acreditación (rac-3.0-01/v8), el día 26 de noviembre emite la decisión de otorgamiento de la acreditación 18-LAC-013 al Servicio Geológico Colombiano en las magnitudes dosimétricas solicitadas, las cuales se muestran en la siguiente figura:



No. D 12735

ACREDITADO ONAC

EL ORGANISMO NACIONAL DE ACREDITACIÓN DE COLOMBIA
acredita a:

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO
NIT: 899.999.294-8
Diagonal 53 No. 34 – 53, Bogotá D.C., Colombia.

La evaluación y acreditación de este organismo de evaluación de la conformidad, se han realizado con respecto a los requisitos especificados en la norma internacional:

ISO/IEC 17025:2005

Esta Acreditación es aplicable al alcance establecido en el anexo

18-LAC-013

Esta Acreditación está sujeta a que el organismo de evaluación de la conformidad se mantenga conforme con los requisitos especificados, lo cual será evaluado por ONAC.
La vigencia de este certificado se puede verificar en www.onac.org.co

Certificado de Acreditación 18-LAC-013

Fecha de Otorgamiento: 2019-11-26 Fecha Última Modificación:

Fecha de Renovación: Fecha de Vencimiento: 2022-11-25

Director Ejecutivo

Página 1 de 4

FR-4.3-13 Versión 1 - Aprobado 2015-07-03

No. D 12736

ACREDITADO ONAC

ANEXO DE CERTIFICADO

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO
18-LAC-013
ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2005

Alcance de la acreditación aprobado / Documento Normativo

Calibraciones en Sitio
Dirección del Laboratorio: Carrera 50 No. 26 – 20 Bloque D.C., Colombia

CÓDIGO	MAGNITUD	INTERVALO DE MEDICIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE MEDIDA	INSTRUMENTO A CALIBRAR	INSTRUMENTOS, EQUIPOS PATRONES UTILIZADOS	DOCUMENTO NORMATIVO
DD4	Magnitudes de radioprotección (dosis equivalentes, tasa de dosis equivalentes, dosis equivalente personal, dosis equivalente ambiental, tasa de dosis equivalente personal, tasa de dosis equivalente ambiental, tasa de fajido bajo un determinado espesor)	12 µSv/h ≤ H*(10) ≤ 60 mSv/h	5,0%	Medidores de tasa de dosis portátiles y de área en magnitud tasa de dosis equivalente ambiental H*(10)	Sistemas dosimétricos (cámara de ionización + electrómetro)	IAEA Safety Reports Series No. 16 - Calibration of radiation protection monitoring instruments (Vienna, 2000)
DD4	Magnitudes de radioprotección (dosis equivalentes, tasa de dosis equivalentes, dosis equivalente personal, dosis equivalente ambiental, tasa de dosis equivalente personal, tasa de dosis equivalente ambiental, tasa de fajido bajo un determinado espesor)	0,1 µSv ≤ Hp(10) ≤ 500 mSv	5,0%	Dosímetros personales en magnitud dosis equivalente personal Hp(10)	Sistemas dosimétricos (cámara de ionización + electrómetro)	IAEA Safety Reports Series No. 16 - Calibration of radiation protection monitoring instruments (Vienna, 2000)

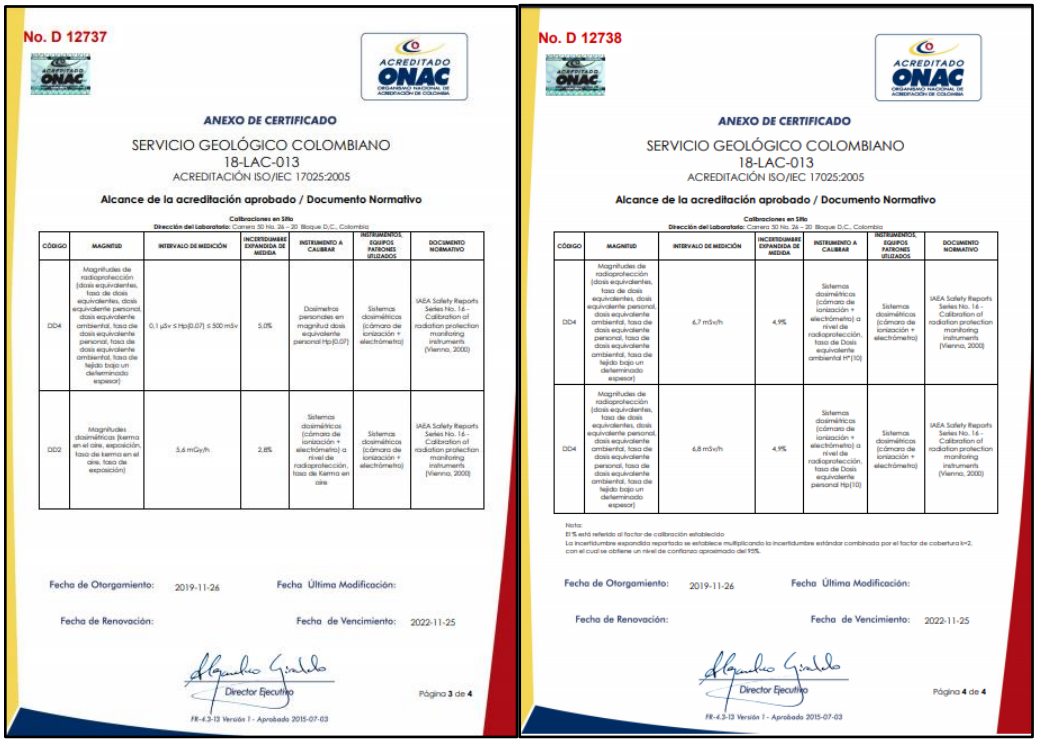
Fecha de Otorgamiento: 2019-11-26 Fecha Última Modificación:

Fecha de Renovación: Fecha de Vencimiento: 2022-11-25

Director Ejecutivo

Página 2 de 4

FR-4.3-13 Versión 1 - Aprobado 2015-07-03



No. D 12737

ACREDITADO ONAC

ANEXO DE CERTIFICADO

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO
18-LAC-013
ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2005

Alcance de la acreditación aprobado / Documento Normativo

Calibraciones en Sitio
Dirección del Laboratorio: Carrera 30 No. 26 – 20 Bloque D,C., Colombia

CÓDIGO	MAGNITUD	INTERVALO DE MEDICIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE MEDIDA	INSTRUMENTO A CALIBRAR	INSTRUMENTOS, EQUIPOS PATRONES UTILIZADOS	DOCUMENTO NORMATIVO
DD4	Magnitudes de radioprotección (dosis equivalentes, tasa de dosis equivalentes, dosis equivalente personal, dosis equivalente ambiental, tasa de dosis equivalente personal, tasa de dosis equivalente ambiental, tasa de fejido bajo un determinado espesor)	0,1 µSv ≤ Hp(0,07) ≤ 500 mSv	5,0%	Dosímetros personales en magnitud dosis equivalente personal Hp(0,07)	Sistemas dosimétricos (cámara de ionización + electrómetro)	IAEA Safety Reports Series No. 16 - Calibration of radiation protection monitoring instruments (Vienna, 2000)
DD2	Magnitudes dosimétricas (kerma en el aire, exposición, tasa de kerma en el aire, tasa de exposición)	5,6 mGy/h	2,8%	Sistemas dosimétricos (cámara de ionización + electrómetro) a nivel de radioprotección, tasa de Kerma en aire	Sistemas dosimétricos (cámara de ionización + electrómetro)	IAEA Safety Reports Series No. 16 - Calibration of radiation protection monitoring instruments (Vienna, 2000)

Fecha de Otorgamiento: 2019-11-26 Fecha Última Modificación:

Fecha de Renovación: Fecha de Vencimiento: 2022-11-25

Director Ejecutivo

Página 3 de 4

FR-4.3-13 Versión 1 - Aprobado 2015-07-03

No. D 12738

ACREDITADO ONAC

ANEXO DE CERTIFICADO

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO
18-LAC-013
ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2005

Alcance de la acreditación aprobado / Documento Normativo

Calibraciones en Sitio
Dirección del Laboratorio: Carrera 30 No. 26 – 20 Bloque D,C., Colombia

CÓDIGO	MAGNITUD	INTERVALO DE MEDICIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE MEDIDA	INSTRUMENTO A CALIBRAR	INSTRUMENTOS, EQUIPOS PATRONES UTILIZADOS	DOCUMENTO NORMATIVO
DD4	Magnitudes de radioprotección (dosis equivalentes, tasa de dosis equivalentes, dosis equivalente personal, dosis equivalente ambiental, tasa de dosis equivalente personal, tasa de dosis equivalente ambiental, tasa de fejido bajo un determinado espesor)	6,7 mSv/h	4,9%	Sistemas dosimétricos (cámara de ionización + electrómetro) a nivel de radioprotección, tasa de Dosis equivalente ambiental H*(10)	Sistemas dosimétricos (cámara de ionización + electrómetro)	IAEA Safety Reports Series No. 16 - Calibration of radiation protection monitoring instruments (Vienna, 2000)
DD4	Magnitudes de radioprotección (dosis equivalentes, tasa de dosis equivalentes, dosis equivalente personal, dosis equivalente ambiental, tasa de dosis equivalente personal, tasa de dosis equivalente ambiental, tasa de fejido bajo un determinado espesor)	6,8 mSv/h	4,9%	Sistemas dosimétricos (cámara de ionización + electrómetro) a nivel de radioprotección, tasa de Dosis equivalente personal Hp(10)	Sistemas dosimétricos (cámara de ionización + electrómetro)	IAEA Safety Reports Series No. 16 - Calibration of radiation protection monitoring instruments (Vienna, 2000)

Nota:
El % está referido al factor de calibración establecido
La incertidumbre expandida reportada se establece multiplicando la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura k=2, con el cual se obtiene un nivel de confianza aproximado del 95%.

Fecha de Otorgamiento: 2019-11-26 Fecha Última Modificación:

Fecha de Renovación: Fecha de Vencimiento: 2022-11-25

Director Ejecutivo

Página 4 de 4

FR-4.3-13 Versión 1 - Aprobado 2015-07-03

Avances cierre de brechas para implementación norma ISO /IEC 17025 versión año 2017. Diagnóstico de brechas a nivel de requisitos técnicos y de recurso humano en el LSCD. Revisión de los documentos transversales en las versiones actualizadas a la versión 2017 generadas por CONCALIDAD.

Durante el 2018 se recibió la auditoría externa por parte del ONAC con el propósito de evaluar la competencia técnica y del sistema de gestión del Servicio Geológico Colombiano frente a la norma ISO/IEC 17025:2005 para los laboratorios de ensayos (3) y para el Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica (LSCD). La auditoría fue realizada luego de superar las etapas previas de recepción documental por parte del ONAC, la cual se realizó en el mes de febrero para el LSCD y en marzo con actualización en septiembre para los laboratorios de ensayos. Una vez radicada la documentación se realizó el recibimiento, análisis y alistamiento de las actividades necesarias para recibir la evaluación en sitio por parte del experto técnico y la experta en gestión de la entidad nacional de acreditación. Se hicieron actividades específicas para cada uno de los ensayos de los laboratorios objeto de la auditoría. Los informes de la etapa uno respecto a la evaluación documental fueron recibidos para el LSCD el 12 de abril de 2018 y para los laboratorios de ensayo el 23 de octubre de 2018.

La notificación y el plan de auditoria para el LSCD fueron recibidos el 4 de octubre. Mientras que la auditoria se llevó a cabo los días 17 al 19 de Octubre por los auditores

Harol de Jesús Torres Noreña (auditor líder) y Cecila Kessler del BIPM (auditora técnica). A continuación, se muestra los ítems que el ONAC evaluó durante las auditorias:

Tabla 2. Lista De Muestras A Ensayar / Ítems A Calibrar A Estar Disponibles Para La Testificación De Ensayos / Calibraciones

ENSAYO / CALIBRACIÓN	PRODUCTO O MATERIAL A ENSAYAR / INSTRUMENTO A CALIBRAR
Determinación de tasa de kerma y dosis equivalente ambiental usando la cámara patrón	Cámara patrón
Calibración de instrumento de radioprotección en términos de kerma en aire	Cámara de ionización
Calibración de instrumento de radioprotección en términos de dosis equivalente ambiental	Medidor de tasa de dosis equivalente ambiental.
Calibración de Dosímetros personales en términos de dosis equivalente personal	Dosímetros personales.

La notificación y el plan de auditoria para los laboratorios de ensayos fueron recibidos el 30 de octubre. Mientras que la auditoria se llevó a cabo los días 15 y 16 de noviembre por los auditores Nelcy Yamile Ortega Gómez (auditora Líder) y Sergio Amaro (auditor técnico).

Grupo de Investigaciones y Aplicaciones Nucleares y Geocronológicas (GIANG)

El laboratorio de Isótopos Estables en Aguas - LIE cuenta con un equipo analizador de isotopos estables que permite analizar los isótopos de hidrógeno y oxígeno en agua para la caracterización de muestras colectadas en diferentes partes del territorio nacional determinando las relaciones isotópicas de Oxígeno ($\delta^{18}O$) e Hidrógeno ($\delta^{2}H$) por medio de espectroscopia de tipo óptico Off Axis-ICOS; para así obtener información acerca de la procedencia y naturaleza de las aguas que son objeto de investigación. Este laboratorio presta sus servicios a diferentes proyectos institucionales de Hidrología, Investigación en Aguas Subterráneas, Geotermia, Observatorios vulcanológicos y sismológicos, hidrocarburos, entre otros. Desde el año 2014, el laboratorio ha participado en proyectos internos que involucran resultados de isótopos estables y ha analizado un total de 3200 análisis para un total de 6400 determinaciones de relaciones isotópicas de Oxígeno ($\delta^{18}O$) e Hidrógeno ($\delta^{2}H$).

La técnica de medición se basa en la espectroscopia Off Axis ICOS (Integrated Cavity Output Spectroscopy, por su acrónimo en inglés) de alta resolución de absorción con láser. Esta espectroscopia utiliza una cavidad óptica como una celda de absorción. A diferencia de los arreglos convencionales (de paso múltiple) que normalmente se limitan a longitudes de trayectoria de menos de doscientos metros, la celda del equipo actúa como una trampa de absorción efectiva de los fotones del láser, de modo que se realizan miles de pasos antes de salir de la celda. Como resultado de este arreglo, la longitud efectiva del camino óptico puede ser de varios miles de metros en los espejos de alta

reflectividad y por lo tanto la absorción de la luz medida, después de que pase a través de la cavidad óptica, es significativamente mayor.

Durante el año 2019, se realizó la prestación de servicios de determinación de $\delta^{2}H$ y $\delta^{18}O$ de muestras de agua líquida de los proyectos institucionales que se muestran a continuación:

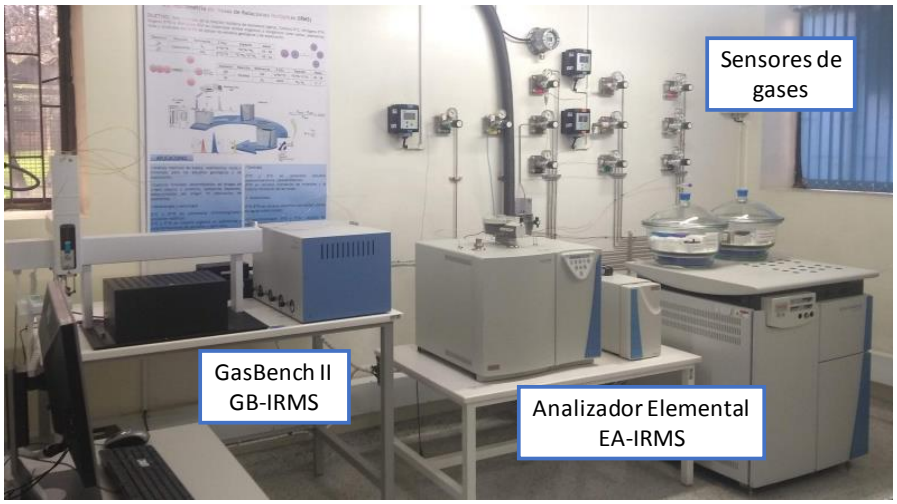
- Investigación, monitoreo y evaluación de amenazas geológicas del territorio nacional
- Operación y Mantenimiento de redes de monitoreo
- Exploración e investigación en aguas subterráneas
- Consolidación del Centro de Geocronología

Actualmente el laboratorio hace parte del proyecto regional RLA 7024 “Integración de la Hidrología Isotópica en las Evaluaciones Nacionales de los Recursos Hídricos (RLA/7024)”, promovido por el Organismo Internacional de Energía Atómica –IAEA–. En este proyecto participan cuatro países de Latinoamérica: México, Paraguay, Bolivia y Colombia, y su objetivo es expandir la capacidad técnica para realizar evaluaciones integrales de los recursos hídricos, en apoyo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (en especial al ODS 6: Agua limpia y saneamiento), promoviendo así, el uso de la hidrología isotópica en América Latina.

La Universidad de Antioquia, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), el Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y el Servicio Geológico Colombiano (SGC) conforman el comité coordinador del proyecto RLA/7024 en Colombia; ellos identificaron la recarga artificial de acuíferos como una de las temáticas que requiere ser fortalecida en nuestro país y solicitaron al IAEA un experto para desarrollar un curso de formación dirigido a actores que tienen incidencia en la gestión y evolución de los recursos hidrogeológicos en el país. Como resultado se contó con la comisión del experto internacional, el Doctor español Enrique Fernández Escalante. Las entidades participantes pudieron socializar la Metodología IWAVE, así como la integración de la Hidrología Isotópica en las evaluaciones nacionales de los recursos hídricos; definiendo campos de trabajo común y planteando sinergias colaborativas que se pueden llevar a cabo en esta temática. Además, se contó con la visita de la doctora Emilia Bocanegra representante del OIEA.

En el marco del Proyecto RLA/7024 se recibirá en donación de un equipo analizador de isótopos estables marga LGR modelo IWA-35EP, el cual aumentará las capacidades analíticas para la prestación del servicio de las entidades del comité organizador, así como de las corporaciones autónomas regionales para gestión del control y riesgo asociado.

El Laboratorio de Isotopos Estables en Muestras Sólidas -LIES- cuenta un sistema de Espectrometría de Masas de Relaciones Isotópicas Delta V Advantage acoplado a un analizador elemental (EA-IRMS por sus siglas en inglés) y acoplado a un sistema de tratamiento de muestras líquidas y gaseosas GasBench II (GB-IRMS). Por medio de esta instrumentación el laboratorio está en la capacidad de realizar análisis isotópicos de los elementos C, N, H y O en muestras sólidas, líquidas y gaseosas, esta instrumentación genera un gran avance al laboratorio debido a que permite ampliar la gama de matrices que se pueden analizar, así como el portafolio de servicios del laboratorio según las necesidades de los proyectos del Servicio Geológico Colombiano.



Instalaciones del Laboratorio de Isotopos Estables en Muestras Sólidas - LIES

Dentro de estas nuevas muestras a analizar se encuentran:

- Carbonatos que aportan en los estudios de paleotemperatura y de reconstrucciones paleoclimáticas.
- Nitratos en aguas que permite determinar contaminaciones presentes en aguas subterráneas por malos hábitos humanos y otras fuentes de contaminación natural.
- Agua líquida con una alta conductividad, superior a 5g/L, muestras con contaminaciones por alcoholes, hidrocarburos.

Se avanzó en la implementación y validación de metodologías analíticas en carbonatos, realizando la puesta a punto de la determinación de relaciones isotópica de $^{18}O/^{16}O$ y $^{13}C/^{12}C$ en carbonatos por medio de espectrometría de masas de relaciones isotópicas acoplada al sistema de tratamiento GasBench II (IRMS-GB) en aplicaciones paloambientales; dentro de estas pruebas se encuentra la investigación de metodologías sobre el tratamiento de muestras, condiciones instrumentales y tratamiento de los datos. Se trabajó en la implementación de la metodología la cual consiste en estandarizar las condiciones instrumentales y de muestra adecuadas para que los resultados

obtenidos sean confiables. Para lo cual se encontraron como condiciones del análisis las descritas en la siguiente tabla.

Cantidad de muestra	0.400 mg o 400 µg
Cantidad de Ácido fosfórico	3 gotas con una jeringa de 1 mL
Tiempo de purga	5 minutos aprox.
Temperatura plancha termostatada	72ºC
Tiempo de equilibrio termodinámico	2 horas aprox.

Posteriormente se avanzó en el plan de validación de metodologías conforme al formato F-LAB-PES-067 titulado "Plan de validación para la determinación de la Relación Isotópica de Carbono ($\delta^{13}C$) y Oxígeno ($\delta^{18}O$) en Carbonatos por medio del sistema de tratamiento GasBench II acoplado al Espectrómetro de Masas de Relaciones Isotópicas (IRMS)".

Se avanzó en la validación de la técnica, estudiando parámetros como linealidad, exactitud, veracidad, precisión, repetibilidad, precisión intermedia.

El laboratorio de datación U/Pb fue instalado en el año 2014 y ofrece sus servicios de datación de minerales a través de la técnica de datación U/Pb mediante espectrometría de masas de acoplamiento inductivo a plasma unido a Ablación laser desde el año 2015. Desde ese momento se ha participado en los diferentes proyectos de las Direcciones del Servicio Geológico Colombiano en donde se han datado a la fecha más de mil muestras. Esta técnica proporciona información de las heterogeneidades de un mineral, representando su historia de cristalización; esto es relevante en estudios petrogenéticos puesto que permite realizar interpretaciones sobre las condiciones fisicoquímicas del ambiente de formación y reconstruir la historia de un grupo de rocas relacionadas genéticamente, lo cual sería de utilidad para la definición de unidades, terrenos o provincias. Además, permite realizar estudios de prospección de minerales, conocer si las condiciones de formación son adecuadas para dar lugar a eventos mineralizantes, conocer los metales traza en solución en un fundido o conocer la afinidad composicional, es decir de que reservorio de la Tierra proviene. Se avanzó en las actividades necesarias para la puesta a punto del ICAP-Q-MS y se recibió entrenamiento en el software Qtegra para el manejo del equipo y en el hardware del equipo con el fin de poder realizar mantenimientos preventivos.



Instalaciones del Laboratorio Datación U/Pb

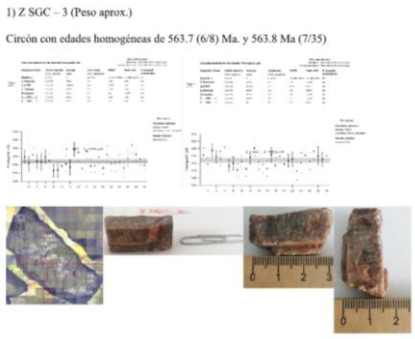
Durante el año 2019 se analizaron un total de **290** muestras (Aproximadamente **20000** ablaciones) para dataciones U/Pb en circones de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas para los diferentes proyectos tanto internos como externos de las direcciones del servicio Geológico Colombiano. Los principales proyectos a los cuales se les realizaron dataciones U/Pb fueron los siguientes:

1) Grupo de Estudios Especiales de Medellín: Proyecto magmatismo Jurásico Tolima y Planchas PL-166.
2) Geocronología de la Serranía del Perijá, Proyecto posdoctorado Alejandro Piraquive.
3) Gas Metano asociado a carbón área Macheta – Jenesano
4) Valle Medio del Magdalena – Dir. Hidrocarburos
5) Modelo Tectónico de Colombia (ensamble del bloque Choco) - Dirección de Geociencias básicas (Grupo de Tectónica):
6) Valle Superior del Magdalena
7) Mocoa dataciones U/Pb del monzogranito de Mocoa y socialización.

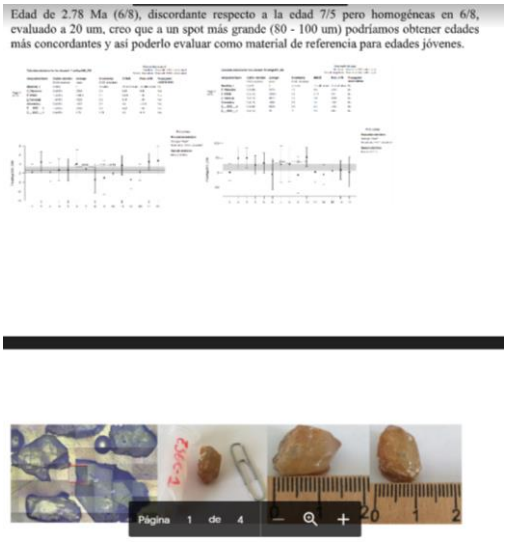
Se avanzó en la implementación de la datación U/Pb en otras matrices como Xenotimas, Calcitas, rutilos y otros minerales, se realizó la investigación de los materiales de referencia necesarios para la implementación de estas nuevas técnicas en el laboratorio de Datación U/Pb.

Además, se trabajó en la evaluación de posibles materiales de referencia internos para el laboratorio de Datación U/Pb en la matriz circón, los resultados se muestra a continuación:

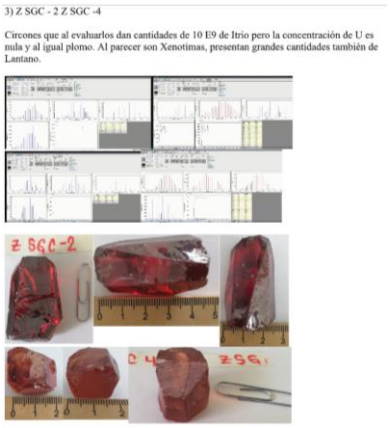
- **Z-SGC 3:** Para este material de referencia se encontraron concentraciones homogéneas de U y Pb y edades concordante, por lo cual se seguirá el estudio del mismo para que sea material de referencia interno del laboratorio.



- **Z-SGC 1:** Para este material de referencia se encontró que las concentraciones de U son homogéneas pero las concentraciones de Pb son bajas, por lo cual las edades son menores a 2 Ma. Las edades son discordantes debido al sistema 207/2035, pero si se trabaja con spost grandes se podría tener un posible material de referencia interno para edades menores a 4 Ma.

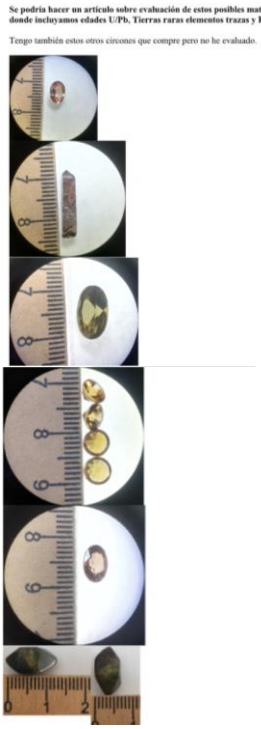


- **Z-SGC 2 y Z-SGC 4:** Para estos posibles circones y materiales de referencia internos, al analizarlos no se detectó U ni Pb en ninguno de los isotopos posibles, razón por la cual se descarta que sean circones y sea posible datarlos, por el contrario se encontró concentraciones elevadas de La e Y, por lo cual aparentemente serian xenotimas.



- **Otros posibles materiales de referencia internos:**

Se continuará con el análisis de posibles materiales de referencia internos:



Los materiales evaluados fueron Calcita, Xenotima y Titanita, los parámetros obtenidos para cada uno de los minerales fueron los siguientes:

Condiciones analíticas		Condiciones analíticas	
Zircón	Parámetros Láser	Xenotima	Parámetros Láser
Plesovice[1]: 337,13 ± 0,37 Ma. 91500[2]: 1065 ± 2,5 Ma.	Frecu.: 8 Hz Energía: 7 mJ Spot: **20 µm**	Plochwald[4]: of 315 ± 2 Ma.	Frecu.: 8 Hz Energía: 7 mJ Spot: **10 µm**
Condiciones analíticas		**Condiciones analíticas**	
Calcita	Parámetros Láser	Titanita	Parámetros Láser
WC-1[3]: 254.4 ± 6.4 Ma.	Frecu.: 8 Hz Energía: 7 mJ Spot: **100 µm**	McClure Mountain syenite[5]: 523.26±0.65 Ma.	Frecu.: 8 Hz Energía: 7 mJ Spot: **35 µm**

El laboratorio de Carbono-14 está destinado a determinar la edad de materiales que contienen carbono de máximo 50.000 años de edad, utilizando la técnica de datación por radiocarbono mediante espectrometría de centelleo líquido, lo cual tiene gran aplicación a la generación de conocimiento geocientífico en proyectos cuyas temáticas abarcan Cartografía de volcanes, Geotermia, Geoamenazas, y Vulcanología entre otras. El laboratorio a su vez es de utilidad en estudios arqueológicos, forenses, de gestión de recursos hídricos y análisis de contaminación por radioisótopos ambientales. El laboratorio es único en el país, siendo uno de los diez laboratorios dedicados a esta técnica en Latinoamérica. Cuenta con un Espectrómetro de Centelleo Líquido de ultra bajo nivel Wallac Quantulus 1220 (Perkin Elmer), que permite la medición de niveles bajos de emisiones α β, y una línea de síntesis de benceno (Atom Komplex Prylad) que permite transformar el carbono presente en la muestra en benceno para su posterior medición por centelleo.



Línea de Síntesis Datación por Radiocarbono

Durante el año 2019 se avanzó en la implementación de la técnica de datación por radiocarbono en el laboratorio. A principios de año se recibió la visita de la experta Ines Krajcar (Laboratorio de Medición de Baja Radiactividad, Zagreb), abordándose los siguientes tópicos de gran importancia para el desarrollo de la técnica: evaluación de equipos, materiales y recurso humano; desarrollo de metodologías de trabajo para el procesado de muestras desde la fase de muestreo hasta el tratamiento Físico-Químico, síntesis de benceno y medición por espectrometría de centelleo líquido; guía para puesta a punto de set up para geometrías de trabajo de medición; uso práctico de metodología para cálculo de edad Before Present (BP); uso de curvas de calibración (OxCal) para obtención de edad de calendario en base a edad BP; discusión de tópicos referentes a radiometría ambiental usando espectrometría de centelleo liquido (determinación de tritio y estroncio 90). Así mismo, se realizaron 4 simulaciones prácticas de cálculo de edad de una muestra madera carbonizada procedente de la quebrada El Espartillal, obteniéndose como resultado 4473 ± 186, 4727 ± 119, 4513 ± 92 y 4349 ± 83 años BP aumentando el número de ciclos por medición. Dichos valores son del mismo orden de magnitud que el valor obtenido en nuestro laboratorio para la misma muestra durante la visita del experto Vadim Skripkin (5100 ± 110 años BP), siendo destacable que los cálculos se realizaron utilizando las curvas de ajuste obtenidas en Zagreb.

A su vez, se ha optimizado el set up del espectrómetro de centelleo para una geometría de trabajo utilizando como centelleador mezcla de PPO/POPOP y se está culminando la optimización para otra geometría de trabajo usando butil-PBD. Para la primera geometría de trabajo se han obtenido las curvas de background y quenching, con coeficientes de correlación en el ajuste a regresión lineal cercanos a 1, lo que demuestra la linealidad del proceso de medición. También se ha evaluado el error asociado a la medida frente al tiempo de medición concluyendo que la incertidumbre se mantiene prácticamente constante a partir de las 40 h de medición de la muestra, arrojando un error aceptable para dicho tiempo de medición. Para la segunda geometría de trabajo,

se ha completado la caracterización de los viales Perkin Elmer de tres cuerpos, observándose que el parámetro Standar Quenching Parameter (SQP) es claramente dependiente del vial. De los 30 viales disponibles en el laboratorio, solamente 15 presentan un SQP adecuado para la correcta medición por centelleo líquido. A su vez se ha estimado la concentración óptima de centelleador mediante la evaluación de diferentes disoluciones de butil PBD en benceno de contenido nulo en Carbono-14 a diferentes concentraciones (5, 10, 15, 20 y 25 mg/g). Se observó el menor nivel de Quenching (mayor SQP) para las concentraciones 10 y 15 mg/g, fijándose la concentración óptima en 10 mg/g, disminuyéndose de esta manera un tercio el gasto en centelleador. Igualmente se realizó la medición de varias muestras de benceno de elevada y nula actividad exponiendo la muestra a la fuente externa durante 1, 2 y 5 minutos, determinándose que, con 5 minutos de exposición, la dispersión de los valores de SQP por ciclo disminuía a la mitad respecto a la dispersión para 1 y 2 minutos de exposición. También se han evaluado los decaimientos de diferentes lotes de benceno procedente de antracita y estándar AKP, obteniéndose conteos por minuto prácticamente idénticos, lo cual demuestra la robustez y reproducibilidad de la metodología implementada en el laboratorio.

Durante este periodo se han realizado un total de 22 tratamientos Físico-Químicos y 23 síntesis de benceno a 18 muestras de carbón, madera y sedimento, muestras datadas con anterioridad, disponibles en el laboratorio; con el fin de adelantar la obtención de benceno con el fin de comenzar con el ejercicio de intercomparación interno una vez el set up del equipo para la geometría de trabajo esté optimizado. Igualmente se ha optimizado la preparación de oxalato cálcico y la síntesis de benceno partiendo de dicho compuesto, como aproximación a la obtención de benceno partiendo del estándar primario NIST CRM 4990C (ácido oxálico) y se han realizado un total de 16 síntesis de benceno partiendo de muestras de estándar secundario y antracita, para su incorporación como muestras control y background respectivamente en cada serie de medición. Otro de los logros durante este período fue la implementación de un catalizador de óxido de vanadio durante la síntesis de benceno, mejorando en 20 % la velocidad de catálisis, con rendimientos ligeramente superiores de obtención de benceno, pudiéndose obtener casi cinco veces más benceno por lote, que con el catalizador de óxido de cromo antes de su agotamiento.

El laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) presta servicios a las diferentes direcciones dentro de la estructura organizacional del SGC y tmabién genera conocimiento científico por medio de cooperaciones y trabajos conjuntos con estas direcciones. El SEM realiza actividades encaminadas a resolver inquietudes geológicas particulares en las que otras técnicas no tienen competencia: Obtención de imágenes de catodoluminiscencia (CL) en circones para su posterior Datación U/Pb por la técnica de Laser Ablation, obtención de imágenes de CL para estudios de procedencia y diagénesis en rocas sedimentarias de carácter clástico, adquisición de imágenes de alta resolución

para estudios morfológicos en minerales, microfósiles y otros componentes de tamaño inferior al límite de resolución del microscopio óptico polarizado, adquisición de análisis composicionales EDS enfocados a la identificación de componentes y minerales en rocas y sedimentos (entre otros tipos de muestras), adquisición de análisis composicionales EDS para la determinación de minerales que contienen elementos de interés en proyectos específicos de exploración y prospección, así como la caracterización de la asociación mineral relacionada a la ocurrencia de tales minerales, entre otras muchas aplicaciones de la microscopía electrónica de barrido. Tradicionalmente el análisis más solicitado al SEM ha sido la adquisición de imágenes de CL en circones, puesto que el desarrollo de análisis del laboratorio de Datación U/Pb depende directamente de la ejecución de esta primera etapa; sin embargo se ha venido registrando un crecimiento progresivo en las solicitudes para análisis relacionados a las otras aplicaciones ofrecidas por el SEM, anteriormente relacionadas. En el marco del proyecto Consolidación del Centro de Datación durante el año 2019 se analizaron un total de 323 muestras, incluyendo concentrados de circones en montajes tipo probeta, otros concentrados minerales en probeta, muestras de roca en sección delgada pulida, muestras de rocas en montajes tipo probeta y fragmentos de roca o fragmentos minerales en montajes tipo stub. Tales análisis de 4250 imágenes adquiridas (SED, BED y CL/CL policromática), además de 1392 resultados de análisis EDS, entre espectros y mapas composicionales.



Instalaciones del Laboratorio de Microscopia Electrónica de Barrido

Por medio de la adquisición del Microscopio Electrónico de Barrido marca JEOL, modelo JSM-IT300LV, se obtuvo la configuración del equipo con detector de electrones secundarios (SED), detector de electrones retrodispersados (BED), detector pancromático de catodoluminiscencia (CL) y un espectrómetro de dispersión de energía de rayos X (EDS) para análisis composicionales. Tal configuración permite la adquisición

de imágenes con las cuales se puede determinar la topografía de la muestra (imágenes de SED), las variaciones composicionales en la muestra (imágenes BED), las variaciones en la luminiscencia al interior de los minerales (imágenes de CL) y además los análisis composicionales EDS permiten establecer la composición elemental de los constituyentes de la muestra.

Se avanzó en la implementación de imágenes con el detector policromático de CL marca Gatan, modelo ChromaCL2 iBSED, que permite ampliar el espectro de aplicaciones para técnica de catodoluminiscencia, útiles en estudios mineralógicos, estudios de diagénesis en rocas sedimentarias, análisis relacionados a la exploración de hidrocarburos, análisis de procedencia del cuarzo dirigidos a complementar estudios de procedencia basados en geocronología, entre otros. Al respecto de esta implementación, en agosto de 2019 fue desarrollada una nueva sesión de entrenamiento en el funcionamiento del detector de CL policromática ChromaCL2 iBSED por parte del fabricante GATAN, en cabeza del Ingeniero Joel Casper.

Se recibió la notificación de aceptación del trabajo “Contribución al diagnóstico de la actividad del Volcán Nevado del Ruiz entre los años 2012 y 2019, a partir de la caracterización composicional y morfológica de partículas de emisión de ceniza” en la modalidad de presentación oral preliminarmente para el 07 de noviembre de 2019. El comité científico del primer Congreso ALVO “Volcanología en y para Latinoamérica” de la Universidad Católica del Norte, Antofagasta – Chile envío la notificación el 22 de septiembre. Sin embargo, por cuenta de problemas sociales que afectan actualmente al país anfitrión del evento, el comité organizador decidió aplazar el evento para la última mitad del mes de marzo de 2020, así que se está a espera de la reprogramación de la nueva fecha para la presentación oral del trabajo aceptado por el primer Congreso ALVO.

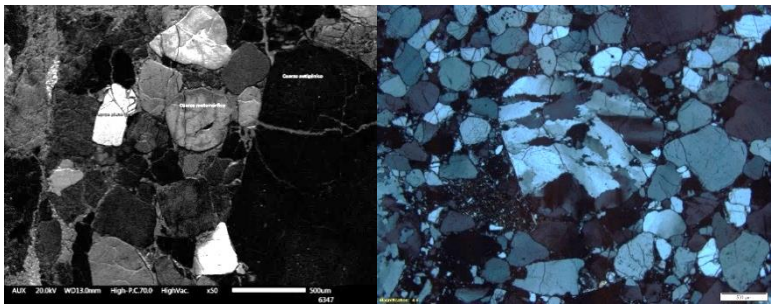
Adicionalmente, el equipo del proyecto “Contribución al diagnóstico de la actividad del Volcán Nevado del Ruiz entre los años 2012 y 2019, a partir de la caracterización composicional y morfológica de partículas de emisión de ceniza” se encuentra organizando, procesando y analizando una gran cantidad de información resultado de la adquisición de imágenes SED/BED, y de resultados de los análisis semicuantitativos EDS realizados a fragmentos de vidrio y minerales de las muestras de ceniza escogidas en el marco del proyecto, definiendo el material ser incluido en el artículo científico que se encuentra actualmente en preparación para su respectivo sometimiento al Journal of Volcanology and Geothermal Research, publicación que de forma preliminar se tiene como objetivo.

Se avanza en el proceso de investigación de hidrocarburos con el objetivo de realizar análisis SEM encaminados a la caracterización de yacimientos no convencionales en unas cuencas prospectivas particulares. Tal caracterización se orienta a muestras tipo shale

en donde se puede observar porosidad, canales, microfracturamiento, entre otros. Proyecto que se está creando en conjunto con la Dirección de Hidrocarburos.

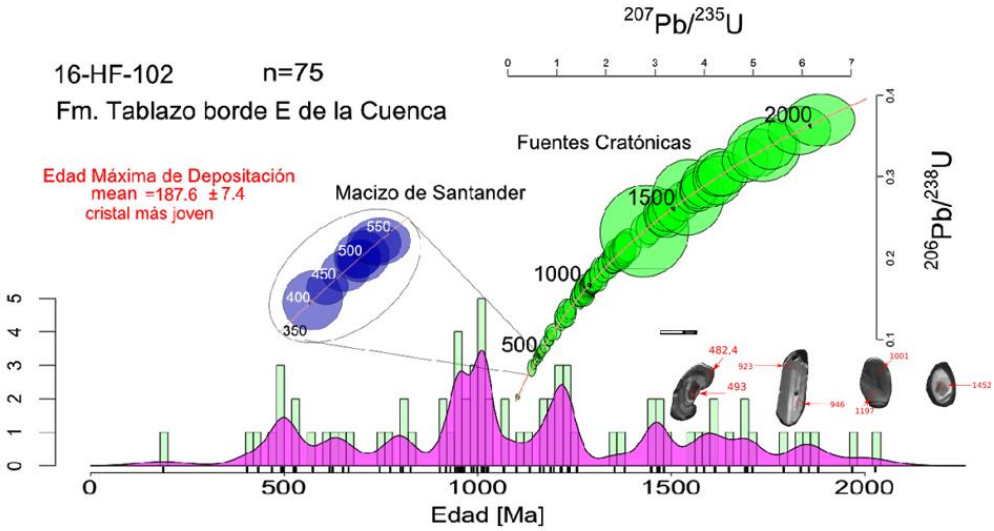
El laboratorio de Termocronología - Huellas de Fisión utiliza está técnica en diversos estudios relacionados a evolución de cinturones orogénicos y análisis de cuencas sedimentarias. Esta técnica de datación se basa en la fisión espontánea del ^{238}U que se encuentra en cantidades menores dentro de la estructura de minerales como el circón y el apatito. La importancia que representa la obtención de resultados de dataciones mediante el método de huellas de fisión, permite realizar interpretaciones acerca de la evolución geológica del país, lo que conlleva a la producción de información estratégica de alto nivel en el campo de ciencia y tecnología, puesto en la actualidad es indispensable contar con este tipo de información en la prospección de recursos y en la evaluación de amenazas por eventos naturales.

Se realiza la entrega de producto finalizado con la Dirección de Recursos Minerales en el Proyecto de gas metano asociado al carbón, con el informe "Estudio de la evolución térmica desde el punto de vista sedimentológico, estructural y termocronológico de la formación Guaduas". Donde caracterizan las distintas unidades mediante distintas técnicas de reflectancia de vitrinita, análisis diagenéticos por medio de petrografía, SEM y CL, isotopos estables sólidos en C, análisis físico-químicos en carbón. Enfocado a la prospectividad del gas.



Imágenes de catodoluminiscencia e imágenes de petrografía de luz transmitida.

Se realiza la entrega del producto finalizado con la dirección de Hidrocarburos, en el proyecto “Geocronología U-Pb para análisis de procedencia” enfocado en análisis Geocronológicos de rocas de basamento y de varias de las secuencias basales del jurásico, así como las rocas de interés como las Formaciones cretáceas de Tambor (Fm. Los Santos), Tablazo y la Luna. Analizando una evolución paleogeográfica donde se establece las posibles fuentes a distintos periodos de tiempo.



Diagramas de concordia Wetheril, estimados de densidad Kernel, e histogramas de circones detríticos obtenidos de las rocas sedimentarias de la Formación Tablazo.

Se realizó la presentación del curso "*Introduction to low_temperature thermochronology, petrochronology, petrology, geochemistry and geophysics in resource exploration*" dictado por expertos de la Universidad de Grenoble Alpes, Universidad Nacional de Colombia y Servicio Geológico Colombiano.



Folleto del Curso dictado en las instalaciones del Servicio Geológico Colombiano.

De igual manera, se aceptó el artículo en la revista Ore Geology Reviews enfocado en estudios Geo-Termocronológicos categorizada como A1, disponible el 13 de Julio de 2019, Esfuerzo mancomunado de la universidad de Grenoble Alpes, la universidad

nacional de Colombia y personal del Servicio Geológico Colombiano de la Dirección de Asuntos Nucleares, así como de la Dirección de Recursos Minerales. Ver link

(https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169136818306164)

Actualmente se encuentran un total de 82 muestras entre apatitos y circones listas para ser irradiadas, el siguiente listado relaciona los proyectos correspondientes a cada irradiación:

El Análisis por Activación Neutrónica Instrumental (AANI) es un método de análisis químico multielemental que envuelve dos procesos físicos independientes: excitación nuclear y medida de la radiación inducida. La excitación de la muestra se da por medio de la exposición a un alto flujo de neutrones, que produce una reacción nuclear de captura neutrónica, dejando el núcleo en un estado excitado. Después se produce una emisión de radiación gamma, que se mide e identifica con detectores semiconductores apropiados.



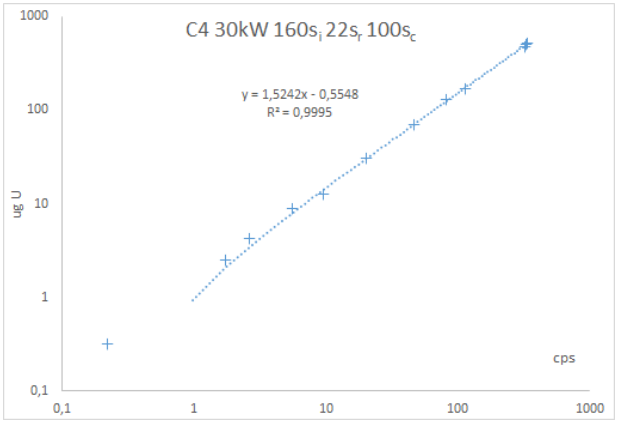
Instalaciones del Laboratorio de Análisis por Activación Neutrónica - LAAN

El LAAN continuó con las actividades de implementación de la técnica de análisis de Neutrones Retardados para la determinación de Uranio y Torio en muestras geológicas. Se ajustó la cadena electrónica incluyendo el temporizador 2071A para disparo con cable externo, se prepararon blancos con el fin de evaluar el comportamiento del sistema neumático y la contención del rabbit de irradiación, se realizó la irradiación de 9 muestras reales con el fin de caracterizar y optimizar el sistema de detección. Se fabricó

una herramienta para el cierre y apertura de rabbits. Se midieron los niveles de radiación y dosis ocupacional durante la irradiación de muestras.

Adicionalmente se determinó la eficiencia y el desempeño del sistema de medición mediante el uso de una fuente de Cf-252. Se realizaron mejoras en el montaje de medición de los neutrones implementado tapones de parafina. Se realizó la evaluación parcial del proceso de optimización de la práctica incluyendo eficiencia, respuesta y dosis.

A continuación se presenta la curva de eficiencia para determinación de uranio bajo los parámetros operacionales óptimos:



Curva de Eficiencia para la Determinación de Uranio

Se realizó el estudio de interferencia de torio en la determinación de uranio y se determinó que es posible bajo condiciones operacionales, usando sal de cadmio, discriminar Uranio y torio para obtener simultáneamente la composición de estos dos elementos en muestras sólidas pulverulentas.

Adicionalmente, en el LAAN se ha avanzado en los siguientes frentes: Desarrollo de la metodología de cálculo para AANI mediante plantillas de MS Excel para la determinación de fracción de masa en irradiaciones mediante el sistema neumático de transferencia de muestras. Se realizó la preparación, irradiación y análisis de muestra del ejercicio intercomparación del OIEA PTNATIAEA/16 para una muestra de Grano de cereal.

Finalmente, el LAAN continúa vinculado a los siguientes proyectos:

Consolidación del Centro de Geocronología mediante el análisis de muestras de suelos.

Proyecto NORM: caracterización de muestras de suelos recolectadas en Samaná (Caldas) para determinación de Radionúclidos de Ocurrencia Natural (TENORM) y tecnológica (TENORM) asociados a las fases de exploración, explotación y cierre de los proyectos de aprovechamiento de recursos minerales.

Investigación y Exploración de Recursos Minerales Energéticos: caracterización de muestras de suelos de la región del Tesalia (Huila), San José del Guaviare y Supía (Caldas).

Se avanzó en los análisis de AAN de 70 muestras de Sienita Nefelínica y rocas de la formación de San José del Guaviare.

Se avanza en la adquisición de un sistema de espectrometría gamma con detector de germanio Hiperpuro de baja eficiencia para el análisis de radionúclidos de periodo corto por activación neutrónica y los estudios previos para la adquisición de un sistema de conteo de neutrones retardados para la determinación de Uranio y Torio en muestras geológicas.

Se llevaron a cabo irradiaciones de neutrones retardados en puesta a punto de parámetros con Cadmio en el marco de las actividades de avance de validación Continuación con las actividades de optimización de la técnica de análisis de Neutrones Retardados para la determinación de Uranio y Torio en muestras geológicas, mediante la irradiación de materiales de referencia de Uranio y Torio RGTh-1 y RGU-1 4 para irradiación y conteo de neutrones retardados.

Finalmente el LAAN continua participando en el proyecto: Uso de técnicas analíticas nucleares para el estudio de la emisión y la recepción de material particulado atmosférico por parte de los grandes centros urbanos de América Latina y el Caribe ARL 273-ARCAL-IAEA, con el fin de hacer un convenio con la institución científica contraparte por Colombia en el IAEA Politécnico Jaime Isaza Cadavid-PJIC, a través del Grupo de Investigación en Higiene y Gestión Ambiental, para la participación en el proyecto ARCAL/ Contaminación Atmosférica.

Respecto al Proyecto NORM, se realizaron mesas de trabajo para el proyecto NORM-TENORM para trabajar en un convenio Ecopetrol ® y el SGC liderado por la Dirección de Asuntos Nucleares, buscando el desarrollo de una línea base radiométrica y sus respectivos instructivos base para los proyectos piloto de investigación sobre fracturación hidráulica (también conocido como “fracking”). Adicionalmente se propuso la estructura de un repositorio institucional con información bibliográfica sobre NORM-TENORM.

Se avanzó en dar continuidad al proyecto ejecutado en el año de 2017, realizando la comisión para los municipios de Pesca, Iza y Firavitoba en el departamento de Boyacá,

estos fueron seleccionados por su abundante actividad minera en fosfatos, carbonatos, arenitas asfálticas, arenitas blancas, riolita y puzolana, adicionalmente por la relación espacial entre sus caudales principales (río Pesca y río Tota en Iza, los cuales confluyen en el río Chiquito de Firavitoba) junto con sus suelos de vocación agro-pastoril y focalmente industrial donde la intervención antrópica puede incrementar la emisión de materiales radiactivos de ocurrencia natural tecnológicamente modificados. Se realizó la planeación de la comisión como un ejercicio de experimentación sobre la metodología de adquisición de muestras y la capacidad de procesamiento en las instalaciones de la Dirección Técnica de Asuntos Nucleares, buscando también revisar las metodologías de muestreo vigentes, la capacidad y resolución de equipos portátiles en campo, la distribución de materiales radiactivos de origen natural en roca, suelo, agua y sedimento, los criterios de selección y representatividad de la malla o puntos de muestreo, y finalmente, con el propósito de desarrollar una línea base radiométrica preliminar para la terna municipal explorada.

Proyectos en geocronologia y termocronología institucionales y con otras entidades se tienen las siguientes:

I. Geocronología de la Serranía del Perijá (estancia post doctoral realizada en conjunto por el SGC y COLCIENCIAS):

- **Actividades:** se realizó la segunda campaña de muestreo donde se recolectaron 60 muestras para diversos análisis proyectados (GEOCRONOLOGÍA, TERMOCRONOLOGÍA, ISOTOPOS ESTABLES, PETROGRAFÍA, GEOQUÍMICA POR ACTIVACIÓN NEUTRÓNICA), con los primeros resultados de edades de las series del Perijá. Montaje, pulido y adquisición de imágenes SEM de 3 probetas (10 muestras) para análisis U-Pb.
- **Productos:** Primer informe técnico de avance de programas y proyecto CTeI, donde se muestras los primeros resultados de la investigación (SGC-COLCIENCIAS). Reducción de datos, generación de gráficas y tablas de probetas del proyecto. Envió de muestras para geoquímica por activación neutrónica. Envió de muestras para sección delgada.

II. Gas Metano asociado a carbón área Macheta – Jenesano

- **Actividades:** Ejecución análisis de petrografía y adquisición de imágenes de catodoluminiscencia para interpretaciones de diagénesis. Avance del informe.
- **Productos:** Entrega de producto finalizado con la dirección de recursos minerales con el grupo de gas metano asociado al carbón, con el informe "Estudio de la evolución térmica desde el punto de vista sedimentológico, estructural y termocronológico de la formación Guaduas". Donde caracterizan las distintas unidades mediante distintas técnicas de reflectancia de vitrinita, análisis diagenéticos por medio de petrografía, SEM y CL, isotopos estables sólidos en C, análisis físico-químicos en carbón. Enfocado a la prospectividad del gas.

Socialización del estudio entregado al grupo de gas metano asociado al carbón en el mes de septiembre.

III. Valle Medio del Magdalena – Dir. Hidrocarburos

- **Actividades:** se realizaron presentaciones de avance de resultados para el grupo de hidrocarburos, sobre la culminación de todas las dataciones U/Pb programadas para el proyecto.
- **Productos:** Entrega de producto finalizado con la dirección de Hidrocarburos, en el proyecto "GEOCRONOLOGÍA U-Pb PARA ANÁLISIS DE PROCEDENCIA" enfocado en análisis Geocronológicos de rocas de basamento y de varias de las secuencias basales del jurásico, así como las rocas de interés como las Formaciones cretáceas de Tambor (Fm. Los Santos), Tablazo y la Luna. Analizando una evolución paleogeográfica donde se establece las posibles fuentes a distintos periodos de tiempo. Socialización en el Congreso Colombiano de Geología XVII y preparación del manuscrito de articulo en revista indexada

IV. Modelo Tectónico de Colombia (ensamble del bloque Choco) - Dirección de Geociencias básicas (Grupo de Tectónica):

- **Actividades:** Realización de un diseño de muestreo en las siguientes transectas**:** Dabeiba- SantaFe de Antioquia, Uramita- Peque, SantaFe de Antioquia-Caicedo, SantaFe de Antioquia-San José de la Montaña. Búsqueda bibliográfica y recopilación de dataciones radiométricas pre-existentes.

V. Valle Superior del Magdalena

- **Actividades:** datación de las ultimas 3 probetas faltantes par la culminación de los análisis requeridos.
- **Productos:** reducción de datos U-PB y generación de gráficos de las distintas unidades del Grupo Oliní, a la espera de reunión técnica para culminar con la entrega final del informe consolidado. "Análisis de proveniencia del grupo Olini"

VI. Mocoa

- **Actividades:** Actualmente se entregaron resultados U/Pb y se recibieron muestras irradiadas para continuar con los estudios de Huellas de Fisión para ser analizadas por el laboratorio de Termocronología.
- **Productos preliminares:** Entrega de un reporte de avance y entrega de resultados finales de dataciones U/Pb del monzogranito de Mocoa y socialización.

VII. Ensayos de irradiación

- **Actividades:** Reunión técnica con el grupo de Reactor Nuclear, para definir avances respecto a irradiaciones para huellas de fisión, de la cual se procedió a realizar ensayos con muestras de circones en gradilla y de forma paralela se

seguirá evaluando el flujo en posiciones fuera del núcleo. Se pretende continuar con los ensayos para optimizar los tiempos de irradiación

- **Productos:** Informe con resultados detallados. Adecuación de apatitos y circones para llevar a cabo nuevos ensayos con irradiaciones. Socialización con el grupo del reactor, mostrando las limitaciones del reactor nuclear en cuento al análisis de huellas de fisión

VIII. Cordillera Central

- **Actividades:** Acuerdo de trabajo para el proyecto de Cordillera Central, se plantea estudio a 3 años se elabora acta definiendo alcances a 2018; posteriormente se envió respuesta técnica al grupo de Mapa Geológico, para establecer acuerdo de trabajo para el proyecto de Cordillera Central, se plantea estudio a 3 años, a partir de actividades 2018. actualmente se encuentran en fila para ser datadas 9 probetas para este proyecto.
- **Productos:** se realizaron dataciones de 6 probetas, reducción de datos y entrega de informes.

IX. Caracterización composicional y morfológica de partículas de emisión de ceniza del Volcán Nevado del Ruiz en el contexto del Proyecto Diagnostico de la Actividad Volcánica del Grupo de Geología de Volcanes de la Dirección de Geoamenazas.

- **Actividades:** Durante el tercer trimestre de 2019 se realizó la adquisición global de imágenes de electrones secundarios (BED) y electrones retrodispersados tipo composicional (BED-C), así como análisis composicionales EDS (espectros y mapas) en fragmentos de vidrio volcánico y cristales de minerales incluidos en montajes de probeta para un total de 106 muestras de emisiones de ceniza del Volcán Nevado de Ruiz. Con esta última actividad se dio cierre a la etapa analítica del proyecto en el mes de junio del año en curso.
- **Logros:** El trabajo titulado “Contribución al diagnóstico de la actividad del Volcán Nevado del Ruiz entre los años 2012 y 2019, a partir de la caracterización composicional y morfológica de partículas de emisión de ceniza” fue recibido satisfactoriamente por el comité científico del primer Congreso ALVO “Volcanología en y para Latinoamérica” de la Universidad Católica del Norte, Antofagasta – Chile. A la fecha aún se encuentra en etapa de revisión.
- **Productos:** Totalidad de imágenes de SED y BED-C y reportes de análisis composicionales (espectros y mapas) para 106 muestras correspondientes a fragmentos de vidrio volcánico y cristales de minerales en montaje de probeta. Se cerró la etapa analítica del proyecto en el mes de junio de 2019.
-

X. Caracterización de las areniscas de las unidades litoestratigráficas cretácicas de la Cordillera Oriental por medio de CL en montajes tipo sección delgada pulida en el

contexto del Proyecto Gas Metano Asociado al Carbón de la Dirección de Hidrocarburos.

- **Actividades:** Adquisición de imágenes de SED, BED y CL de los clastos de cuarzo y las zonas de cementación dentro de las secciones delgadas de las muestras de las unidades cretácicas muestreadas, así como elaboración de análisis EDS para resolver interrogantes surgidos durante la etapa de petrografía. Tratamiento de imágenes y resultados analíticos.
- **Logros:** Cumplimiento en entrega de informe final "Estudio de la Evolución Térmica desde el Punto de Vista Sedimentológico, Estructural y Termocronológico de la Formación Guaduas" para la Dirección de Hidrocarburos en relación al Proyecto Gas Metano Asociado al Carbón (09/05/2019).
- **Productos:** Entrega del informe SEM 125 con los resultados de los análisis realizados a 6 secciones delgadas de las unidades litoestratigráficas cretácicas para ser incluidos en el informe final del proyecto "Estudio de la Evolución Térmica desde el Punto de Vista Sedimentológico, Estructural y Termocronológico de la Formación Guaduas".

Resultados de la Estancia Posdoctoral Evolución Cortical de la Serranía del Perijá y su Papel en la Consolidación del Margen Continental Colciencias-SGC

Este proyecto de investigación dio inicio en el año 2019 en el marco de una estancia Post-Doctoral financiada por la convocatoria 784 de 2017 de COLCIENCIAS y el Servicio Geológico Colombiano. Este Proyecto ha sido liderado por el Dr. Alejandro Piraquive, quien ha desarrollado su trabajo investigativo en la región Caribe de Colombia en los Macizos de la Sierra Nevada de Santa Marta y la Alta Guajira. De esta manera el Estudio de la Serranía del Perija, nos acerca a la elaboración de una síntesis regional que permite definir los parámetros que controlaron la evolución tectónica del margen Caribeño Colombiano, el estilo tectónico, la paleogeografía derivada del estudio de asociaciones litológicas de las unidades de basamento y cobertera y su relación con el bloque Nor-Andino en su estado actual, que esperamos publicar en el transcurso del año 2020.

Es importante añadir que es la primera vez que se conduce un estudio de este tipo bajo la modalidad de estancia Post-doctoral en el Servicio Geológico Colombiano, y promete ser un mecanismo eficiente para la vinculación de personal calificado a la institución mediante la incorporación de recursos de la nación adquiridos en convocatorias de libre participación.

El objetivo principal de esta investigación ha sido: "Examinar la evolución cortical de la Serranía del Perijá en vista de su papel en la consolidación del margen continental Paleozoico de Gondwana, y el posterior colapso del margen durante la disgregación de

Pangea y su transformación a un margen activo durante el Mesozoico temprano, mediante un análisis multitemporal basado en geocronología U-Pb de circones".

Para este fin se definieron tres temas principales que se enumeran a continuación:

- Tema 1: Consolidación del margen continental durante el Paleozoico:
- Tema 2: Sedimentación de plataforma del Paleozoico tardío al Cretácico temprano:
- Tema 3: Colapso del margen continental durante la disgregación de Pangea y transición a un margen activo:

Los resultados preliminares de este estudio nos muestran que los sedimentos del Paleozoico y Mesozoico temprano incorporan siempre cristales magmáticos cuyas edades son contemporáneas a las edades de sedimentación de acuerdo al registro bioestratigráfico, permitiendo plantear un modelo evolutivo según el cual, en el margen continental se ha desarrollado un orógeno de tipo cordillerano al menos desde el Paleozoico temprano, evidenciado por la persistencia de cristales magmáticos en los sedimentos de diferentes edades, provenientes de un arco magmático continental contemporáneo al desarrollo de cuencas marinas cuya actividad intermitente ha sido gobernada principalmente por variaciones en la subducción. Por lo tanto, nuestros resultados evidencian el retrabajamiento del margen continental del bloque Nor-Andino mediante el desarrollo de arcos magmáticos sucesivos, en contraste a otros modelos que presumen principalmente la acreción de terrenos.

Este tipo de interpretaciones son sumamente importantes para la evaluación del potencial de recursos minerales y energéticos de la región, pues contraponen escenarios ampliamente distintos. Las dataciones realizadas en rocas detríticas a su vez son un insumo que alimentara la base de datos del BIP, de la misma forma que las dataciones obtenidas en las rocas cristalinas se constituyen en valiosa información para el estudio de sistemas mineralizados en la región: especialmente ocurrencias sub-economicas de cobre y oro, así como también para estudios de "source to sink" en los sedimentos con potencial de generación de hidrocarburos (Fm. La Luna) y yacimientos de carbón (Fm. Cerrejón) entre otros.

Se proyecta que este tipo de asociaciones MINCIENCIAS & SGC serán claves para el desarrollo de proyectos de investigación de nuevas áreas estratégicas para la adquisición de conocimiento geocientífico, en vista de las nuevas posibilidades en un contexto del post-conflicto, que permita reconocer los recursos naturales y su posible aprovechamiento en el marco de un desarrollo sostenible en equilibrio con las comunidades y el medio ambiente, de acuerdo también las necesidades del programa de investigación en Geociencias básicas cuyas funciones son: El desarrollo de políticas, planes, programas y proyectos en materia de investigación geocientífica básica regional. Dirigir y realizar las investigaciones para conocer y caracterizar la evolución, la

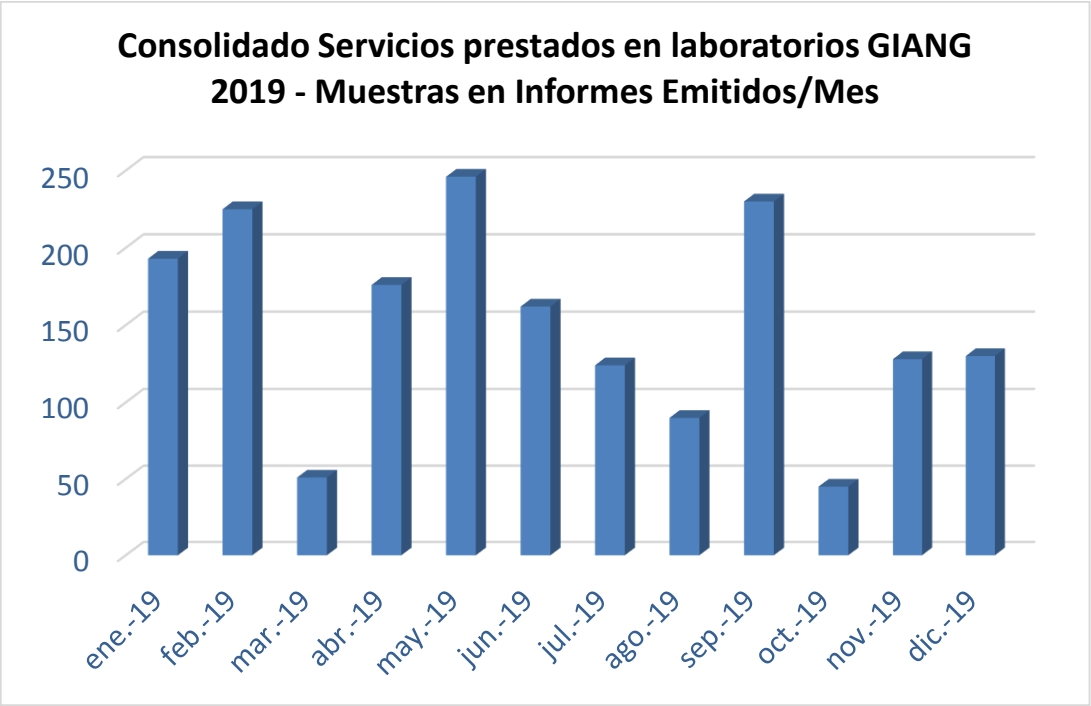
composición y los procesos que determinan la actual morfología, estructura y dinámica del subsuelo colombiano. Así mismo la vinculación de investigadores Post-doc estudiantes de maestría y pregrado serán clave para la formación de talento humano desarrollo de proyectos y programas en ciencia y tecnología dentro del SGC y el fortalecimiento de vínculos con el sector académico e industrial.

PROYECTO SERVICIOS DE ENSAYO TÉCNICAS NUCLEARES, RADIACTIVAS E ISOTOPICAS-GIANG

Los servicios realizados en geocronología e isotopía realizados a septiembre de 2019 de la Dirección de Asuntos Nucleares, de los laboratorios de microscopia electrónica de barrido, isotopos estables en muestras sólidas, isotopos estables en muestras liquidas y laboratorio de Datación Uranio-Plomo, se presentan en la tabla descrita a continuación.

Tabla 3. Servicios realizados por los laboratorios de geocronología e isotopía a Diciembre de 2019

	Microscopia Electrónica de Barrido	**Datación U/Pb**	**LIES**	**LAIE**	**TOTAL**	***Acumulado 2019***
ene-19	-	61	-	132	193	
feb-19	67	18	-	140	225	*418*
mar-19	-	30	3	18	51	*469*
abr-19	131	4	-	41	176	*645*
may-19	61	15	38	132	246	*891*
jun-19	134	20	-	8	162	*1053*
jul-19	42	41	-	41	124	*1177*
ago-19	42	48	-	-	90	*1267*
sep-19	18	27	-	185	230	*1497*
oct-19	18	9	18	-	45	*1542*
nov-19	10	-	24	94	128	*1670*
dic-19	30	45	-	55	130	*1800*
	553	318	83	846	1800	



1.1 Grupo de trabajo Reactor Nuclear (GRN)

Durante 2019, el equipo de trabajo del Reactor Nuclear de Investigación IAN-R1, después de arduas jornadas de trabajo, caracterizadas por el rigor técnico de sus integrantes, exhibe como principal logro la obtención de la Licencia de Operación IANR1-012, para la vigencia de 20 de noviembre de 2019 a 19 de noviembre de 2024, otorgada por el Ministerio de Minas y Energía (MINENERGÍA), en su calidad de Autoridad Reguladora Nuclear Nacional. Esta autorización permite, desde el punto de vista regulatorio, garantizar la operación segura de esta importante instalación y el despliegue continuo de los usos pacíficos de la ciencia y de la tecnología nuclear que allí se realizan, articulado con las demás instalaciones de similar naturaleza en el SGC y en el país. Aquí cabe destacar el involucramiento del reactor con el GIANG, en cuanto al aprovechamiento de los flujos normalizados de neutrones provenientes de la instalación, en las aplicaciones de caracterización de materiales (rocas, suelos, sedimentos, minerales, entre otros) y en la datación de los mismos.

Como actividad rutinaria se atendió la visita de salvaguardias de expertos OIEA, en cumplimiento de los tratados, acuerdos y convenios suscritos por el Estado Colombiano sobre no proliferación y uso pacífico seguro de los materiales nucleares. Otra actividad periódica fue la organización y revisión de compromisos de las sesiones del Comité de Seguridad del RNI-IAN-R1, efectuadas en marzo octubre y diciembre de 2019, con la

asistencia de los integrantes nacionales (Dr. Ernesto Villarreal y Dr. Anselmo Puerta) e internacionales (Dr. Javier Palacios, Director del ININ) previstos.

En este orden de ideas, cabe recordar que nuestra entidad (SGC) en su Plan Estratégico Decenal del Conocimiento Geológico (2014 a 2023), establece como metas para el Reactor Nuclear de Investigación IAN-R1, las relacionadas con:

- la garantía de operación continua,
- el fomento en la implementación de aplicaciones nucleares tales como: el análisis por activación neutrónica (AAN), la datación de materiales geológicos mediante huellas de fisión, la caracterización de minerales con potencial energético mediante el análisis por neutrones retardados y,
- el estudio en la viabilidad de producción de radioisótopos para usos diversos (hidrología, explotación de hidrocarburos, estudio de fertilidad de suelos, estudios ambientales, entre otros).

Una vez obtenida la licencia de operación 2019-2024 (Licencia IANR1-012), en garantía de la continuidad de la operación segura de la instalación, se han logrado importantes avances en la adquisición de habilidades, destrezas y competencias técnicas por parte del equipo de trabajo asignado a esta dependencia. En cumplimiento de esta premisa se han fortalecido las capacidades de roles múltiples, donde se ha avanzado en la actual vigencia en la formación y la consecuente autorización de Supervisores, Oficiales de Protección Radiológica, Operadores y Responsables de Mantenimiento, todo ello con la finalidad de mantener una operatividad permanente de esta importante instalación científica y tecnológica singular en nuestro país, constituyéndose en el único reactor nuclear de investigación de la nación colombiana, disponible para todas las comunidades científicas relacionadas que en asocio con el SGC, aborden las actividades de generación de nuevo conocimiento en ciencias nucleares y en geociencias.

De manera continua se garantiza la operación segura de la instalación mediante la ejecución rutinaria de los siguientes programas técnicos de trabajo:

- Capacitación, entrenamiento y reentrenamiento.
- Vigilancia radiológica ambiental.
- Mantenimiento preventivo.
- Calibración de instrumentos.
- Protección radiológica.
- Verificación de equipos y sistemas.

Cada uno de los precitados programas conlleva la ejecución de una serie de actividades (documentadas, registradas y evidenciadas), que se desarrollan bajo los principios básicos de Protección y Seguridad de la instalación, sus trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOE´s), el público en general y el medio ambiente. En cabal cumplimiento de estos programas durante esta vigencia se realizó una operación segura de la instalación,

registrándose en la siguiente gráfica el panorama de operación, donde se espera de manera progresiva, pero sostenible, aumentar las capacidades y la utilización de la instalación nuclear.

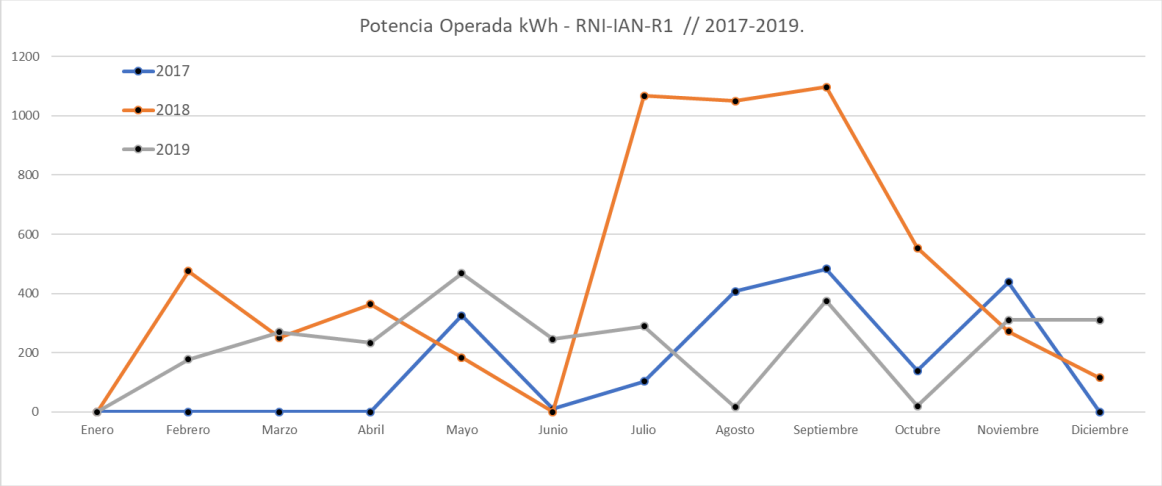


Figura 1. Potencia operada del RENI-IAN-R1, comparativo vigencias 2017-2019 (elaboración propia).

Para garantizar una permanente operación segura de la instalación se requiere adoptar, entre otras, las siguientes acciones de mejora:

- Asegurar un personal o equipo de personas responsables de la operación, que se encuentre vinculado en la planta de personal de la entidad.
- El desarrollo de competencias de roles múltiples, donde se den las previsiones necesarias (reemplazos) para garantizar la no-dependencia de personas en particular.
- El intercambio y / o formación continua (en el estado del arte) del personal de operación con sus pares a nivel regional e internacional, privilegiando los entrenamientos / certificaciones *"in situ"*.
- La suscripción de convenios con las partes interesadas o afines a las temáticas en comento, como estrategia de divulgación / apropiación de las potencialidades en generación de conocimiento científico asociado a la instalación.
- Articulación de los usos y aplicaciones de la instalación en los demás programas o grupos de investigación institucionales y externos, responsables de generación de conocimiento geocientífico.
- El involucramiento del personal del reactor en otras actividades que se relacionen con el conocimiento geocientífico y nuclear, con el objetivo de fomentar las buenas prácticas de la interdisciplinariedad y la incorporación de otras visiones alternativas, disruptivas o divergentes que coadyuven a la adopción de soluciones creativas a los problemas técnicos cotidianos planteados

En virtud de los planteamientos anteriores, esbozados en la vigencia 2018, durante 2019 se avanzó en:

- Se logró que la Autoridad Reguladora Nuclear Nacional (MINENERGÍA) autorizara un Supervisor adicional para la instalación.
- Se programaron exámenes de certificación para los roles de operador, oficial de protección radiológica y responsables de mantenimiento.
- Con la asistencia técnica del OIEA el experto argentino José Ignacio Márquez Damián, Departamento Física de Neutrones, Centro Atómico Bariloche, CNEA, dictó en octubre el curso de modelación de Monte Carlo (MNCP) al personal de la línea de investigación en Modelado, Simulación y Prospectiva.
- Se participó activamente en la organización y en ponencias en el International Symposium on Nuclear Applications, noviembre de 2019.
- Se avanzó en la estructuración del convenio específico de cooperación ININ-SGC desarrollado bajo en convenio marco entre el Instituto de Investigaciones y Aplicaciones Nucleares-ININ de México y el Servicio Geológico Colombiano-SGC, orientado hacia la actualización de la instrumentación y control del RNI-IAN-R1 instalada por ININ en 2012.

1.2 Grupo de Investigaciones y Aplicaciones radiactivas (GIAR)

a. <u>Facilidad centralizada para gestión de desechos radiactivos</u>

Dentro del programa para el manejo integral de los desechos y fuentes radiactivos en desuso en Colombia se tiene estipulado la prestación de servicios como gestión, caracterización y almacenamiento transitorio de material radiactivo. En el presente año 2019, se llevaron a cabo 16 recepciones en la Instalación Centralizada para la Gestión de Desechos Radiactivos ICGDR del SGC. La mayoría de ellas corresponden a fuentes radiactivas en desuso que tenían fines industriales o médicos. Cabe resaltar que la decisión de recibir estos desechos tuvo como criterio el balance entre el pasivo ambiental y el riesgo de accidentes radiológicos graves. En cada caso, se verificó que el usuario realizara los trámites necesarios ante el grupo de Licenciamiento y Control con respecto a las responsabilidades contractuales, conforme lo prevé la política para gestión de desechos radiactivos dictada por el Ministerio de Minas y Energía. En el almacén 1 fueron caracterizadas 65 fuentes en desuso o desechos radiactivos (10 determinaciones de actividad y 55 test de fugas de fuentes selladas), fundamentalmente para la eventual programación de su traslado a la ICGDR, sin embargo, esta actividad queda pendiente a la obtención de la autorización del uso del contendor anexo a la ICGDR por parte del Grupo de Asuntos Nucleares del Ministerio de Minas Energía. Se llevaron a cabo cinco (5) operaciones de acondicionamiento: tipo I (Cápsulas sin blindaje, sueltas dentro de contenedores), tipo II (capsulas fijadas y aseguradas al blindaje por diseño), tipo III (Capsulas fijas y blindadas por diseño a los contenedores de grandes dimensiones), tipo

IV (laminas radiactivas donde las fugas de radiactividad son usuales) y tipo V (desechos compactables y no compactables), esto se detalla en la Tabla 1.

Cantidad de Unidades Generadas	No. Subunidades acondicionadas	Tipo de desecho radiactivo en la ICGDR	Radionúclido
1	1	I	Ra-226
1	11	II	Am-241
1	1	III	Co-60 /U-emp
1	254	IV	Am-241
1	33	V no compactables	Varios (Ra-226, Cs-137, Co-60, Sr-90)
5	**300**	**TOTAL**	

Tabla 1. Operaciones de Acondicionamiento 2019

Prestación de servicios:
En Gestión de Desechos Radiactivos, durante la vigencia 2019 fueron prestados los servicios detallados a continuación:

- 3 caracterizaciones in-situ de vertidos, fuentes o material radiactivo.
- 1 almacenamiento transitorio de un cabezal de cobalto para re-exportación.
- Recepción de 9 fuentes del LSCD en almacenamiento transitorio.
- Recepción de una fuente en desuso proveniente del LSCD para su gestión.
- Recepción de 5 contenedores de desechos radiactivos del INC.
- Recepción de 4 fuentes en desuso provenientes de TERNIUM.
- Recepción de 1 contenedor de desechos radiactivos de la Fundación Valle de Lili.
- Recepción de 15 detectores de humo de J y J Metalmecánica y equipos terapéuticos.
- Recepción de 1 unidad con resinas del Reactor Nuclear.
- Recepción de 9 unidades con 453 detectores de humo del Banco de Occidente sede Cali.

Adicionalmente, fueron atendidas 25 solicitudes de usuarios externos entre cotizaciones, reliquidaciones y solicitudes de información, en la tabla 2 se hace una discriminación mes a mes.

Servicios prestados	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
N°. Servicios Internos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
N°. Solicitudes externas	0	1	7	3	5	4	1	1	2	1	0	0	25
N°. Servicios externos	0	0	2	2	4	1	1	1	1	4	1	1	18

Tabla 2. Servicios prestados y solicitudes atendidas 2019.

Investigación:

- Avances de las actividades ejecutadas del plan de investigación-proyectos o validación de metodologías

Caracterización piezas activadas ciclotrón

	Descripción
Alcance:	Caracterización por medio de espectrometría gamma de los radionúclidos presentes en las piezas activadas y su relación con los parámetros de operación de un ciclotrón Siemens Eclipse para producción de 18F.
Actividades Ejecutadas:	- Se llevó a cabo la lectura de desechos radiactivos activados durante la operación del ciclotrón.
Metodología:	Presentación del proyecto de investigación.
Resultados y Análisis de Resultados:	

Conclusiones:	Los resultados y análisis de resultados, así como las conclusiones serán realizados una vez obtenida toda la información experimental requerida para el mismo.
Observaciones Adicionales:	A la espera de reporte por parte de personal del ciclotrón sobre las condiciones de operación para llevar a cabo la correlación y finalizar la investigación.

Concentraciones de radioyodo en el río Bogotá

	Descripción
Alcance:	Caracterización por medio de espectrometría gamma de la presencia de I-131 en el río Bogotá.
Actividades Ejecutadas:	- Toma de muestras a lo largo de la cuenca media del río Bogotá.
	- Análisis de muestras mediante sistemas de espectrometría gamma.
	- Generación de propuesta de artículo de investigación
Metodología:	Se realizaron muestreos puntuales en 30 lugares a lo largo de la cuenca media del río Bogotá, identificando las descargas más importantes que recibe este cuerpo de agua, como los son el río Salitre, Fucha y Tunjuelo. Análisis de muestras mediante espectrometría de rayos gamma.
Resultados y Análisis de Resultados:	En el río Bogotá se determinó la presencia de 131I en 27 de los 30 puntos evaluados a lo largo de la cuenca media del río Bogotá, es importante tener en cuenta que los valores máximos medidos se encuentran alrededor de Bq L-1, presentándose además 13 lecturas inferiores a los umbrales de los límites de detección.
Conclusiones:	
Observaciones Adicionales:	Investigación finalizada y en proceso de publicación en la revista Logos y Ciencia de la Policia Nacional.

Avance proceso de Licenciamiento en los almacenes 1 y 2:

Durante el año se presentaron 3 solicitudes de autorización ante el grupo de asuntos nucleares del Ministerio de Minas y Energía, como sigue:

1. En el mes de julio de 2019 se solicita la ampliación de la licencia de operación de la instalación centralizada de desechos radiactivos - almacén 2, para incluir el transporte de material radiactivo.
2. En el mes de septiembre de 2019 se solicita ampliación de la licencia de operación de la instalación centralizada de desechos radiactivos – almacén 2, para incluir transporte de material radiactivo y autorización para el contenedor anexo al almacén 2.
3. En el mes de diciembre de 2019 se solicita la renovación de las licencias de operación de los almacenes de gestión de desechos radiactivos 1 y 2.

Lo cual requirió de la modificación y realización de la documentación existentes en los almacenes de gestión de desechos radiactivos como sigue a continuación:

- Documentación realizada por cada instalación:

Almacén 2: Instalación Centralizada para la Gestión de Desechos Radiactivos.

Tabla 3. Documentación actualizada y generada para ampliación y renovación de licencia de operación.

Documento	Código
TRANSPORTE DE MATERIAL RADIACTIVO GESTIÓN DE DESECHOS RADIACTIVOS	IN-NUC-GDR-040
SISTEMA DE SEGURIDAD FÍSICA DEL ALMACÉN 2 DE DESECHOS RADIACTIVOS	MO-NUC-GDR-004
Plan de respuesta a emergencias radiológicas en el almacén 2 de desechos radiactivos	MO-NUC-GDR-005
MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS SISTEMAS QUE COMPONEN EL ALMACÉN 2 DE DESECHOS RADIACTIVOS	MO-NUC-GDR-006
Informe de seguridad de la instalación centralizada para la gestión de desechos radiactivos - almacén 2 y vehículo de transporte,	MO-NUC-GDR-010.
Lista de chequeo transporte_v2	F-NUC-GDR-050
MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DEL ALMACÉN 2 DE DESECHOS RADIACTIVOS_v11	MO-NUC-GDR-003
Lista chequeo operación transporte_v2	F-NUC-GDR-051
Niveles de radiación durante el transporte de material radiactivo_v2	F-NUC-GDR-049
EVALUACIÓN SISTEMA DE SEGURIDAD DEL ALMACÉN 2 DE DESECHOS RADIACTIVOS_v5	IN-NUC-GDR-010
MONITOREO RADIOLÓGICO DEL ALMACEN 2 DE DESECHOS RADIACTIVOS_v6	IN-NUC-GDR-016
Recepción en el almacén 2 de desechos radiactivos	IN-NUC-GDR-017

Verificación visual de unidades en almacenamiento transitorio, zona de procesamiento y contenedor del almacén 2	IN-NUC-GDR-044
Almacenamiento transitorio en el contenedor del almacén 2 de desechos radiactivos_v1	IN-NUC-GDR-046
Acta de recepción de gestión de desechos radiactivos	F-NUC-GDR-001
MONITOREO RADIOLÓGICO EN EL ALMACÉN 2 DE DESECHOS RADIACTIVOS_v5	F-NUC-GDR-014
PLAN DE EMERGENCIA TRANSPORTE DE MATERIAL RADIACTIVO EN ARREGLO ESPECIAL_v2	IN-NUC-GDR-041
EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE SEGURIDAD DEL VEHÍCULO PARA EL TRANSPORTE DE MATERIAL RADIACTIVO_v2	F-NUC-GDR-055
REGISTRO DE DOSIS PARA EL PERSONAL DURANTE EL TRANSPORTE DE MATERIAL RADIACTIVO_v1	F-NUC-GDR-056
MONITOREO RADIOLÓGICO DEL VEHÍCULO PARA TRANSPORTE DE MATERIAL RADIACTIVO_v1	IN-NUC-GDR-045
REGISTRO DE DOSIS PARA PÚBLICO DURANTE EL TRANSPORTE DE MATERIAL RADIACTIVO_v1	F-NUC-GDR-057
Evaluación de conocimiento para el personal en entrenamiento en Gestión de Desechos Radiactivos_v1	F-NUC-GDR-058
INFORME DE SEGURIDAD DE LA INSTALACIÓN CENTRALIZADA PARA LA GESTIÓN DE DESECHOS RADIACTIVOS ALMACÉN2_v7	MO-NUC-GDR-010
EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE SEGURIDAD DEL ALMACÉN 2 DE DESECHOS RADIACTIVOS_v7	F-NUC-GDR-019

Almacén 1: Almacén Temporal de fuentes en desuso.

Tabla 4. Documentación actualizada y generada para renovación de licencia de operación

Documento	Código

Evaluación de seguridad del almacén 1	MO-NUC-GDR-011
Evaluación de sistema seguridad (Instructivo y formato)	IN-NUC-GDR-001 F-NUC-GDR-006
Monitoreo radiológico/ Formato	IN-NUC-GDR-004 F-NUC-GDR-002
Instructivo de emergencias A1	IN-NUC-GDR-006
Verificación visual contenedores A1	IN-NUC-GDR-027
Dada de baja de unidades	IN-NUC-GDR-043
Servicios de caracterización	IN-NUC-GDR-047
Manual de protección radiológica	MO-NUC-GDR-001
Manual de seguridad física	MO-NUC-GDR-009
Descontaminación radiactiva de personal	IN-NUC-GDR-023

Otras actividades:

- En el mes de septiembre de 2019 se preparó y recibió la visita de internacional para la realización anual del inventario de salvaguardias realizada por el Organismo Internacional de Energía Atómica – OIEA, a los almacenes de gestión 1 y 2.
- Entre finales de noviembre y comienzos de diciembre se recibió la auditoria internacional en protección radiológica por parte del experto José Antonio Tamayo García dentro del Proyecto COL0014 del OIEA.
- Durante el periodo de enero a diciembre de 2019 se realizaron 4 informes del Plan de Manejo Ambiental de las instalaciones, el cual se envía trimestralmente a la Secretaria Distrital de Ambiente. De igual manera durante este periodo se realizaron las actividades propias del programa de vigilancia radiológica tales como los monitoreos y frotis de áreas potencialmente contaminadas de ambos almacenes; como también los mantenimientos y desarrollo del plan de entrenamiento que estaban programados.

2. Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica (LSCD)

Durante los primeros 4 meses del año 2019 en el Laboratorio de Calibración Dosimétrica se terminó el reforzamiento estructural de las instalaciones físicas del laboratorio,

iniciado en el mes de noviembre de 2018, parte de lo realizado se puede observar en las siguientes imágenes.

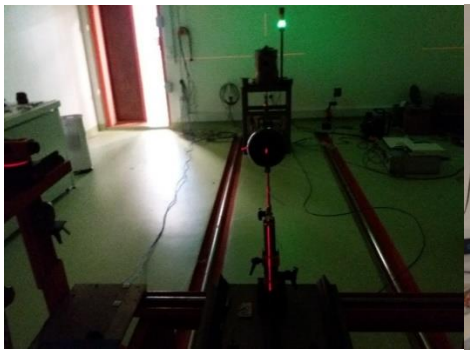


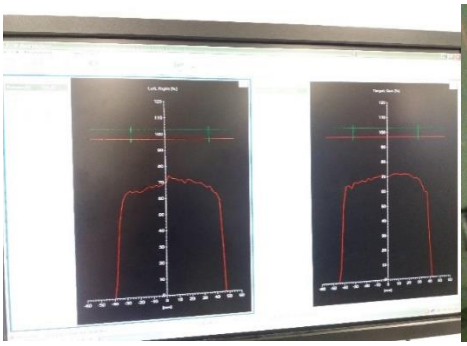
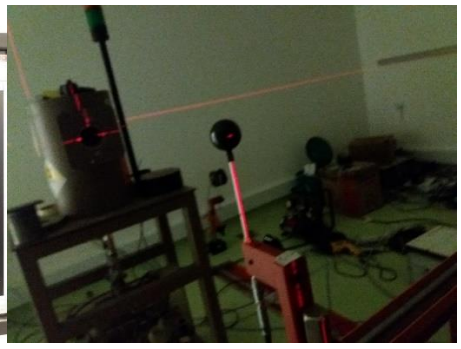



Posteriormente durante los meses de mayo a junio se instalaron los irradiadores, sistemas de posicionamiento, consolas de control, sistemas de seguridad física y radiológica necesarios para la operación segura de la instalación, además durante este tiempo se realizó el ejercicio de intercomparación con el Organismo de Energía Atómica para garantizar la trazabilidad de las calibraciones realizadas en este laboratorio, lo cual se puede apreciar en las siguientes imágenes.





Durante los meses de junio y julio de 2019 se reinicio el servicio de calibración de equipos a nivel de radio protección a usuarios internos del Servicio Geológico Colombiano, el 31 de julio de 2019 fue notificado al LSCD por parte del Organismo Internacional de Energía Atómica que el ejercicio de intercomparación resulto satisfactorio, por lo cual a partir del mes de agosto se iniciaron la prestación de los servicios de calibración de equipos detectores de radiación ionizante a nivel de radio protección a usuarios externos, ejecutando plan de choque con extensión de horario de 6 am a 6 pm, para normalizar completamente el servicio a finales de noviembre.

En la siguiente tabla se puede observar la cantidad de calibraciones realizadas por el LSCD durante el año 2019 .

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
Citados	60	128	158	155	61	0	64	96	202	232	118	83	1357
Recibidos	0	0	3	0	77	0	64	82	271	151	78	75	801

Durante el año 2019 en el LSCD aparte de la prestación de servicio se han realizado las siguientes actividades:

a. Metodología (documentos de los métodos de ensayo e instructivos generados)

- Implementación de las Normas ISO 10012 e ILAC G-24 mediante la metodología de confirmación metrológica, incluyendo varios documentos como:
  - Manual confirmación metrológica
  - Prueba de estabilidad de patrones para control metrológico
  - VERIFICACIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN DE MAGNITUDES AUXILIARES
  - INSTRUCTIVO DE VALIDACIÓN DE FÓRMULAS EN PLANTILLAS DEL LSCD
- Actualización de los métodos de calibración.
- Actualización de las tablas de tasas de dosis.
- Actualización y validación de las plantillas de medición de tasas de kerma en aire.
- Actualización y validación de las plantillas de calibración de sistemas dosimétricos.
- Actualización y validación de las plantillas de calibración de equipos de campo.

b. Avances de las actividades ejecutadas del plan de investigación-proyectos o validación de metodologías

- Proyecto “Servicios calibración equipos nuclear-radiológicos”:

Porcentaje completado: 100%.
Porcentaje esperado: 100%.
Porcentaje de rendimiento progresivo: 100%.
Reporte final de calibraciones:

Medidores de Tasa de Dosis: 375.
Dosímetros: 162.
Monitores de Contaminación Superficial: 171.
Equipos con reporte de no calibración por motivos técnicos: 32.
Irradiación controlada de dosímetros: 80 (total 80 por homologación).
Sistemas dosimétricos: 3 (total 120 por homologación).
Total: 375+162+171+32+80+120 = 940.

- Proyecto “Implementación de lineamientos técnicos”:

Porcentaje completado: 100%.
Porcentaje esperado: 100%.
Porcentaje de rendimiento progresivo: 100%.

Reporte final 2019:

1. Rayos X:
- Se realizala instalación del irradiador de rayos X.
- Pruebas en el irradiador de rayos X.
- Verificación y rectificación de la alimentación del tubo de rayos X.
- Pruebas de precalentamiento del tubo para conservación de vacío.
- Evaluación del software de adquisición de datos Webline.
- Pruebas de estabilidad de diferentes patrones que serán usados.
- Se realiza la revisión de la documentación técnica relacionada con los procedimientos de calibración en rayos X.
- Se revisa la versión preliminar de los procedimientos técnicos del LSCD para rayos X.
- Se avanza en la documentación requerida para el licenciamiento del irradiador de rayos X.

2. Co-60:
- Evaluación del software de adquisición de datos Webline con las cámaras de Co-60.
- Pruebas de estabilidad de diferentes patrones que serán usados.
- Se realiza la revisión de la documentación técnica relacionada con los procedimientos de calibración en rayos Co-60.
- Se revisa la versión preliminar de los procedimientos técnicos del LSCD para Co-60.
- Se realiza y presenta ante la autoridad reguladora la documentación correspondiente al licenciamiento del irradiador de Co-60.

3. Medicina nuclear:
- Se revisa el procedimiento aprobado por par del OIEA para calibración de activímetros.
- Se realiza la gestión para formalizar la compra del patrón de medicina nuclear con el OIEA.

- Proyecto OIEA COL0014:

En el marco del Proyecto COL0014 con el OIEA se desarrollaron las siguientes actividades:

Radioterapia: Gestión con el OIEA de compra de irradiador de Co-60.

Medicina Nuclear: Gestión con el OIEA de compra del patrón de referencia NPL Fidelis.

Entre finales de noviembre y comienzos de diciembre se recibió la auditoria internacional en protección radiológica por parte del experto José Antonio Tamayo García dentro del Proyecto COL0014 del OIEA.

Resultados y Análisis de Resultados

1. Para el proyecto “Servicios calibración equipos nuclear-radiológicos” se obtiene un desempeño del 100% y se cumple la meta:
“La meta es novecientos cuarenta (940) servicios de calibraciones de equipos de campo (medidores de tasa de dosis, dosímetros personales, medidores de contaminación superficial) por año. La cantidad de calibraciones es homologable con sistemas dosimétricos con una equivalencia de 40 equipos de campo por un sistema dosimétrico. También es homologable la calibración de dosímetros con la irradiación controlada de dosímetros, con una relación de uno a uno.”

2. Para el proyecto “Implementación de lineamientos técnicos” se obtiene un desempeño del 100% y se cumple, además de la meta “Documentos de lineamientos técnicos”, la instalación del irradiador de rayos X, el avance en el licenciemiento del irradiador de rayos X y de Co-60, y el avance en la compra del patrón para medicina nuclear.

c. Publicaciones -participaciones en eventos y artículos generados.

En el marco de la Línea de Investigación de Metrología de las Radiaciones Ionizantes, se presentó ante el COCIEN, el trabajo de investigación “Caracterización de un dispositivo fotosensible sometido a radiación Gamma” para el X Congreso Internacional de materiales del 23 al 25 de octubre en Bucaramanga-Santander. Allí se mostraron avances de la investigación adelantada y parte de la presentación oral.

Se realizó la participación en el Congreso de Protección Radiológica con la ponencia “Metrología de las Radiaciones Ionizantes y Retos del Nuevo LSCD”

d. Avance proceso de acreditación:

Se han cumplido las siguientes actividades contempladas en el plan de trabajo 2019:

-Plan de mejoramiento derivado de auditoría ONAC 2019 implementado en un 100%.
- Radicación y revisión documental para la continuación del proceso de acreditación posterior a la intervención en infraestructura.
- Designación del equipo auditor y plan de auditoría posterior a la intervención en infraestructura.
- Realización de auditoría posterior a la intervención en infraestructura.
- Implementación y evaluación del Plan de Acción.
- Se realizó la auditoria y el plan de acción con respecto al mismo de la ONAC, siendo este aprobado y aprobado también el otorgamiento de la acreditación para el LSCD.
- Firma del contrato de acreditación ONAC. Certificado de acreditación 18-LAC-013.



No. D 12735

EL ORGANISMO NACIONAL DE ACREDITACIÓN DE COLOMBIA
acredita a:

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO
NIT: 899.999.294-8
Diagonal 53 No. 34 – 53, Bogotá D.C., Colombia.

La evaluación y acreditación de este organismo de evaluación de la conformidad, se han realizado con respecto a los requisitos especificados en la norma internacional:

ISO/IEC 17025:2005

Esta Acreditación es aplicable al alcance establecido en el anexo

18-LAC-013

Esta Acreditación está sujeta a que el organismo de evaluación de la conformidad se mantenga conforme con los requisitos especificados, lo cual será evaluado por ONAC.
La vigencia de este certificado se puede verificar en www.onacorg.co

Certificado de Acreditación 18-LAC-013

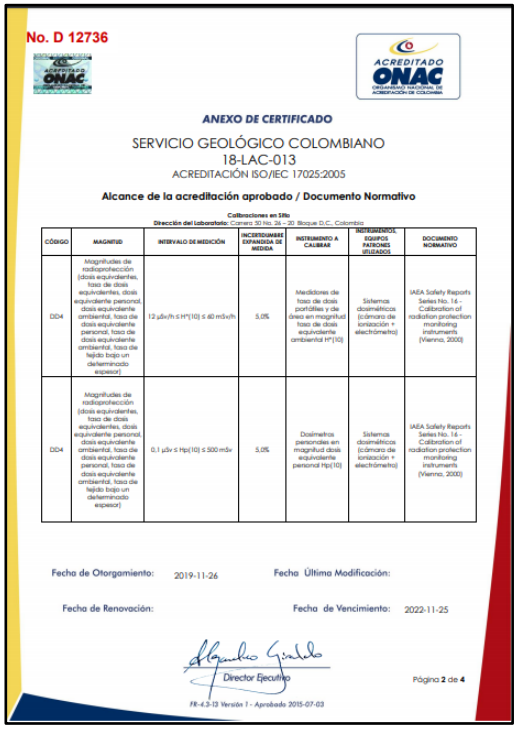
Fecha de Otorgamiento: 2019-11-26 Fecha Última Modificación:

Fecha de Renovación: Fecha de Vencimiento: 2022-11-25

Director Ejecutivo

Página 1 de 4

FR-4.3-13 Versión 1 - Aprobado 2015-07-03



No. D 12736

ANEXO DE CERTIFICADO

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO
18-LAC-013
ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2005

Alcance de la acreditación aprobado / Documento Normativo

Calibraciones en Sitio
Dirección del Laboratorio: Carrera 30 No. 26 – 20 Bloque D.C., Colombia

CÓDIGO	MAGNITUD	INTERVALO DE MEDICIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE MEDIDA	INSTRUMENTO A CALIBRAR	INSTRUMENTOS, EQUIPOS PATRONES UTILIZADOS	DOCUMENTO NORMATIVO
DD4	Magnitudes de radioprotección (dosis equivalentes, tasa de dosis equivalentes, dosis equivalente personal, dosis equivalente ambiental, tasa de dosis equivalente personal, tasa de dosis equivalente ambiental, tasa de tejido bajo un determinado espesor)	12 µSv/h ≤ H*(10) ≤ 60 mSv/h	5,0%	Medidores de tasa de dosis portátiles y de área en magnitud tasa de dosis equivalente ambiental H*(10)	Sistemas dosimétricos (cámara de ionización + electrómetro)	IAEA Safety Reports Series No. 16 - Calibration of radiation protection monitoring instruments (Vienna, 2000)
DD4	Magnitudes de radioprotección (dosis equivalentes, tasa de dosis equivalentes, dosis equivalente personal, dosis equivalente ambiental, tasa de dosis equivalente personal, tasa de dosis equivalente ambiental, tasa de tejido bajo un determinado espesor)	0,1 µSv ≤ Hp(10) ≤ 500 mSv	5,0%	Dosímetros personales en magnitud dosis equivalente personal Hp(10)	Sistemas dosimétricos (cámara de ionización + electrómetro)	IAEA Safety Reports Series No. 16 - Calibration of radiation protection monitoring instruments (Vienna, 2000)

Fecha de Otorgamiento: 2019-11-26 Fecha Última Modificación:

Fecha de Renovación: Fecha de Vencimiento: 2022-11-25

Director Ejecutivo

Página 2 de 4

FR-4.3-13 Versión 1 - Aprobado 2015-07-03



No. D 12737

ANEXO DE CERTIFICADO

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO
18-LAC-013
ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2005

Alcance de la acreditación aprobado / Documento Normativo

Calibraciones en Sitio
Dirección del Laboratorio: Carrera 30 No. 26 – 20 Bloque D.C., Colombia

CÓDIGO	MAGNITUD	INTERVALO DE MEDICIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE MEDIDA	INSTRUMENTO A CALIBRAR	INSTRUMENTOS, EQUIPOS PATRONES UTILIZADOS	DOCUMENTO NORMATIVO
DD4	Magnitudes de radioprotección (dosis equivalentes, tasa de dosis equivalentes, dosis equivalente personal, dosis equivalente ambiental, tasa de dosis equivalente personal, tasa de dosis equivalente ambiental, tasa de tejido bajo un determinado espesor)	0,1 µSv ≤ Hp(0,07) ≤ 500 mSv	5,0%	Dosímetros personales en magnitud dosis equivalente personal Hp(0,07)	Sistemas dosimétricos (cámara de ionización + electrómetro)	IAEA Safety Reports Series No. 16 - Calibration of radiation protection monitoring instruments (Vienna, 2000)
DD2	Magnitudes dosimétricas (kerma en el aire, exposición, tasa de kerma en el aire, tasa de exposición)	3,6 mGy/h	2,8%	Sistemas dosimétricos (cámara de ionización + electrómetro) a nivel de radioprotección, tasa de Kerma en aire	Sistemas dosimétricos (cámara de ionización + electrómetro)	IAEA Safety Reports Series No. 16 - Calibration of radiation protection monitoring instruments (Vienna, 2000)

Fecha de Otorgamiento: 2019-11-26 Fecha Última Modificación:

Fecha de Renovación: Fecha de Vencimiento: 2022-11-25

Director Ejecutivo

Página 3 de 4

FR-4.3-13 Versión 1 - Aprobado 2015-07-03



No. D 12738

ANEXO DE CERTIFICADO

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO
18-LAC-013
ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2005

Alcance de la acreditación aprobado / Documento Normativo

Calibraciones en Sitio
Dirección del Laboratorio: Carrera 30 No. 26 – 20 Bloque D.C., Colombia

CÓDIGO	MAGNITUD	INTERVALO DE MEDICIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE MEDIDA	INSTRUMENTO A CALIBRAR	INSTRUMENTOS, EQUIPOS PATRONES UTILIZADOS	DOCUMENTO NORMATIVO
DD4	Magnitudes de radioprotección (dosis equivalentes, tasa de dosis equivalentes, dosis equivalente personal, dosis equivalente ambiental, tasa de dosis equivalente personal, tasa de dosis equivalente ambiental, tasa de tejido bajo un determinado espesor)	6,7 mSv/h	4,9%	Sistemas dosimétricos (cámara de ionización + electrómetro) a nivel de radioprotección, tasa de Dosis equivalente ambiental H*(10)	Sistemas dosimétricos (cámara de ionización + electrómetro)	IAEA Safety Reports Series No. 16 - Calibration of radiation protection monitoring instruments (Vienna, 2000)
DD4	Magnitudes de radioprotección (dosis equivalentes, tasa de dosis equivalentes, dosis equivalente personal, dosis equivalente ambiental, tasa de dosis equivalente personal, tasa de dosis equivalente ambiental, tasa de tejido bajo un determinado espesor)	6,8 mSv/h	4,9%	Sistemas dosimétricos (cámara de ionización + electrómetro) a nivel de radioprotección, tasa de Dosis equivalente personal Hp(10)	Sistemas dosimétricos (cámara de ionización + electrómetro)	IAEA Safety Reports Series No. 16 - Calibration of radiation protection monitoring instruments (Vienna, 2000)

Nota:
El % está referido al factor de calibración establecido
La incertidumbre expandida reportada se establece multiplicando la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura k=2, con el cual se obtiene un nivel de confianza aproximado del 95%.

Fecha de Otorgamiento: 2019-11-26 Fecha Última Modificación:

Fecha de Renovación: Fecha de Vencimiento: 2022-11-25

Director Ejecutivo

Página 4 de 4

FR-4.3-13 Versión 1 - Aprobado 2015-07-03

Avance de implementación norma ISO /IEC 17025
La Norma ISO/IEC 17025 en su versión 2005 se encuentra totalmente implementada y aprobada por ONAC. La versión 2017 está siendo implementada; inicialmente se realizó un análisis de brechas con la empresa Concalidad.

Avances de los planes de acción
Plan de mejoramiento derivado de auditoría ONAC 2018 implementado en un 100%.
Plan de mejoramiento derivado de auditoría ONAC 2019 implementado en un 100%.

Entrenamiento al personal ingresado al LSCD en el año 2019.
Comparación interlaboratorios con el OIEA satisfactoria.

Avances cierre de brechas para implementación norma ISO /IEC 17025 año 2017.
Diagnóstico de brechas a nivel de requisitos técnicos y de recurso humano. Revisión de los documentos transversales en las versiones actualizadas a la versión 2017 generadas por Concalidad.

PLANES DE INVESTIGACIÓN

Se realizaron varias reuniones de la Línea de Investigación en Metrología de las Radiaciones Ionizantes.

Se realizó el seguimiento a los trabajos de investigación en desarrollo dentro de la línea.

Se estructuró el proyecto Sistema Nacional de Calidad Dosimétrica, con el cual se plantea la ejecución de un proyecto de gran alcance con cobertura nacional. La estructuración de este proyecto requirió del trabajo constante de los miembros del laboratorio, haciendo uso de los tiempos no usados en la atención de servicios durante los primeros meses.

Se presentó el proyecto Sistema Nacional de Calidad Dosimétrica en el Comité Científico de la DAN (COCIEN) donde se obtuvo la aprobación para gestionar su ejecución.

Convenios INM e INC
Convenio Instituto Nacional de Metrología INM: Se concretó a lo largo del año 2019 el convenio marco, el cual fue finalmente firmado por las dos partes.

Convenio Instituto Nacional de Cancerología: Se han adelantado estudios previos para el convenio Marco de cooperación entre el Servicio Geológico y el instituto Nacional de Cancerología. Se han realizado ajustes por parte de la Dirección de contratos y convenios y se han agendado reuniones de socialización entre las partes. Actualmente se encuentra en revisión final y se espera en el mes de diciembre elaborar la minuta de cierre del convenio que será firmada por los Directores Generales de cada institución.

PROYECTO COL0014

COBALTO 60

Se inició la compra del irradiador de Cobalto 60, en este momento se encuentra en proceso de la obtención de la licencia donde, se radicaron algunos documentos en el Ministerio de Minas y Energía para su respectiva revisión, estos son:

- Manual de protección radiológica
- Manual de emergencias radiológicas
- Evaluación de seguridad
- Plan de gestión de fuente en desuso
- Manual de seguridad física

RAYOS X

- Se realizó la instalación y la verificación de funcionamiento del irradiador del equipo generador de rayos X.
- Se encuentra pendiente el licenciamiento del equipo de rayos X, sin embargo, existe un avance en preparación de documentos para la contratación de servicios de protección radiológica (cálculo de blindaje, estudio ambiental y entrenamiento en puesto de trabajo al personal del LSCD), esto con el objetivo de cumplir con algunos de los requisitos exigidos por el Ministerios de Salud y la Protección Social para la respectiva obtención de la licencia de operación.

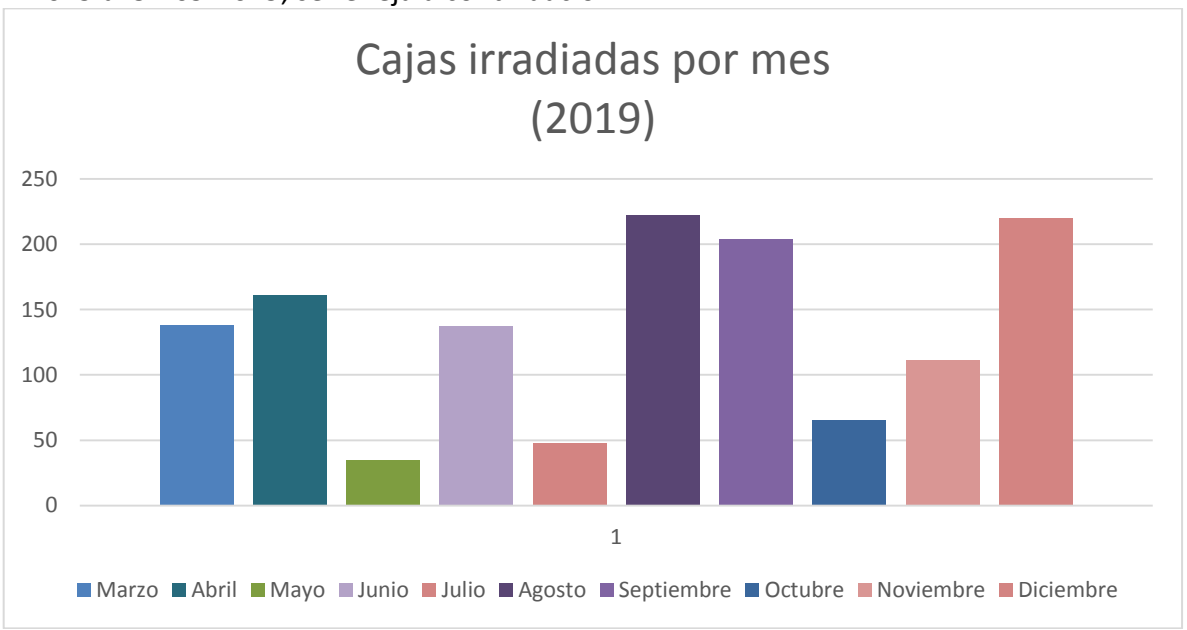
Entrenamiento al personal ingresado al LSCD en el año 2019.
Comparación Inter laboratorios con el OIEA satisfactoria.

3. Planta de irradiación gamma (PIG)

Durante el 2019 en la Planta de Irradiación Gamma, se realizó las siguientes actividades:

a. Servicios Realizados:

La Planta de Irradiación Gamma clasificada en la categoría IV, utiliza material radiactivo de 60-Co encapsulado en vainas de acero inoxidable, con una actividad total de 100 mil Curios (Ci) para mayo del año 2013. En este momento el irradiador cuenta con una actividad aproximada de 40 mil Curios (Ci) y la prestación de servicios para el periodo 1-1-2019 al 31-09-2019, se refleja a continuación:



Gráfica 1 Ítems-cajas irradiadas por mes en 2019

Se irradiaron un total de 1341 ítems-cajas en el 2019 que corresponden en su totalidad a servicios externos correspondientes a 105 solicitudes convertidas en servicios efectivamente prestados, de un total de 122 solicitudes recibidas.

Se necesitaron un total de 980.4 horas de uso del irradiador dentro de la capacidad nominal para 8 horas diarias, 5 días a la semana y 20 días al mes de las horas asociados a 12 meses, correspondiendo a un 51% del uso del irradiador, cabe anotar que esto es un ideal pues se debe contrarrestar con el tiempo real de prestación de cada servicio de irradiación, que incluya los tiempos de ingreso y egreso del material, paradas causadas por el sistema de transporte y demás contratiempos presentados, tomando las fechas de inicio y final de prestación del servicio como un criterio aproximado. La evidencia de estas actividades se encuentra en la herramienta de seguimiento "PLAGA".

b. Otras actividades realizadas durante el año 2019 en la planta de irradiación gamma, son:

I. Trámites de Licenciamiento Planta de Irradiación

La instalación solicitó la actualización de la licencia de operación No. PI-001-M2* mediante comunicado interno No 20198200007711 del 11 de febrero de 2019.

De acuerdo con el informe de inspección a la Planta de Irradiación Gamma entregado el día 26 de junio de 2019, correspondiente a la inspección realizada por la autoridad reguladora el día 30 de abril, en su concepto establece "La Planta de Irradiación Gamma puede continuar con su operación dentro de los términos de la autorización vigente". El día 31 de julio se dio respuesta al informe de inspección, para lo cual se realizó lo siguiente:

- Se actualiza el manual MO-TNU-PG-001 "Manual de Protección Radiológica".
- Se modificó el instructivo IN-TNU-PG-025 "Entrenamiento de Personal de la Planta de Irradiación Gamma".
- Se realizó auditoria el día 11 de julio del 2019, en la cual se revisó la implementación y mantenimiento del programa de protección radiológica de la Planta de Irradiación Gamma para el periodo comprendido entre los años 2018 y 2019.
- Se diseñó el formato F-TNU-PG-031 "Inicio de operación".

II. Actualización y elaboración de documentos Planta de Irradiación

Esta es una actividad continua durante todo el periodo. A raíz de las inspecciones, auditorias y evaluaciones de los funcionarios de la instalación, alineando todo el sistema documental al cumplimiento normativo de protección radiológica y seguridad física, como al sistema de gestión institucional, siempre se identifican oportunidades de mejora

tanto en las actividades descritas en la documentación (procedimientos, guías, manuales de operación, entre otros) como en los formatos de registro.

En la actual vigencia se ajustaron los siguientes documentos:

Guía:
GU-TNU-PG-001 Proceso de Irradiación de Materiales_V1

Manual de operación:
MO-TNU-PG-001 MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA_V24

Instructivos:
IN-TNU-PG-005 PROCEDIMIENTO DE INICIO DE OPERACIÓN_V4
IN-TNU-PG-009 CHEQUEO DE LOS SISTEMAS DE DETECCIÓN DE INCENDIO_V5
IN-TNU-PG-010 CHEQUEO DE LOS SISTEMAS DE PISCINA_V8
IN-TNU-PG-012 USO DE DOSIMETRÍA DE LECTURA DIRECTA – PÚBLICO Y EMERGENCIAS_V9
IN-TNU-PG-014 PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE IRRADIACIÓN GAMMA_V3
IN-TNU-PG-020 VERIFICACIÓN DEL INVENTARIO DE FUENTES RADIACTIVAS DE LA PLANTA DE IRRADIACIÓN GAMMA_V2
IN-TNU-PG-022 DES-ATASCAMIENTO DE LA FUENTE DE IRRADIACIÓN GAMMA_V2
IN-TNU-PG-025 ENTRENAMIENTO DE PERSONAL DE LA PLANTA DE IRRADIACIÓN GAMMA_V2
IN-TNU-PG-027 DOSIMETRÍA DE RUTINA PMMA PLANTA GAMMA_V1

Formatos:
F-TNU-PG-011 CHEQUEO SISTEMAS DE DETECCIÓN DE INCENDIO_V4
F-TNU-PG-012 CHEQUEO DE SISTEMAS DE CONTROL DE ACCESO_V6
F-TNU-PG-014 CHEQUEO SISTEMAS DE PISCINA_V6
F-TNU-PG-019 DOSIMETRÍA DE LECTURA DIRECTA_V4
F-TNU-PG-025_CONTROL-VERIFICACIÓN EQUIPOS DOSIMETRIA_V2
F-TNU-PG-026 Inventario de fuentes radiactivas de la Planta de Irradiación Gamma_V3
F-TNU-PG-028 REGISTROS DE MANTENIMIENTOS PG_V2
F-TNU-PG-029 SOLICITUD DE SERVICIO_V2
F-TNU-PG-030 Entrenamiento en puesto de trabajo_V1
F-TNU-PG-031 Inicio de operación_V1

III. Sistema de gestión Planta de Irradiación.

Con la evaluación final de la medida de desempeño presentada por INTERLAB (Ensayo de aptitud enmarcado en el proyecto regional de cooperación técnica IAEA – ARCAL RLA – 1013) para los resultados entregados por la Planta de Irradiación Gamma, como

ACEPTABLE. Resultado que califica el desempeño de la Planta de Irradiación Gamma relacionado con el proceso de irradiación, la competencia del personal, y el aseguramiento de la calidad analítica, dentro de los más altos estándares de calidad.

Con los resultados de esta evaluación, de manera complementaria y paralela a las actividades propias de la instalación, se establece una valoración real del nivel de implementación del sistema de gestión de la planta de Irradiación Gamma, ratificando la información enviada durante el mes de junio del año 2018, a los responsables del proyecto de cooperación técnica regional IAEA – ARCAL RLA – 1015, por medio de una lista de chequeo, en donde se enfatizan las características y necesidades de la norma ISO 9001: 2015, con los nuevos cambios relacionados con liderazgo, evaluación de riesgos y oportunidades.

IV. Trabajos de investigación en Tec. Nucleares

En ejecución del proyecto ME-RLA1015-EVT1807758 y como parte de las actividades del curso “Dosimetría y Control de Procesos para Buenas Prácticas de Irradiación”, se contó con: La visita del Dr. Pablo Vásquez Gerente de Investigación y Desarrollo del Centro de Tecnología de la Radiación CTR del Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN-BRASIL) en el periodo mayo 20 - 26-

Actividades Desarrolladas:

Conferencias al personal de la instalación sobre:

- Buenas Prácticas de Irradiación: Introducción a la norma ISO-11137
- Tipos y caracterización de los irradiadores gamma
- Dosimetría de altas dosis para irradiación gamma (Conceptos de Dosis, sistemas, elección del sistema dosimétrico en general)
- Elementos de la Planta de Irradiación Gamma y necesidades de modernización (Partes que componen la PG, Descripción del actual sistema de control, control de calidad
- Control del proceso de un irradiador gamma y SPC (Statistical Process Control) de las Dosis aplicadas
- Validación y Mantenimiento de la Trazabilidad de los Sistemas Dosimétricos
- Calificación de la Instalación, de la Operación y del Desempeño de un Irradiador Gamma según la ISO 11137
- Dosimetría de Rutina, límites estadísticos para liberación del producto (dosímetro de control, SPC, etc)
- Dosimetría de referencia Alanina/EPR
- Experiencia de modernización de la consola de control del irradiador del IPEN
- Especificaciones del producto, preparación y controles posterior al proceso por parte del fabricante
- Documentación de los resultados de la dosimetría de rutina (Reportes vs Certificados de dosis)

- Manejo de No Conformidades: Interrupciones de proceso, tiempos de tránsito, influencia de otros productos e irradiación repetida.
- Practicas
- Definición De Dosis Mínima Y Máxima De Un Producto (Uso de información en tablas y/o gráficos de esterilidad y de resistencia de materiales
- Practica: Definición De Dosis Mínima Y Máxima De Un Producto (Uso de información en tablas y/o gráficos de esterilidad y de resistencia de materiales

Conferencias

- 23 de mayo Conferencia sobre Tópicos en el tratamiento de Alimentos con Radiación Ionizante. Lugar: Auditorio UPME, Dirección de Asuntos Nucleares del Servicio Geológico Colombiano Cr 50 No. 26-20
- 24 de mayo Conferencia Descripción general de la desinfección de artefactos de patrimonio cultural y materiales de archivo por radiación ionizante en Brasil: la cultura se encuentra con lo nuclear. Lugar: Auditorio Benjamín Alvarado, Servicio Geológico Colombiano Diag. 53 No. 34-53.

Participación en proyectos:

- Participación en el proyecto RLA1013:

Creating Expertise in the Use of Radiation Technology for Improving Industrial Performance, Developing New Materials and Products, and Reducing the Environmental Impact of the Industry (ARCAL CXLVI)

IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO EN EL PAÍS

Actualmente se encuentra en curso un ejercicio de intercomparación de dosimetría de altas dosis entre las plantas de irradiación industrial de Latinoamérica y el SGC está participando. Esta participación tiene un impacto positivo en la garantía de calidad de los servicios de irradiación prestados por la Planta de Irradiación Gamma del Servicio Geológico Colombiano.

Informe satisfactorio de Inter comparación con la dosimetría de referencia de Alanina por parte de INTERLAB, con el cual se puede corroborar el valor de exactitud de las dosis que se imparten a las cajas de materiales, utilizando la dosimetría de rutina de PMMA

- Participación en el proyecto RLA1015:

Harmonizing Integrated Management Systems and Good Irradiation Practice Procedures in Irradiation Facilities (ARCAL CLX)

IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO EN EL PAÍS

La ejecución del proyecto ha sido satisfactoria y representa una oportunidad grande para el mejoramiento de los sistemas de gestión de la planta gamma del SGC con la visión a mediano plazo de la modernización de sus sistemas operacionales y de control.

- Participación Proyecto COL0014

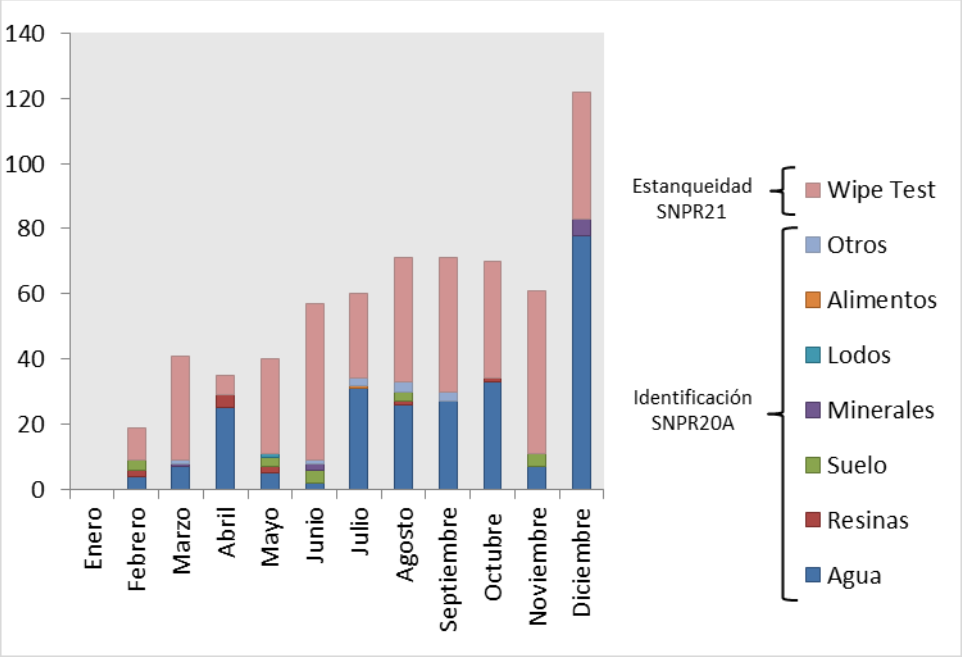
Entre finales de noviembre y comienzos de diciembre se recibió la auditoria internacional en protección radiológica por parte del experto José Antonio Tamayo García dentro del Proyecto COL0014 del OIEA.

7 GESTIÓN DE COMPRA DE DOSÍMETROS HARWELL - DOSÍMETROS LIMITADOS PARA LA INDUSTRIA DE PROCESAMIENTO DE RADIACIÓN A ALTAS DOSIS

4. Laboratorio de Radiometría Ambiental (LRA)

En el laboratorio de Radiometría Ambiental, entre el 1 de enero y 31 de diciembre de 2019, se analizaron 647 muestras. De las cuales 292 fueron de identificación de radionúclidos emisores gamma (SNPR20A) en matriz de aguas, alimentos, suelos, materiales de origen geológico, lodos, entre otros, y 355 muestras fueron de prueba de estanqueidad de fuentes radiactivas selladas por espectrometría gamma (SNPR21). Del total de las muestras 273 fueron externas, y 375 fueron internas, éstas últimas no cuentan con un cobro o valor pagado, se tienen en cuenta en la contabilidad monetaria. Se incluyen las muestras de participación en el ejercicio de Intercomparación Proficiency test 2019-3 con el OIEA, las muestras del proyecto de investigación de la PTAR para I-131 y NORM, y los servicios prestados tanto a usuarios inter como externos.

5.



Otras actividades realizadas durante el año 2019 en el Laboratorio de radiometría ambiental son las siguientes:

Metodología para la determinación en tiempo real de la concentración de radionúclidos emisores gamma en efluentes: Se ejecutó la primera fase del proyecto durante el año

2018, realizando el análisis de forma exclusiva para el radionúclido 18-F, durante el año 2019 se establecieron planes de muestreo para cuantificar el límite de detección para los radionúclidos Yodo-131 (131-I) como para Flúor-18 (18-F), paralelamente se realizó un montaje piloto, que permitió simular un sistema de transporte y de vertimiento de residuos en las instalaciones de la Dirección Técnica sede CAN, con el fin de evaluar la fase experimental (montaje instrumental, montaje hidráulico y mediciones en tiempo real).

Establecimiento de factores de coincidencia suma en los sistemas de espectrometría gamma del Laboratorio de Radiometría Ambiental: se realizó la primera fase con el sistema de espectrometría gamma DET01. Con la adquisición de un Kit de fuentes puntuales, se ampliará el estudio del cambio en los factores de coincidencia suma de acuerdo a la geometría de análisis empleada y los equipos caracterizados.

Proyecto caracterización de 131-I en efluente de la planta de tratamiento de Aguas residuales - PTAR Salitre: Se tomaron los espectros de las muestras y se está construyendo un artículo científico.

Establecimiento de una propuesta metodológica para determinación in situ de los emisores de radiación gamma presentes en los vertidos de instalaciones usuarias de fuentes radiactivas no selladas: Desarrollo de una hoja de cálculo que permita cuantificar la concentración de actividad de radionúclidos in sitú, establecimiento de metodología para determinar la actividad de la mezcla de dos radionúclidos en todo momento, realización de montaje experimental, Generación de póster.
En el Laboratorio de Radiometría Ambiental se han llevado a cabo las siguientes actividades:

- Caracterización de muestras incógnitas para gestión y disposición final en el LRA: Se ha analizado el 20% del total de muestras incógnitas presentes en la instalación.
- Sistemas espectrométricos operativos: Se cuenta al 20 de diciembre de 2019 con un (1) sistema de espectrometría operativo, de los tres (3) con los que cuenta la instalación. Los otros dos (2) se encuentran en proceso de caracterización y ajuste de condiciones operativas.
- Actualización del plan de validación conforme entrenamiento técnico del proyecto de cooperación técnica OIEA COL 0014: Participación del funcionario Giovanni Vela como becario en el Departamento de Ingeniería Nuclear y Mecánica de Fluidos – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad del País Vasco.
- Implementación y ejecución del programa de mantenimiento y calibración de equipos: Se ejecutaron al 90% las actividades planificadas, las actividades pendientes de calibración se realizarán en el 2020. Así mismo se vienen implementando y ajustando conforme necesidades y cambios de último

momento (por ejemplo recorte en presupuesto) las actividades definidas en el programa de mantenimiento y calibración desarrollado por el personal del LRA, en medio digital, alineado al proceso transversal institucional de administración de equipos operacionales (AEO) y alineado a los requerimientos propios de la norma ISO 17025, para todos los equipos controlados y no controlados dentro del sistema de gestión de la calidad (Registros/Cartas Control).

- Control de seguimiento de materiales de referencia por peso y de los residuos generados en el LRA.
- Llegada del kit de nueve (9) fuentes puntuales exentas a las instalaciones del Servicio Geológico Colombiano, como parte del proyecto de cooperación nacional con el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) denominado "Improving Existing Capabilities to Provide High Quality and Internationally Recognized Nuclear Analytical Services" COL-0014.

1.1 GRUPO DE LICENCIMIENTO Y CONTROL

El Grupo de licenciamiento y Control – GLyC cuyas actividades se encaminan a cumplir con las funciones delegadas por el Ministerio de Minas y Energía- MME en lo que respecta al control regulatorio del uso del material radiactivo en el territorio nacional de acuerdo con la Resolución 9-0698 de 2014 prorrogada por la Resolución 4-0569 de 2019, ambas emitidas por el MME. Para ello, está a cargo del licenciamiento e inspección de todas las instalaciones radiactivas en el país con excepción de las propias del SGC.

Se destacan los siguientes logros en 2019:

- Fortalecimiento de las estrategias para la implementación de la norma de Autorizaciones para instalaciones radiactivas por parte del Grupo de Licenciamiento y Control con el fin de atender los retos derivados de la entrada en vigor de dicha norma; así como la evolución en los resultados del Grupo a partir de la entrada en vigor de la Resolución 9 0874 de 2014, es decir, desde el 12 de febrero de 2015. Tal mejoría en los indicadores obedece al constante esfuerzo institucional para la adopción de estrategias dirigidas hacia la implementación integral de la Resolución 9 0874 de 2014, de suerte que además de resolver los trámites dentro del término establecido se busca que estos sean resueltos mediante la emisión de la autorización correspondiente; efecto para el cual se adelanta un proceso de acompañamiento y retroalimentación permanente con los solicitantes a fin de que logren el cumplimiento total de los requisitos exigidos en la regulación vigente sobre protección y seguridad radiológica.

- Respecto a la ejecución del Plan Operativo de Licenciamiento y Control 2019, desde el 1 de enero hasta al 31 de diciembre de 2019 se emitieron sesenta y seis (66) decisiones y treinta y un (31) oficios de requerimientos; de igual manera se realizaron ochenta y siete (87) inspecciones de verificación o control regulatorio, lo cual equivale a un avance del 100% respecto a la meta establecida para el año 2019 (85 decisiones o su equivalente en evaluaciones técnicas y 80 inspecciones a 31 de diciembre de 2019).

Desde el 12 de febrero de 2015 con la entrada en vigencia de la Resolución 9 0874, al 31 de diciembre de 2019, el Grupo de Licenciamiento y Control ha emitido doscientas sesenta y un (261) autorizaciones para la operación de instalaciones radiactivas categorías 1 a 4, lo cual implica un avance del sesenta y nueve por ciento (69%) en la implementación de la normativa en mención.

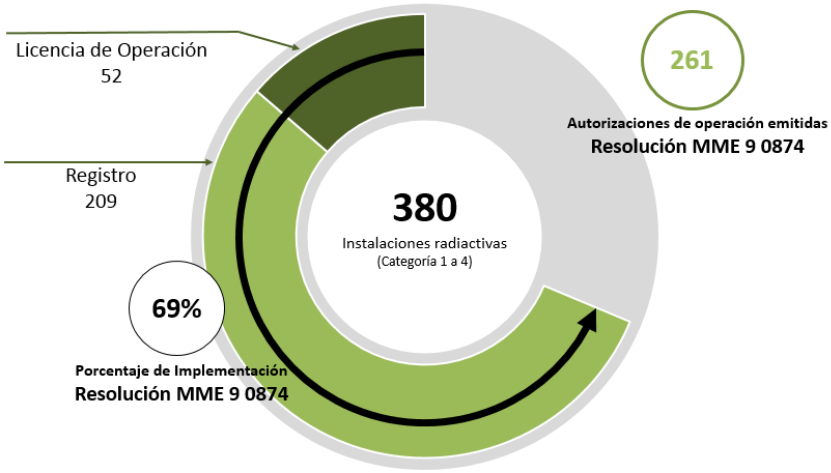


Ilustración 1: Estado de licenciamiento para instalaciones radiactivas con corte a 31 de diciembre de 2019

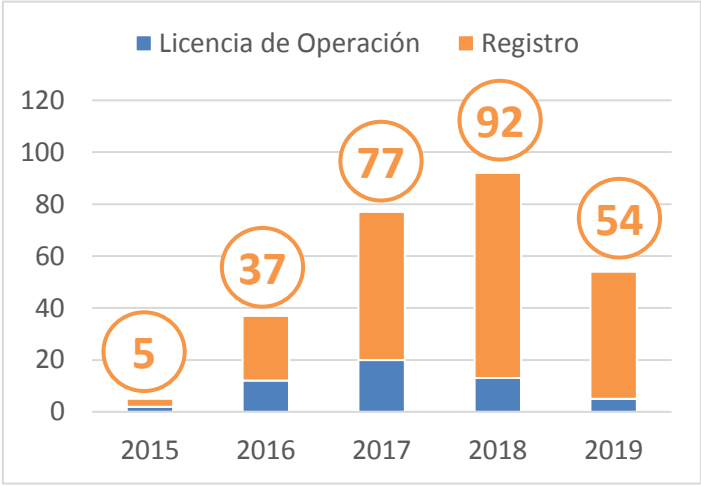


Ilustración 2: Histórico de autorización de operación emitidas desde la entrada en vigor de la Resolución 90874, con fecha de corte a 31 de diciembre de 2019.

Como se observa en la Gráfica, durante la vigencia 2019 se emitieron noventa y tres (93) autorizaciones, distribuidas así:

- Cinco (5) Licencias de Operación para instalaciones radiactivas categorías 1 o 2 (con fuentes radiactivas asociadas altamente peligrosas y extremadamente peligrosas) y

- Cuarenta y nueve (49) Registros de Operación para instalaciones radiactivas categorías 3 o 4 (con fuentes radiactivas asociadas peligrosas o improbablemente peligrosas).

Así mismo se emitieron tres (3) Licencias de diseño para instalaciones radiactivas categorías 1 o 2 (con fuentes radiactivas asociadas altamente peligrosas y extremadamente peligrosas).

Los resultados sobre la implementación de la Resolución 9 0874 obtenidos para el año 2019, son consecuencia, de las medidas implementadas desde diciembre de 2016 sobre el fortalecimiento de los canales de interacción y comunicación con el usuario por medio de reuniones, llamadas telefónicas y por videoconferencia.

El SGC para el año 2019, llevó a cabo ochenta y cinco (85) reuniones personalizadas con usuarios de material radiactivo, en las cuales se revisó su estado de licenciamiento, se aclararon dudas respecto a los trámites en curso, y se identificaron las medidas a ser implementadas para acercar a las instalaciones hacia el cumplimiento de los requisitos exigidos en la normativa vigente. Dentro de las reuniones llevadas a cabo con los usuarios de material radiactivo, entre el 01 de enero al 31 de diciembre de 2019, se aplicaron ochenta y dos (82) encuestas, a fin de evaluar el nivel de satisfacción del usuario respecto a la solución de dudas dentro de la reunión, así como la atención recibida de parte del servidor público, con un promedio de calificación de 4.7, de una calificación de 1 a 5.

Conforme a los esfuerzos realizados por el SGC para la implementación integral de la Resolución 9-0874 de 2014, durante la vigencia 2019 se observó la estabilidad en el porcentaje de éxito de los trámites de licencia de operación, registro y licencia de diseño; de acuerdo con lo alcanzado en el año 2018.

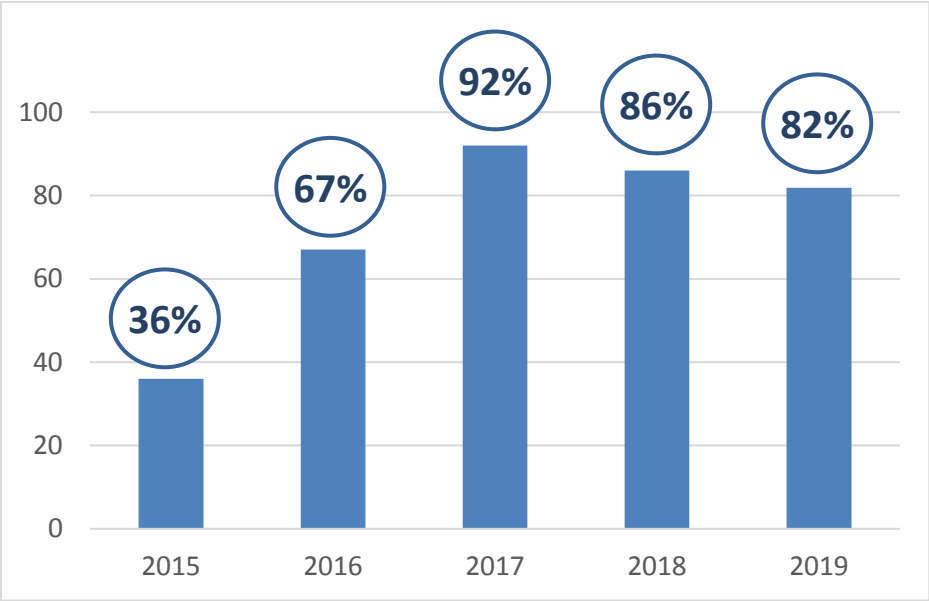


Ilustración 3: Porcentaje de autorizaciones respecto a trámites decididos por año.

Como se muestra en la Gráfica, en 2019 el ochenta y dos por ciento (82%) de los trámites de decididos terminaron en autorización, este valor no es lejano al noventa y dos por ciento (86%) alcanzado en el año 2018.

Respecto a las actividades de licenciamiento y control regulatorio en el lugar de ejecución de práctica autorizada, el SGC durante 2018 llevaron a cabo ochenta y siete (87) inspecciones distribuidas así:

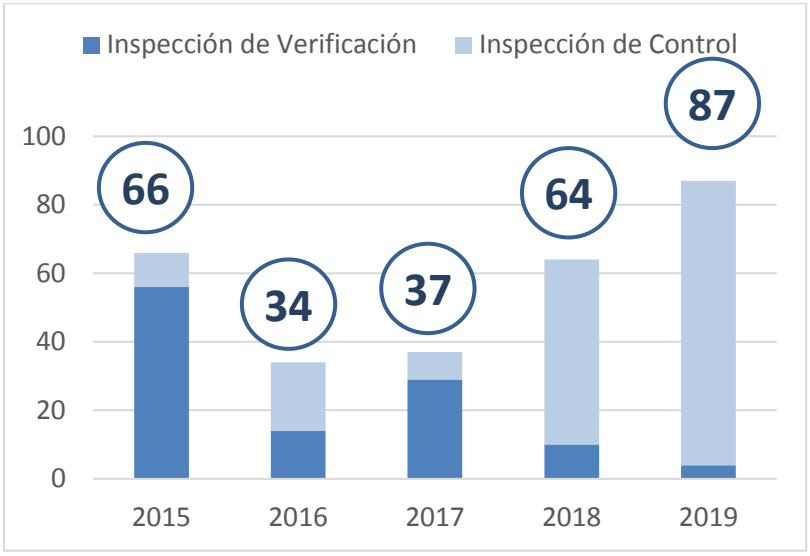


Ilustración 4: Número de inspecciones realizadas por año a partir de la entrada en vigor de la Resolución 9 0874.

- Cuatro (04) visitas de inspección en el marco de procesos de autorización de Licencia de Operación y Licencia de Diseño.

- Ochenta y tres (83) visitas de control regulatorio.

De acuerdo con lo presentado en la Gráfica, en 2019 el número de inspecciones realizadas aumento en treinta y seis (36%) respecto al año 2018.
Así mismo, durante 2019 se resolvieron mil ochocientas veintisiete y seis (1827) solicitudes relacionados con los trámites de: Licencia de clausura, licencia de cese temporal, licencia de importación de material radiactivo, Licencia de reexportación de material radiactivo, modificación de autorización, cumplimiento de plazos, notificaciones, derechos de petición, consultas, petición de documentos e información, entre otros.

Tabla 1: Notificaciones y otras solicitudes resueltas en el marco del Plan Operativo de Licenciamiento y Control 2019 con corte al 31 de diciembre.

TIPO DE SOLICITUD	# DE SOLICITUDES RESUELTAS
Notificación Fuentes Categoría 5	20
Prórroga de Licencia de Importación	28
Modificación de Autorización	131
Notificación de Autorización	160
Notificación de Transferencia	149
Notificación de Expedición	70
Notificación de Importación	125
Notificación de Reexportación	72
Notificación de Clausura	2
Notificación de Cese Temporal	0
Licencia de Clausura	2
Licencia de Cese Temporal	2
Licencia de Importación	155
Licencia de Reexportación	83
Otras Notificaciones	185
Informe de Incidentes y Accidentes	23

TIPO DE SOLICITUD	# DE SOLICITUDES RESUELTAS
Corrección de Pronunciamiento	54
Coerción	47
Cumplimiento de Plazos	58
Petición de Documentos y/o Información	204
Derecho de Petición	20
Consulta	14
Informe Anual de Práctica	60
Informe Anual de Gestión de Desechos	29
Informe de Distribución	134
TOTAL	**1827**

8 ÁREA DE CONOCIMIENTO: CARACTERIZACIÓN E INVESTIGACIÓN DE MATERIALES GEOLÓGICOS. (LABORATORIOS)

Introducción Dirección de Laboratorios

La Dirección 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 y geotécnico 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, procesos de transformación y aprovechamiento de carbones y geoquímica de fluidos terrestres. Adicionalmente, basado 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, a la Fiscalía General de la Nación, y en proyectos de Promoción Minera.

La Dirección en su estructura organizacional tiene cuatro grupos de trabajo: i) Investigación en geometalurgía y geoambiente para el procesamiento de minerales de los depósitos en Colombia; ii) Laboratorio de caracterización, procesamiento e investigación de carbones y materiales energéticos.; iii) Recepción, preparación de muestras para estudios geológicos y caracterización e investigación geotécnica; iv) Laboratorio de caracterización de materiales geológicos e Investigación de procesos geoquímicos, de acuerdo con la Resolución D-211 del 30 de mayo de 2019. A continuación, se presentan los resultados obtenidos durante el año 2019, correspondiente a los proyectos de gestión de los diferentes grupos de trabajo de la Dirección de Laboratorios.

En la Tabla mostrada a continuación, se muestra de manera general los ocho proyectos asociados a la dirección.

Tabla. Proyectos de la Dirección de Laboratorios.

GRUPO DE TRABAJO	ID	PROYECTOS DE GESTIÓN
Recepción, preparación de muestras para estudios geológicos y caracterización e investigación geotécnica	1001411	Adecuación de muestras para estudios geológicos y caracterización geotécnica
	1001412	Investigación en preparación de muestras y procesos geotécnicos
	1001413	Caracterización geoquímica de materiales de origen geológico en los componentes químico, físico y mineralógico.

Caracterización de materiales geológicos e Investigación de procesos geoquímicos	1001414	Investigación en procesos geoquímicos, nuevas metodologías y sus aplicaciones
Caracterización, procesamiento e investigación de carbones y materiales energéticos	1001407	Caracterización de Carbones y Materiales energéticos, para el conocimiento geocientífico, potencial y restricción del territorio nacional.
	1001408	Investigación de carbones y materiales energéticos
Investigación en Geometalurgía y Geoambiente para el procesamiento de minerales de los depósitos en Colombia	1001405	Caracterización geometalúrgica y geoambiental de materiales de origen geológico
	1001409	Investigación y difusión de metodologías para el mejor aprovechamiento metalúrgico de los depósitos en Colombia

Se destaca que cada grupo de trabajo tiene asociados dos proyectos, uno de investigación y uno de caracterización.

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

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.

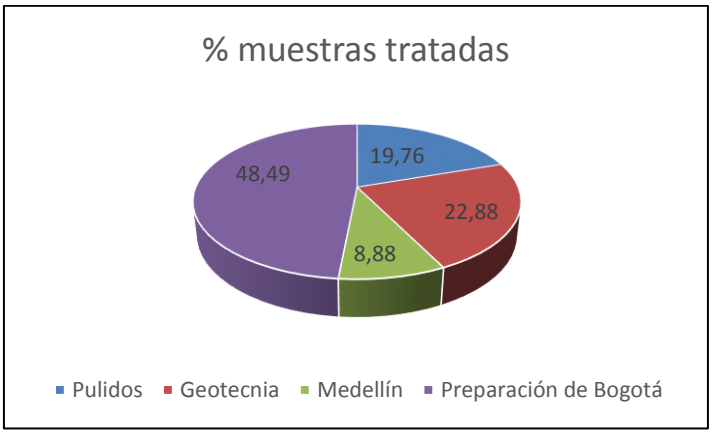
La Dirección de Laboratorios tiene un grupo técnico de trabajo en preparación de muestras que posee la infraestructura física, los equipos adecuados, el personal competente y las metodologías apropiadas para satisfacer esta necesidad y entregar muestras preparadas de calidad.

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.

Nombre y Descripción de Productos y Entregables: Documentos técnicos
Avances y Logros:

- En la oficina de recepción de muestras de la Dirección de Laboratorios se recibieron, durante el 2019, 5224 muestras correspondientes a 248 órdenes de servicio por parte de los usuarios. Sin embargo, se procesaron 7592 muestras producto de algunas muestras que estaban pendientes del año 2018. El laboratorio de pulidos procesó 1500 muestras (19.76%), el laboratorio de geotecnia 1737 (22.88%), el laboratorio de Medellín 674 (8.88%) y el laboratorio de preparación de Bogotá 3681 muestras (48.89%).



- Con el propósito de realizar la preservación de las muestras testigo de los ensayos realizados en los laboratorios, en el mes de agosto se adelantó un trabajo arduo por parte del Grupo de Trabajo para el alistamiento y envío de muestras a la Litoteca en Guatiguará. En total se dispusieron 21 estibas con 600 cajas, que contenían alrededor de 8800 muestras que se encontraban en las instalaciones de la Dirección de Laboratorios, correspondientes a los años 2015, 2016 y 2017.
- Se brindó apoyo especial al proyecto Huella Digital de Minerales de la Dirección de Recursos Minerales correspondiente a la preparación de 69 muestras de minerales de más de 2 Kg por muestra. Para esto se dispuso de equipos (Molinos) y personal de laboratorio necesario para cumplir con los requerimientos del proyecto.
- Respecto a la adecuación de muestras, de acuerdo con el POA reportado por cada uno de los Grupos de Trabajo, durante el 2019, se adecuaron un total de 4396 muestras para estudios Geológicos y Geotécnicos, como se muestra en la Tabla 2. En la Figura adjunta se aprecia parte del proceso de preparación y preservación de muestras que se realiza en el grupo de trabajo.

Tabla 2. Adecuación de muestras geológicos durante el año 2019.

	Preparación Bogotá	Geotecnia	Pulidos	Laboratorio de Medellín	Total
Primer semestre	640	284	423	171	1518
Segundo semestre	1534	165	744	435	2878
	2174	**449**	**1167**	**606**	**4396**

Fuente: propia



Imágenes del proceso de preparación y adecuación de muestras para ensayos geológicos

- Se adelantaron comisiones de los funcionarios y contratistas que participan de las actividades del Comité de Calidad y de la gestión ambiental de la Dirección de Laboratorios. El Ing. John Mauro Castaño y la Qca. Luz Myriam Gómez entre el 05 y 09 de noviembre viajaron a Popayán para participar en el Congreso Colombiano de Química, presentando un trabajo a manera de póster con los avances del proyecto de investigación en concentración de circones.
- Se realizaron visitas de reconocimiento del laboratorio Químico de Medellín con el fin de revisar las instalaciones y realizar seguimiento a las actividades planeadas en el marco de los proyectos, por parte de la Coordinadora del Grupo de Trabajo.
- Se realizaron estudios previos, de mercados, procesos de adquisición de equipos y contratación de servicios de mantenimiento y calibración:

- Adquisición de Resinas para pulidos de la marca Buelher.
- Adquisición de equipos ópticos para los laboratorios de Medellín y laboratorios de Pulidos.
- Adquisición de Pulidoras y Enresinadoras para los laboratorios de Medellín.
- Mantenimiento y calibración de Piezocono del Grupo de Geotecnia.
- Mantenimiento preventivo y correctivo de los Cuartos Húmedos del Grupo de Geotecnia.
- Se está ejecutando el contrato para el mantenimiento preventivo y correctivo de los Molinos marca Retsch.
- Durante el mes de diciembre se llevó a cabo el proceso para la adjudicación de los equipos ópticos. La firma del contrato se tiene prevista para el mes de enero de 2020.
- Se tienen estudios previos aprobados y estudio del sector de los procesos de contratación para la adquisición de equipos de temperatura.
- Mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de pulidos (Este proceso se realizará en conjunto con los grupos de trabajo de Medellín, Cali y Litoteca).

- Se adjudicó el proceso de adquisición de bienes y servicios indispensables para el desarrollo de las actividades del Laboratorio: reactivos, materiales y suministros, equipos de cómputo y elementos de ferretería, entre otros.
- Se continuaron los trámites precontractuales para el proceso de adquisición de reactivos.

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.

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.

Nombre y Descripción de Productos y Entregables: Documentos técnicos

Avances y Logros:

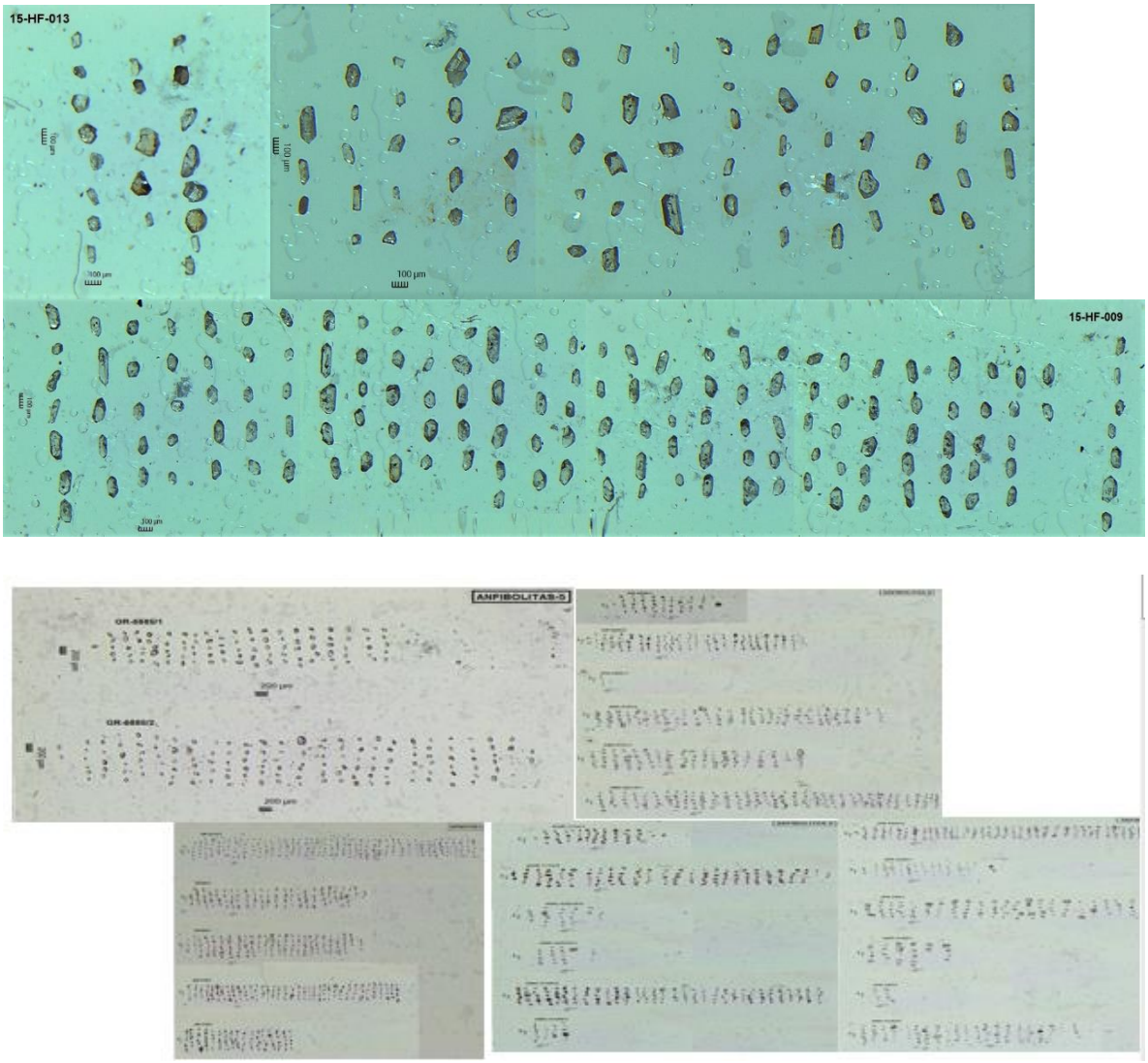
✓ **Metodología para la concentración de circones en rocas granitoides**

- Se realizó la selección de muestras de rocas granitoides provenientes de los usuarios; en total se identificaron 47 muestras para el proyecto.
- Durante el 2019, se realizó el trabajo de laboratorio de 15 muestras granitoides, obteniéndose ángulos laterales para muestras en mesa Wilfley que varían entre 7.10 y 7.70 y ángulos frontales que varían entre 1.10 y 1.70, los ángulos laterales y frontales para la separación magnética en equipo Isodinámico Frantz fueron respectivamente 200 y 100 , obteniéndose circones en un rango entre 70 y 420 circones, lo cual es un indicativo alto en estos parámetros para la obtención de circones.
- Se realizó el trabajo de laboratorio para 20 muestras de granitoides, obteniéndose ángulos laterales para las muestras en mesa Wilfley y ángulos frontales y laterales para la separación magnética en equipo Isodinámico Frantz.



Imágenes del trabajo de laboratorio efectuado para la separación de muestras granitoides

A continuación, se puede ver la galería Fotográfica de las muestras separadas.



Imágenes de las muestras granitoides separadas

- ✓ **Caracterización geotécnica de materiales geotécnicos finos**

- Se llevó a cabo la primera comisión de exploración en la zona de la sabana de Bogotá, para definir los sitios de muestreo y dar trámite a permisos y gestiones necesarias antes de realizar la comisión de perforación. En el mes de octubre el Laboratorio de Geotecnia realizó la primera comisión de toma de muestras entre el 30 de septiembre y el 22 de octubre de 2019, como parte de la ejecución del proyecto. En diciembre se realizó una segunda comisión con el fin de completar la toma de muestras en la región. Está pendiente la relación de las muestras tomadas para el ingreso al laboratorio.

- El proyecto delimitó con base en análisis SIG de información secundaria (geología, geomorfología y datos de información geotécnica secundaria) el área de exploración directa en Sabana de Bogotá y las condiciones geológicas locales de las mismas; definió a partir de control de campo las posibles zonas de exploración e informó a las autoridades locales de la actividad futura a realizar por parte del SGC para toma de muestras. Igualmente, se desarrolló en puesto de trabajo capacitación para el personal del laboratorio en el uso del equipo de perforación mecánica necesario para toma muestras, ponerlo a punto y adquirir destrezas en su manejo.
- Se entregó un informe en el formato para RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN DE PERFORACIONES EN CAMPO. En total ingresaron 50 muestras al laboratorio de esta comisión y se realizaron 79 metros de perforación mecánica. Se entregó la relación de muestras en formato Excel como parte de los entregables del proyecto.
- Se efectuó el seguimiento a la construcción de la estructura de la base de datos en ACCES y la depuración de la información para los sectores de Sabana de Bogotá, seleccionados para efectuar perforación geotécnica.
- Se realizó apoyo técnico al proyecto de "Caracterización de materiales Geotécnicos" mediante el alistamiento del equipo de perforación para el desarrollo de la comisión de toma de muestras geotécnicas en la Sabana de Bogotá entre septiembre y octubre y las labores preparatorias para la misma que incluyen la solicitud de elementos para comisión.





Imágenes del trabajo de exploración geotécnica en campo en la Sabana de Bogotá

- Se inició la consolidación de informes de avance respecto de los trabajos de exploración geotécnica y base de datos.
- Se revisaron y organizaron las 50 muestras producto de la exploración geotécnica desarrollada en Sabana de Bogotá.
- Se adelanta el proceso de modificación y ajuste de programa de trabajo para las actividades comprometidas para el siguiente periodo de trabajo 2019 - 2020.

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

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.

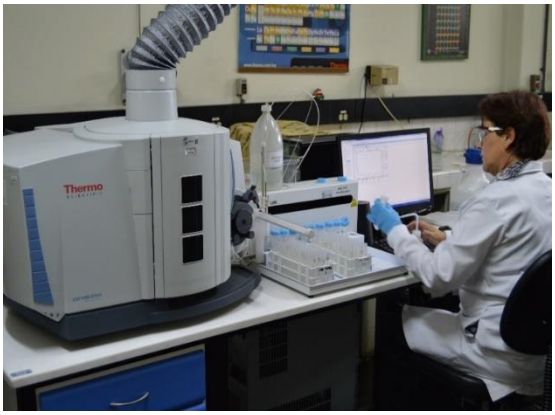
Los productos de información generados por el Laboratorio son insumo fundamental para la realización de mapas, modelos, informes, entre otros que le aportan al país en los diversos sectores de la economía, que requieren información sobre el conocimiento y la cartografía geológica, las amenazas geológicas y el potencial de los recursos del subsuelo colombiano.

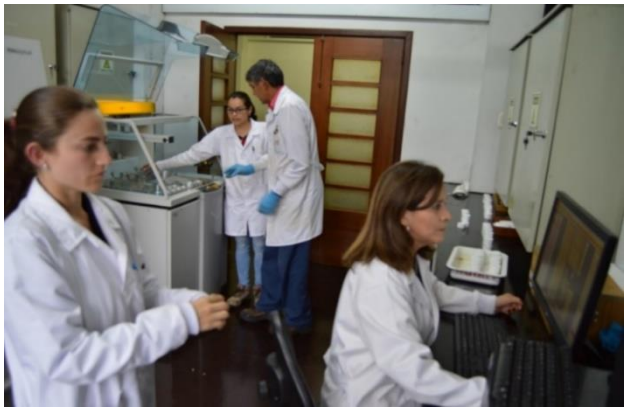
Beneficios: El proyecto le permite al SGC la ejecución de los análisis de laboratorio que son requeridos para la generación de la mayoría de los productos institucionales y el mantenimiento óptimo de la infraestructura tecnológica del Laboratorio de Geoquímica.

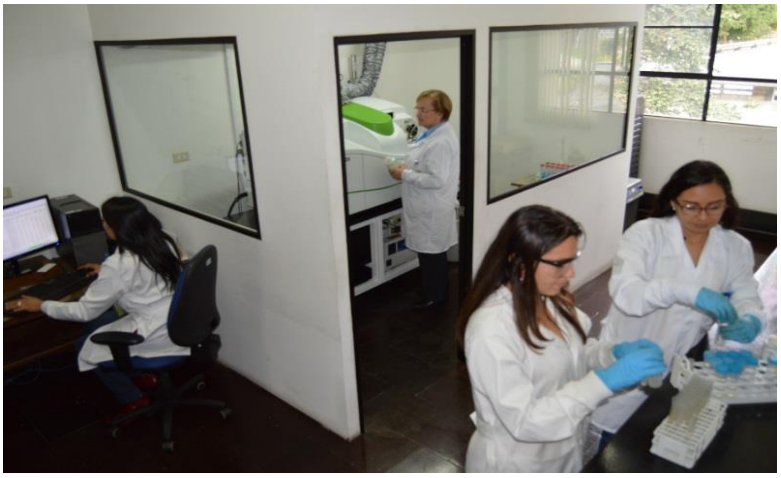
Nombre y Descripción de Productos y Entregables: Documentos técnicos

Avances y Logros:

- Se realizaron 78658 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. En la Figura mostrada a continuación se aprecia parte del personal de laboratorio realizando la labor de caracterización de materiales.







Imágenes correspondientes a la ejecución de los ensayos de caracterización geoquímica

- Se adelantaron los procesos contractuales requeridos para llevar a cabo la adquisición, mantenimiento y calibración del equipamiento para los siguientes equipos que se emplean en los laboratorios del grupo de trabajo caracterización de materiales geológicos e investigación de procesos geoquímicos:

- Proceso de mantenimiento del Purificador de aguas del OVS Manizales
- Proceso de mantenimiento del equipo ARL Perform'X marca Thermo Scientific
- Proceso de mantenimiento y calibración del Titulador T-90, marca Mettler Toledo.
- Proceso de adquisición de Bloques digestores.

- Se adelantaron los trámites precontractuales (estudios previos y estudios de mercado) referentes a los procesos para la adquisición de equipos y contratación de servicios de mantenimiento y calibración, cómo sigue:

- Adquisición de equipos de temperatura y purificadores de ácidos para los laboratorios del Servicio Geológico Colombiano.
- Mantenimiento preventivo, correctivo y suministro de repuestos para los equipos cromatógrafos de gases marca ALIGENT.
- Proceso de adquisición de reactivos para los laboratorios.
- Proceso de adquisición de materiales y suministros generales para los laboratorios.
- Proceso de adquisición de equipos de cómputo.
- Se culminó la elaboración de estudios previos y estudio del sector para los procesos de contratación del mantenimiento preventivo, correctivo y suministro de repuestos, de los siguientes equipos: Titulador T-90 marca Mettler Toledo, Equipos Marca Agilent y los equipos Marca Thermo.
- Se encuentra en proceso contractual la adquisición del equipo ICP-MS-HPLC, el cual se financia en conjunto con la Dirección de Recursos Minerales.
- Se adjudicó el proceso de adquisición de los materiales y suministros.
- Se continuaron los trámites precontractuales para el proceso de adquisición de reactivos.

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:

- Se llevaron a cabo los estudios previos, estudio del sector y el proceso para la adquisición de la base de datos PDF-4. La firma del contrato y la ejecución está prevista el mes de enero de 2020.
- En estudios de movilidad se hizo contacto con el grupo de Cali para recibir apoyo en el trabajo de planeación y realización de las comisiones necesarias para cumplir los objetivos planteados.
- En nuevas metodologías se concluyó la revisión bibliográfica de tamaño y forma de partícula.
- Se creó en Isolucion la hoja de vida del espectrofotómetro de infrarrojo (FTIR).
- Se presentaron dos trabajos en el XVIII Congreso Colombiano de Química en los temas del montaje de la metodología de TGA para arcillas y de la optimización en la preparación de las muestras de arcillas para la caracterización por diferentes métodos.





Imágenes correspondientes al desarrollo de nuevas metodologías para la investigación de procesos Geoquímicos

- En nuevas metodologías para minerales arcillosos se realizó el montaje de la metodología de TGA acoplado a infrarrojo (FTIR) para hacer el análisis de gases desprendidos de arcillas por esta metodología.
- Se procesaron y consolidaron resultados de las muestras de arcillas las cuales se presentaron en la IV Reunión de la Asociación Latinoamericana de Cristalografía.
- En nuevas metodologías para minerales arcillosos se realizó la validación del TGA acoplado a infrarrojo (FTIR) para hacer el análisis de gases desprendidos de arcillas por esta metodología

- En la parte documental se aprobó en Isolución del manual de operaciones del equipo de infrarrojo.
- Se realizó la adquisición de multiparámetros digitales portátiles y de mesa para la determinación de pH, conductividad, potencial de oxidación – reducción, y oxígeno disuelto, con el fin de avanzar en el desarrollo de nuevas metodologías analíticas para minerales arcillosos y avanzar en el estudio de la movilidad geoquímica de metales pesados.
- En estudios de movilidad se realizaron pruebas de especiación en el equipo DMA-80 con materiales de referencia preparados a partir de sales comerciales de mercurio y un sedimento tomado como blanco.



Imágenes correspondientes al Equipo Analizador directo de Mercurio Milestone DMA-80 donde se realiza el fraccionamiento de especies mediante programas de temperatura

- Se adjudicó la compra de una bureta digital, dos centrifugas y un Kit de muestreo de suelos.
- Creación de hoja de vida en la herramienta Isolución de los equipos de laboratorio adquiridos para el proyecto en la vigencia 2019.
- Se adelantaron las pruebas preliminares para la implementación de la metodología de cuantificación de amorfos por Difracción de Rayos X por el método de adición de estándar interno. Para esto se trabajaron 6 muestras con diferentes % de patrón. A partir de estos ensayos iniciales se definieron las mezclas, los patrones internos a utilizar y las condiciones de lectura para los análisis para el montaje del método. Se prepararon las mezclas para posterior toma de difractogramas.
- Se realizó la adjudicación de contrato para la adquisición de celdas de muestra para el equipo analizador de forma de partícula.
- Se elaboró el manual de operaciones de la centrífuga y el método de ensayo de análisis de arcillas por TGA acoplado a IR. Estos documentos se enviarán en el mes de enero de 2020, a flujo de revisión en la herramienta Isolución.



Imagen del Kit de muestreo de suelos adquirido para toma de muestras en los estudios de movilidad

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

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.° 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.

Nombre y Descripción de Productos y Entregables: Documentos técnicos – Guías metodológicas

Avances y Logros:

- Se llevó a cabo el muestreo en minas, plantas de beneficio, ríos, quebradas y vertimientos, en el Distrito San Juan (Istmina, Condoto, Tadó).
- Se adelantaron análisis mineralógicos, ensayos metalúrgicos y análisis químicos-ambientales del material colectado en el Distrito minero de Frontino – Abriaquí y se iniciaron análisis del material colectado en el Distrito de Tiquisio – San Martín de Loba – Barranco de Loba.
- Se realizó el estudio económico y la evaluación financiera de la propuesta de ruta metalúrgica para la zona minera de Frontino – Buriticá.
- Se redactaron los textos de los capítulos de geología, minero, metalúrgico, químico ambiental y económico, correspondientes a la Guía Metodológica para el mejoramiento productivo del beneficio de oro sin uso del mercurio de la zona de Frontino – Buriticá.
- Se elaboró del informe preliminar soporte de la Guía Metodológica para el mejoramiento productivo del beneficio de oro sin uso del mercurio, correspondiente a la zona de Frontino – Buriticá. Se elaboró el diseño y se tienen avances en la diagramación de la Guía Metodológica para el mejoramiento productivo del beneficio de oro sin el uso del mercurio, correspondiente al Distrito Minero de Frontino (Antioquia), como se puede observar en las siguientes imágenes.

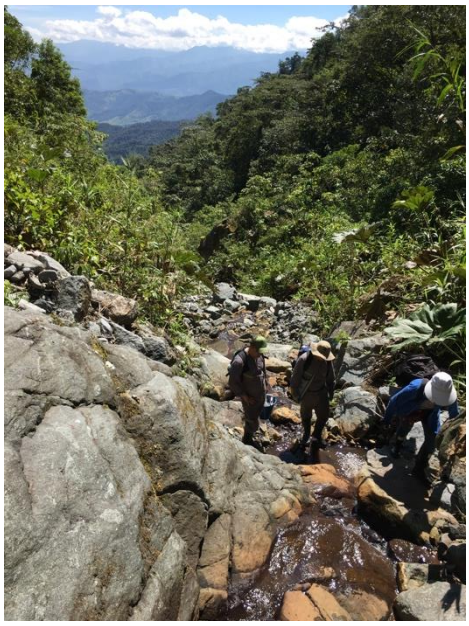


Imágenes del diseño de portada y avance de diseño de la guía correspondiente a la zona de Frontino (Antioquia)

- Se realizó la diagramación de la Guía Metodológica para el mejoramiento productivo del beneficio de oro sin el uso del mercurio, correspondiente al Distrito Minero de Frontino (Antioquia).
- Se adelantó la celebración de Convenios Especiales de Cooperación con la Universidad Nacional y Universidad de Caldas, con el fin de aunar esfuerzos para la realización de análisis y ensayos especializados que permitirán caracterizar el mineral de cada una de las zonas de estudio, desde el punto de vista mineralógico y metalúrgico. Se suscribió el Convenio Especial de Cooperación con la Universidad Nacional, con el fin de aunar esfuerzos para el desarrollo de análisis especializados para el estudio de la génesis de los yacimientos de oro de las cuatro zonas de estudio. En el mes de enero de 2020 se suscribirá Convenio Especial de Cooperación con la Universidad de Caldas.
- Se adelantó la consolidación de información secundaria, mapas geológicos y topografía digital de los distritos auríferos seleccionados para el proyecto, con la finalidad de efectuar un reconocimiento de la zona de estudio y obtener información para la programación del plan de trabajo de muestreo.
- Se efectuó una revisión rigurosa de las listas de materiales requeridos para muestreo en campo y de los formatos para el levantamiento de información primaria en campo en cada una de las siguientes áreas: geología, minería, metalurgia, químico – ambiental y económico.
- Se llevó a cabo el primer muestreo en minas, plantas de beneficio, ríos, quebradas y vertimientos, correspondientes al Distrito minero de Frontino-Abriaquí, como se puede observar en las siguientes imágenes.



Imagen del muestreo en la mina La Palma, Frontino (Antioquia)





Imágenes del muestreo en vertimientos de las plantas visitadas y socialización del proyecto con la comunidad minera, Frontino (Antioquia)





Imágenes de las visitas para la caracterización y muestreo en plantas de beneficio de Frontino (Antioquia)

- Se trabajó en la elaboración de estudios previos; construcción de especificaciones técnicas, solicitud de cotización y realización del estudio de mercado, de los procesos de adquisición, mantenimiento y calibración de equipos para los laboratorios de química, metalurgia, mineralogía y planta piloto.
- Se siguen surtiendo los procesos pre y contractuales para la adquisición de bienes y servicios indispensables para el desarrollo de las actividades del Laboratorio: reactivos, materiales y suministros, equipos de cómputo, elementos de seguridad minera, elementos de ferretería, gases y elementos de campo, entre otros.

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.

Nombre y Descripción de Productos y Entregables: Documentos técnicos de metodologías desarrolladas

Avances y Logros:

- Se definieron los siguientes temas de estudio del Proyecto:
  - Aplicación de métodos automatizados en el análisis petrográfico,
  - Aplicación de software en la simulación y modelamiento de plantas hidrometalúrgicas
  - Procesos químicos y electroquímicos para la separación selectiva de metales en soluciones de cianuración.
  - Procesos de determinación del grado de toxicidad de relaves mineros.
- Se estableció contacto técnico con la Universidad de los Andes para adelantar el estudio de modelamiento de procesos de molienda.
- Se elaboró estudio de mercado y se definieron términos de referencia para el proceso de adquisición de equipos multiparámetros, los cuales se emplean para determinar parámetros fisicoquímicos en medio acuoso y son de gran utilidad para mediciones en ríos y vertimientos. El contrato se encuentra en ejecución para su adquisición.
- Se dio inicio de pruebas de electro obtención, análisis ambientales y mineralógicos.
- Se elaboró estudio de mercado y se definieron los términos de referencia para la adquisición de una licencia de programa (software) para la simulación de procesos de beneficio de minerales, lo cual permitirá entre otros, realizar adecuaciones en el diseño, caracterización, optimización, y monitoreo de los procesos de beneficio de minerales en diferentes escalas (laboratorio, planta piloto, industrial), y adaptar operaciones con base en la geometalurgia de un depósito.
- Establecimiento del método para medir sólidos sedimentables y sólidos suspendidos en vertimientos mineros.



Imagen de Estudios de determinación de sólidos suspendidos y sedimentables. Turbidez

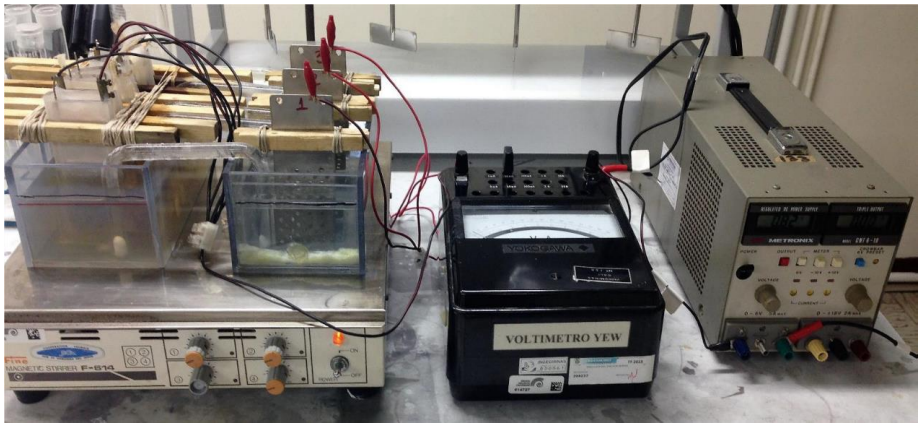


Imagen de Estudios selectivos de electro obtención de oro y cobre

- Se inició el estudio de simulación y modelamiento. Se ajustó el programa de dimensionamiento de equipos de plantas de beneficio para ser utilizado en Excel.
- Se adelantó la contratación del pasante en química, para apoyar las investigaciones que se realizarán en procesos químicos y electroquímicos para la separación selectiva de metales en soluciones de cianuración.
- Se elaboraron estudios previos para la contratación pasantes en las siguientes áreas del conocimiento: Ingeniería química, Ingeniería sanitaria y ambiental y geología. Los pasantes contratados se encuentran trabajando en las investigaciones definidas en las áreas de química, geología e ingeniería sanitaria y ambiental.

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

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.

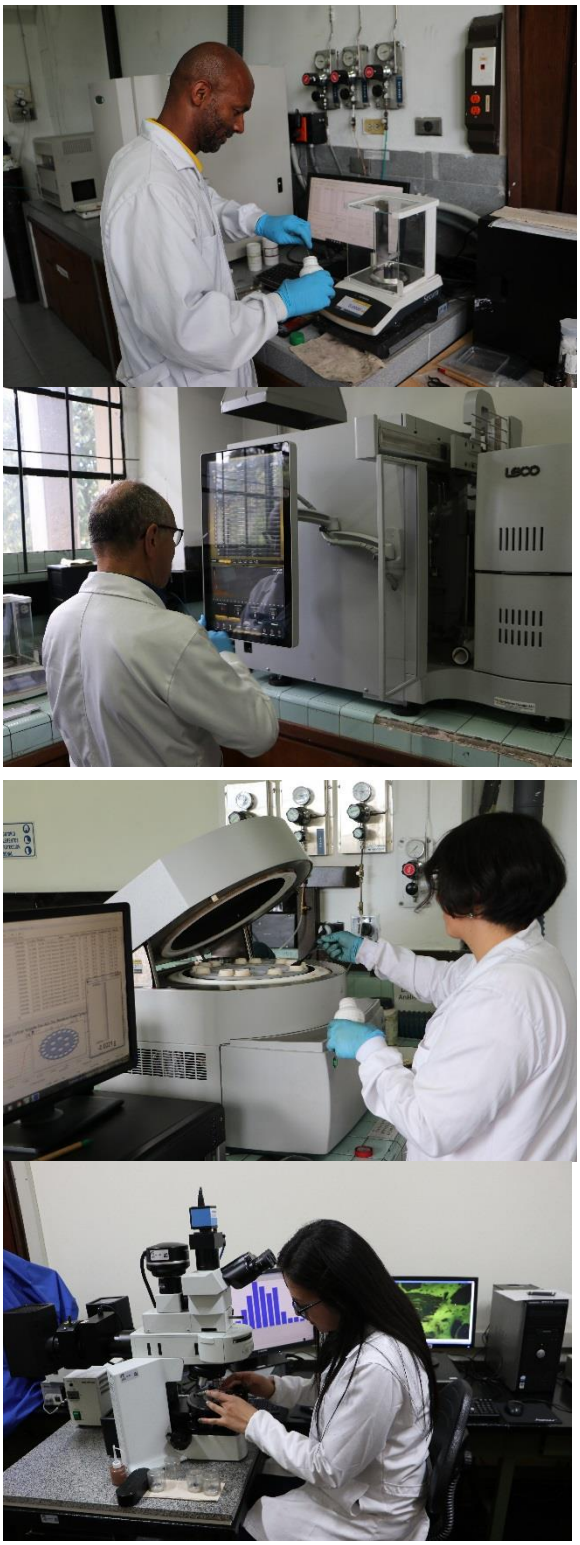
Nombre y Descripción de Productos y Entregables: Documentos técnicos

Avances y Logros: En este proyecto de gestión participan todos los profesionales de este grupo de trabajo de la Dirección y sus avances y logros más importantes son:

- Se inició la ejecución del contrato No. 709 del 2019 del mantenimiento preventivo, correctivo y suministro de repuestos de los equipos Leco para los Laboratorios de Carbones y Geoquímica. Supervisión de contrato de mantenimiento de Equipos Leco.
- Se culminó la elaboración de estudios previos y estudio del sector para los procesos de contratación del mantenimiento preventivo, correctivo y suministro

de repuestos de los equipos de preparación de muestras de carbones y otros equipos Marca Agilent.

- Realización de estudios previos y en etapa precontractual la compra de equipos para preparación (Estufas de secado, rueda homogeneizadora), Equipo de CHN y un pulverizador para la molienda fina de los carbones.
- Se inició la elaboración de estudios previos y estudio del sector para la contratación del mantenimiento del equipo de análisis de reflectancia de carbones.
- Se tienen estudios previos aprobados y estudio del sector de los procesos de contratación para la adquisición de los siguientes equipos: purificador de ácidos y equipos de temperatura.
- Se ajustaron los estudios previos del convenio interadministrativo a suscribir con la ANM, el cual tiene por objeto ara el desarrollo de las actividades de verificación y análisis de calidad de muestras de minerales, en desarrollo del proceso de fiscalización de los proyectos mineros y el apoyo a la investigación científica básica y aplicada del potencial de recursos del subsuelo.
- Se participó en el XVIII Congreso Colombiano de Química, organizado por la Asociación Química Colombiana.
- Con relación a las actividades de ensayos para el proyecto de caracterización de carbones y materiales energéticos, durante el año 2019 se prepararon un total de 604 muestras y se realizaron 7588 ensayos, con sus respectivos informes.
- Se continúa adelantando actividades relacionadas con los trámites precontractuales requeridos para la contratación de servicios de mantenimiento de los equipos de cromatografía de gases marca Aligent, equipo de análisis de mercurio total DM 80 marca Milestone, espectrómetro para análisis petrográfico de carbones y demás equipos del laboratorio de carbones.



Imágenes correspondientes a la ejecución de los ensayos de caracterización de carbones

- Se realizaron ensayos correspondientes al tercer envío de las muestras de carbón a malla 4 y malla 60 del programa interlaboratorios INTERLAB.
- Se llevó a cabo una visita técnica al laboratorio de combustibles de UNIVALLE y asistencia a taller organizado por ellos.
- Se adjudicó el proceso de adquisición de los materiales y suministros para los laboratorios.

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.

Nombre y Descripción de Productos y Entregables:

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

Durante el año 2019 se desarrollaron las siguientes actividades y logros en la ejecución del proyecto:

✓ **Fase: Ocurrencia de mercurio**

- Se continuaron las actividades de Investigación en Ocurrencia de mercurio.
- Se suscribió el acta de inicio Convenio Especial de Cooperación entre el SGC y ANDEG, con el fin de continuar con el trabajo realizado en el proyecto en colaboración con las térmicas.
- Entrega y presentación de los informes ante el comité técnico de Termopaipa I, II y III, para entregar a los proveedores de carbón de la termoeléctrica. (Ubicación: Y:\CARBONES 2019\INVESTIGACIÓN\OCURRENCIA DE MERCURIO)
- Gestiones con tres expertos internacionales para realizar el curso a mediados del año 2020.
- Se adelantó visita de reconocimiento a Termotasajero y a Termosochagota, para definir el plan de trabajo y concertar las actividades de muestreos en las térmicas y el muestreo en minas que proveen el carbón.
- Se efectuaron comisiones a Termotasajero con el objetivo de socializar el proyecto ante los proveedores de carbón para la térmica y realizar reuniones en la planta para definir logística para el desarrollo de las actividades correspondientes con esta termoeléctrica.

- Se realizó el primer muestreo de carbones, cenizas volantes, cenizas de fondo, mediciones de mercurio en aire en las inmediaciones de la termoeléctrica, toma de muestreas con trampas en la chimenea de la unidad II de la termoeléctrica Termotasajero para la determinación de mercurio en las emisiones para fuentes fijas.
- Se realizó la presentación del proyecto, con TERMOSOCHAGOTA a los proveedores de carbón.



Imágenes del trabajo de muestreo en aire, chimenea y minas en Norte de Santander.

- Se elaboraron estudios previos para el Convenio Especial de Cooperación a suscribir con ANDEG, el cual tiene por objeto: “Aunar esfuerzos técnicos, administrativos y financieros entre el servicio geológico colombiano SGC y la Asociación Nacional de Generadores ANDEG para contribuir en el avance del proyecto de investigación de carbones y materiales energéticos, en concordancia con los estudios que viene adelantando el Servicio Geológico Colombiano (SGC), a través de la Dirección De Laboratorios”.
- Inicio de la preparación y realización de análisis a las 102 muestras de carbón tomadas en frente de mina de zonas del Departamento de Norte de Santander.

- Realización de resúmenes y envío para el CONGRESO COLOMBIANO DEL CARBONO, C3-2020.
- Se elaboraron estudios previos para la adquisición de accesorios requeridos para el equipo analizador de mercurio en fuentes fijas.
- Se presentó en el Congreso de Geología el trabajo titulado: "Estudio de la ocurrencia de mercurio en carbones utilizados en combustión en una zona de Boyacá – Colombia".

✓ **Fase: Correlación Interparamétrica**

- Se realizó análisis estadístico de 72 muestras de diversas zonas carboníferas del país, cuyos datos fueron extractados del Libro: "El carbón colombiano: Recursos, reservas y calidad. 2a. edición y también de 83 muestras del proyecto de ocurrencia de mercurio".
- Avance en el tratamiento estadístico y en el informe técnico. A la fecha se cuenta con datos y correlación de 269 muestras de carbón de diferentes regiones del país.
- Realización de comisión para muestreo de carbones en frentes de mina en los municipios de Norte de Santander. El muestreo se realizó en 8 minas y se recolectaron 36 muestras de carbón, la mayoría, carbones coquizables.
- Realización de nota en Geoflash sobre el proyecto de Correlación Interparamétrica.
- Realización de resumen para el CONGRESO COLOMBIANO DEL CARBONO, C3-2020.
- Contactos con la Agencia Nacional de Minería (Jamundí, Valle del Cuca), Universidad del Valle y la Universidad Francisco de Paula Santander para socializar el proyecto y evaluar las perspectivas de muestreo; lográndose establecer contacto inicial con mineros y universidades para realizar próximos muestreos.
- Elaboración de 123 probetas de muestras de carbón y 40 análisis de reflectancia media de la vitrinita y elaboración de informe técnico.
- Elaboración y remisión de los siguientes resúmenes al XVIII Congreso Colombiano de Química: i) "Evaluación de la competencia en los ensayos para análisis de carbones en algunos laboratorios establecidos en Colombia" y "Carbones colombianos: correlaciones y su aplicación con propósitos industriales", ii) "Ocurrencia de mercurio en carbones: correlaciones - ciclo de combustión en Boyacá, Colombia".



Imagen de la exposición del poster "Carbones colombianos: correlaciones y su aplicación con propósitos industriales en el XVIII Congreso Colombiano de Química.

- Se elaboró documento acerca del estado del arte sobre espectrometría RAMAN como alternativa para estudios de investigación de carbones y viabilidad de adquisición.
- Se adelantaron reuniones de trabajo con grupos de investigación de la Universidad Francisco de Paula Santander y con proveedores y comercializadores de carbón de Norte de Santander, durante los días 29 y 30 de agosto de 2019 en Cúcuta, para realizar la apropiación social del conocimiento; buscar sinergias y lograr acceso para realizar muestreo de carbón en minas de la región.



Imágenes de las reuniones de trabajo con investigadores de La Universidad Francisco de Paula Santander y proveedores y comercializadores de carbón del Norte de Santander.

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

En cuanto a una de las actividades dentro de los proyectos de Caracterización de todos los grupos de trabado de la Dirección, la de **Fortalecimiento de la competencia técnica de los Laboratorios** se mencionan las principales acciones para este tercer trimestre.

- Realización de jornadas de Calidad con presentaciones de las 7 técnicas o actividades a evaluar y Técnicas de Auditoría, Competencias, habilidades Auditor, redacción de no conformidades y elaboración de 2 talleres.
- Diligenciamiento de la herramienta para el diagnóstico de la Dirección de Laboratorios frente a la norma 17025:2017 para realizar los diagnósticos.
- Elaboración de documento con alcance y funciones del Comité de Calidad y ajustes correspondientes.
- Realización de 7 diagnósticos de cumplimiento de los requisitos de la norma ISO IEC 17025:2017 en Bogotá, Cali, Manizales, Medellín, cómo sigue:
  - ***Cali:*** Determinación de oro por ensayo al fuego
  - ***Bogotá*****:** Carbones Determinación de análisis próximo de carbón y coque por análisis macrotermogravimético
  - ***Manizales*****:** Determinación de aniones por cromatografía iónica
  - ***Bogotá Geotecnia*****:** Determinación de la Humedad de los Suelos
  - ***GTR Medellín***: Concentración de circones por medio magnético para datación
  - ***Bogotá Geoquímica*****:** Determinación de Hg en Suelos, Rocas y Sedimentos mediante Descomposición Térmica y Amalgamación.
  - *Bogotá*: Preparación de muestras.
- En relación con el fortalecimiento de la competencia técnica de los laboratorios, en el mes de diciembre se efectuaron los ajustes finales al documento de plan de mejora que resultó del diagnóstico realizado en la Dirección de Laboratorios sobre el cumplimiento de los requisitos de la norma ISO/IEC 17025:2017, para las siete metodologías seleccionadas.
- Elaboración de los informes y diligenciamiento total de la herramienta diagnóstico de: Carbones, Manizales, Medellín y Geoquímica.
- Elaboración de cronograma de actividades a realizar en octubre para talleres de riesgos, producto no conforme y consolidación informe diagnóstico en Bogotá, por parte del Comité de Calidad de la Dirección de Laboratorios.
- Se realizó la contratación de un profesional para apoyar el proceso de Administración de equipos (AEO) y los procesos inherentes a la gestión metrológica de la Dirección de Laboratorios.
- Seguimiento a Control de Producto No Conforme y apoyo en el control de documentos en Isolución.
- Se establecieron responsables y fechas de ejecución de las acciones de mejora definidas, de conformidad con los requerimientos del CONPES 3957 de 2019.
- Se elaboró la justificación para la participación en la convocatoria proyecto de ONUDI para el apoyo técnico a la implementación de la norma ISO/IEC 17025:2017.
- Se efectuó un análisis del estado de avance del proceso AEO, tomando como base la información disponible en la herramienta ISOLUCION y los inventarios del

Servicio Geológico Colombiano (SGC), con el fin de verificar la consistencia de información consignada en ambas herramientas.

- Se realizó un organigrama de las actividades, técnicas de análisis y laboratorios que pertenecen a la Dirección de Laboratorios, a fin de establecer los equipos que se utilizan en cada una de las actividades de la Dirección y se solicitó información de los equipos que requieren calibración, mantenimiento y/o verificaciones, con el ánimo de consolidar un cronograma para la Dirección.

Sensibilizaciones y divulgaciones:

- Sensibilización en Gestión Documental y TRD.
- Participación en reunión organizada por el grupo de planeación para tratar temas de Calidad, coordinar y llevar a cabo planes de acción conjuntos para la implementación de la norma.
- Participación de personal de la Dirección de Laboratorios- Bogotá en charla sobre: “Socialización en los cambios de la norma NTC-ISO/IEC 17025 versión 2017 Vs. 2005”.
- Participación en divulgación de documentos transversales: Control de documentos, Control de Registros, Acciones de Mejoramiento y Revisión por la Dirección.
- Inducción en gestión de calidad a Contratistas del Grupo de Trabajo de Carbones y de Preparación de muestras geológicas.

9 ÁREA DE CONOCIMIENTOFORTALECIMIENTO EN LA GESTIÓN INSTITUCIONAL PARA DAR CUMPLIMIENTO A LA MISIÓN Y POLÍTICAS DE LA ENTIDAD. (SECRETARIA GENERAL)

9.1. Informe de gestión Secretaría General

A continuación, se presenta el Informe de gestión en el periodo comprendido entre el 01 de enero y el 31 de diciembre de 2019; durante esta vigencia, fundamentado en los múltiples frentes que abarca las funciones de la Secretaría General, se considera necesario destacar los siguientes proyectos que se ejecutaron y que estuvieron a cargo de la Secretaria General:

9.2 Despacho Secretaría General

9.2.1 Proyecto de Gestión ID 1000839: Fortalecimiento a las actividades transversales SGC

Objetivo General: Coordinar los procesos transversales de apoyo a las áreas misionales, propendiendo por el fortalecimiento de la gestión, desarrollo y seguimiento de las políticas y estrategias en materia de administración del talento humano, recursos físicos y financieros, control interno disciplinario y contratación institucional.

- Se asistió a la Dirección General en la determinación de las políticas, objetivos y estrategias relacionadas con la administración de la entidad.
- Se apoyó el seguimiento al Plan de Acción de la Secretaría General, y se consolidó y registró los avances periódicos que fueron requeridos en los proyectos de gestión que lo componen.
- Se brindó apoyo en el seguimiento y control a indicadores de gestión de los diferentes grupos de la Secretaría General
- Se realizó seguimiento a los objetivos de estratégicos del SGC competencia de la Secretaría General.
- Se acompañó el avance de las políticas que conforman el Modelo Integrado de Planeación y Gestión, así como proponer actividades de
- divulgación y sensibilización de cada dimensión operativa de la Secretaría General
- Se realizó acompañamiento jurídico especializado en la ejecución de las distintas actividades que se desarrollan en cumplimiento con el objeto misional de la entidad, entre ellas en el campo contractual, dando cumplimiento a las normas que sobre ciencia y tecnología rigen a la entidad y en el desarrollo de procesos contractuales en general.

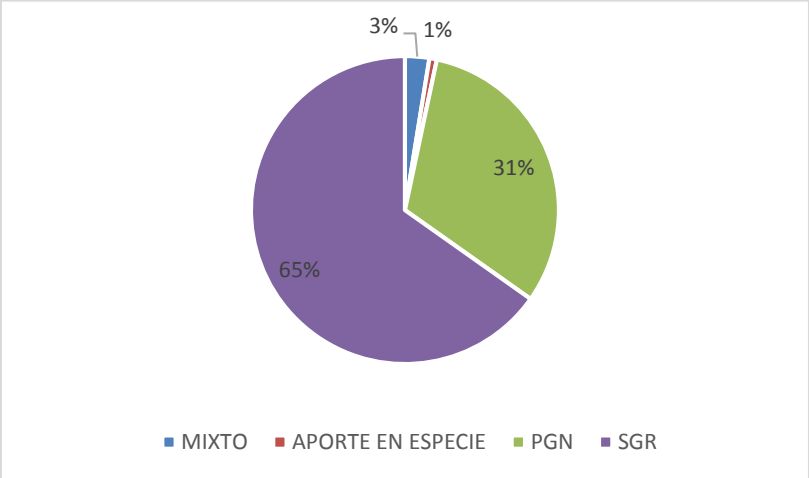
- Se realizó la estructuración legal de procesos de selección, incluyendo la redacción de los documentos requeridos, tales como, pliego de condiciones, términos de referencia, minutas de contratos, así como los demás documentos precontractuales, contractuales, poscontractuales y actos administrativos que se requirieron en el segundo semestre de 2019, y que se han llevado a cabo con recursos del Sistema General de Regalías, teniendo como fin adquirir bienes y servicios que son necesarios para desarrollar proyectos de investigación, de generación e integración de conocimiento geocientífico.
- Porcentaje de avance actividades (progresión) en Planview: A 31 de diciembre de 2019, el proyecto se encuentra con un rendimiento del 96,48%.

9.2 Grupo de Trabajo Contratos y Convenios

9.2.1 Proyecto de Gestión ID 1001335: Fortalecimiento gestión contractual de Bienes y Servicios

Objetivo General: Asesorar, gestionar y mejorar cada una de las etapas del proceso de adquisición de bienes y servicios en el marco de la gestión del conocimiento y la gestión institucional, contribuyendo al logro de los objetivos estratégicos del SGC.

Durante 2019 se realizó acompañamiento, estructuración y adjudicación de 1411 procesos de contratación, distribuidos por fuente de financiación de la siguiente manera:



Fuente: Contratos y Convenios

Se adelantaron procesos de contratación bajo cuatro modalidades de selección:

MODALIDAD	CANTIDAD	%
CONCURSO DE MÉRITOS	1	0,1%
CONTRATACIÓN DIRECTA	1272	90,1%
MÍNIMA CUANTÍA	36	2,6%
SELECCIÓN ABREVIADA	102	7,2%
TOTAL	**1411**	**100%**

Fuente: Contratos y Convenios

La mayor parte de la contratación se concentró en la modalidad de contratación Directa en un 90,1%, la cual se distribuye por causales de contratación, como se muestra a continuación:

CONTRATACIÓN DIRECTA	1272
ARRENDAMIENTO DE BIENES INMUEBLES	14
CIENCIA Y TECNOLOGIA CON LISTA CERRADA	3
CIENCIA Y TECNOLOGIA CON PRECALIFICACIÓN	6
CIENCIA Y TECNOLOGIA LEY 80	15
COMODATO	2
CONTRATO INTERADMINISTRATIVO	6
CONVENIO ESPECIAL DE COOPERACION	17
CONVENIO INTERADMINISTRATIVO	12
PRESTACIÓN DE SERVICIOS PROFESIONALES Y DE APOYO A LA GESTIÓN	1155
PROVEEDOR EXCLUSIVO	42

Fuente: Contratos y Convenios

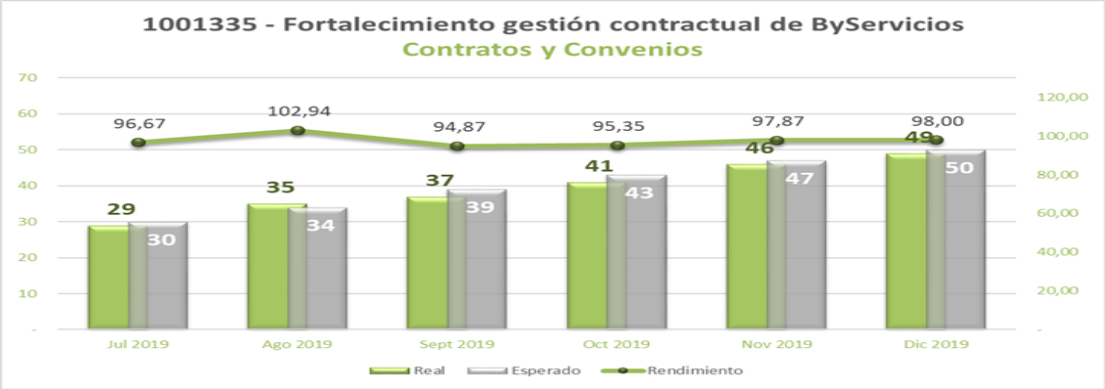
Con relación a los procesos por modalidad de selección abreviada, en su mayor parte se celebraron por subasta inversa, seguidos por los acuerdos marco de precios, tal como se evidencia en la siguiente tabla:

SELECCIÓN ABREVIADA	102
MENOR CUANTÍA	2
SUBASTA INVERSA	53
ACUERDO MARCO DE PRECIOS	47

Fuente: Contratos y Convenios

Agregado a lo anterior, se procesaron 333 solicitudes de modificación a lo largo del 2019 y se brindaron informes mensuales del avance de la contratación ante la Contraloría General de la Nación y el Ministerio de Minas y Energía, a través de las plataformas dispuesta para este fin.

Finalmente, se brindó apoyo y asesoría a las direcciones técnicas en todos los temas contractuales y pos contractuales que tuvieron lugar durante el 2019, logrando un rendimiento promedio del proyecto, para el segundo semestre del 97,62%, según datos extraídos del aplicativo para el seguimiento de proyectos Plan View.



9.3 Grupo de Trabajo Talento Humano

9.3.1 Proyecto de Gestión ID 1001040: Gestión del Talento Humano

Objetivo General: Administrar y desarrollar el talento humano a través de la ejecución de planes, programas y proyectos asociados a la gestión del mismo, con el fin de que la entidad cuente con el personal necesario y competente en concordancia con las leyes y reglamentos

- Planta de personal

La planta de personal aprobada por el Decreto N° 2704 del 22 de noviembre de 2013 del Servicio Geológico Colombiano, corresponde a 329 cargos de los cuales a 2 de enero de 2019 de acuerdo con el tipo de vinculación de la siguiente manera:

Clase de vinculación	Cantidad
Carrera Administrativa	141
Periodo de prueba	93
Nombramiento provisional	57
Libre nombramiento y remoción	18
Total cargos provistos a 2 de enero de 2019	**309**

En el período de enero a diciembre de 2019, ingresaron 35 funcionarios y se retiraron 25 funcionarios de carrera administrativa, quedando la planta de personal del Servicio Geológico Colombiano a 31 de diciembre de 2019 como se muestra a continuación:

Clase de vinculación	Cantidad
Carrera Administrativa	237
Período de prueba	3
Nombramiento provisional	61
Libre nombramiento y remoción	17
Total cargos provistos a 31 de diciembre de 2019	**318**

- Convocatoria 432 de 2016

En el año 2019 se continuó con la provisión en período de prueba de los elegibles seleccionados mediante concurso de méritos con lo cual se llegó al siguiente resultado:

CONVOCATORIA 432-16								
NIVEL	CARGOS CONVOCADOS	CARGOS CON LISTAS DE ELEGIBLES	CARGOS DECLARADOS DESIERTOS	CARGOS CON LISTAS EN FIRME	NOMBRAMIENTOS EFECTUADOS- ACTOS ADMINISTRATIVOS	PENDIENTES DE POSESION	FUNCIONARIOS EN PERIODO DE PRUEBA	SUPERARON EL PERIODO DE PRUEBA
Profesional	108	101	7	101	100	1	2	97
Técnico	12	11	1	11	10	1	0	9
Asistencial	25	24	1	24	22	0	1	21
TOTALES	**145**	**136**	**9**	**136**	**132**	**2**	**3**	**127**

Durante el año 2019 se reportaron ante la Comisión Nacional del Servicio Civil y se certificaron cincuenta y seis (56) cargos vacantes en forma definitiva para una nueva convocatoria, distribuidos por dependencias de la siguiente manera:

DEPENDENCIA	PROFESIONAL	TÉCNICO	ASISTENCIAL	TOTAL
Dirección General		1	1	2
Oficina Asesora Jurídica			1	1
Oficina de Control Interno	1			1
Secretaria General	4	4	4	12
Dirección de Geociencias Básicas	10			10
Dirección de Recursos Minerales	3		1	4
Dirección de Geoamenazas	8	1	2	11
Dirección Gestión Información	2	2	1	5
Dirección Asuntos Nucleares	2		1	3
Dirección Laboratorios	4	2	1	7
TOTAL	**34**	**10**	**12**	**56**

- Otras actividades

  - Se tramitaron treinta y cinco (35) comisiones de servicio al exterior en el Ministerio de Minas y Energía y Presidencia de la República.

- Coordinación del diligenciamiento de la Encuesta de Desempeño Institucional adelantada por el DANE con los funcionarios del Servicio Geológico Colombiano.
- Coordinación, seguimiento, asesoría y capacitación a funcionarios evaluados y evaluadores sobre el proceso de evaluación del desempeño.
- Se mantuvo actualizado al 100% los módulos del Sistema de Información y Gestión del Empleo Público SIGEP: Hoja de Vida, Declaración de Bienes y Rentas y Registro de Novedades.
- Se realizaron los trámites correspondientes al Registro Público de Carrera Administrativa ante la Comisión Nacional del Servicio Civil.

9.3.2 Proyecto de Gestión ID 1001045: Fortalecer el Sistema de Gestión de SST

Objetivo General: Fortalecer el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo permitiendo tener entornos de trabajo seguros y saludables, mediante la implementación de Planes de Trabajo que conllevan a mitigar los riesgos inherentes a la gestión delegada del conocimiento geocientífico.

- Actividades de medicina preventiva y del trabajo

  - Actualización de esquemas de vacunación con enfoque ocupacional (fiebre amarilla, tétano, hepatitis A, hepatitis B, neumococo y fiebre tifoidea).
  - Seguimiento biológico a los trabajadores expuestos a radiación ionizante (53 trabajadores) primero y segundo semestre.
  - Audiometrías en cabina seguimiento a los trabajadores ocupacionalmente expuestos a ruido.
  - Rayos x de tórax con lectura ILO, para trabajadores expuestos a material particulado.
  - Atención de urgencias.

- Campaña de donación de sangre.
- Actualización de la matriz de peligros y valoración de riesgos, inspecciones de puestos de trabajo, actualización del Plan de Emergencias.
- Taller de comportamientos seguros, trabajo y salud en el OVS Manizales.
- Actualización de la señalización de emergencia en el OVS Manizales. Solicitud y tabulación de las necesidades de ropa de trabajo y elementos de protección personal de las diferentes direcciones técnicas y áreas de apoyo, para definir los recursos para el proceso de adquisición.
- Estudios previos y presentación al comité de contratación de los procesos de adquisición de dotación de ley y pruebas paraclínicas.

- Entrega de ropa de trabajo y elementos de protección personal a los trabajadores de las diferentes direcciones técnicas.

9.3.4 Proyecto de Gestión ID 1001434: Fortalecer el Sistema de Gestión del SST

Objetivo General: Fortalecer el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo permitiendo tener entornos de trabajo seguros y saludables, mediante la implementación de Planes de Trabajo que conllevan a mitigar los riesgos inherentes a la gestión delegada del conocimiento geocientífico.

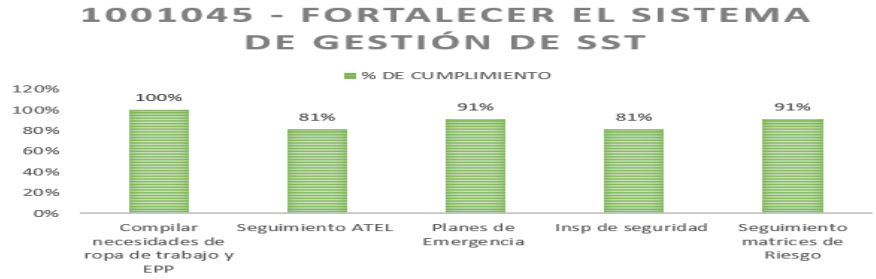
Informe de avance primer semestre 2019:

- Actualización de la matriz de peligros y valoración de riesgos y planes de emergencia en el GTR Cali y OVS Manizales.
- Diseño y realización de la jornada de actualización en prevención de riesgos laborales asociados a labores de campo, con la asistencia de 62 trabajadores - Bogotá sede central.
- Realización de cuatro (4) talleres de primeros auxilios en campo y manejo de accidente ofídico con la asistencia de 53 trabajadores de las diferentes Direcciones Técnicas en la sede Bogotá.
- Diagnóstico de necesidades de ropa de trabajo y elementos de protección personal a nivel nacional, requerimientos de cotizaciones y estudios conducentes al mismo.
- Formulación en el aplicativo de contratación el proceso de selección abreviada por subasta inversa de la adquisición de ropa de trabajo y elementos de protección personal para los trabajadores del SGC a nivel nacional, se encuentra en estudios previos.
- Inspecciones de puestos de trabajo en la Dirección de laboratorios, Dirección de hidrocarburos y a la par se realizó mediciones de iluminación en los puestos de trabajo, mediciones de iluminación en grupo de museo perteneciente a la Dirección Técnica de Geociencias Básicas.
- Entrega de ropa de trabajo y elementos de protección personal, a 40 trabajadores de la Dirección Técnica de Recursos Minerales, 5 trabajadores de la Dirección Técnica de Hidrocarburos, 9 trabajadores de la Dirección Técnica de Laboratorios, 54 trabajadores de la Dirección Técnica de Geociencias Básicas y a 19 trabajadores de la Dirección de Geoamenazas.
- Reporte y seguimiento a seis (6) accidentes de trabajo de la Dirección Técnica de Geoamenazas, tres (3) accidentes de trabajo de la Dirección Técnica de Geociencias Básicas, dos (2) accidentes de trabajo de la Dirección técnica de Recursos Minerales y tres (3) accidentes de trabajo de la Dirección Técnica de Laboratorios a nivel nacional.

Informe de avance segundo semestre 2019:

- Terminación del proceso de contratación de ropa de trabajo y elementos de protección personal (EPP) a nivel nacional, con adjudicación de 8 contratos.
- Inspección de Seguridad a los laboratorios de paleontología I y II del Grupo de Trabajo Museo Geológico e Investigaciones Asociadas.
- Entrega de ropa de trabajo y elementos de protección personal, a 140 trabajadores de las diferentes Direcciones técnicas.
- Reporte, seguimiento e investigación a veinte (20) accidentes de trabajo ocurridos en las Direcciones Técnicas de Geociencias Básicas, Dirección técnica de Recursos Minerales, Dirección Técnica de Laboratorios y de la Dirección de Geoamenazas a nivel nacional.
- Programación de capacitación de trabajo seguro en alturas a cuatro (4) trabajadores de la Dirección de laboratorios en los niveles avanzado y reentrenamiento.
- Actualización de la afiliación de los trabajadores de las Direcciones técnicas reportados para trabajo en campo.
- Generación de las planillas de pago de seguridad social de los trabajadores independientes reportados para trabajo en campo durante el segundo semestre, de las Direcciones de Geoamenazas, Geociencias Básicas, hidrocarburos y laboratorios.
- Mediciones de ruido en 10 puntos (Dirección de laboratorios, Dirección de Recursos Minerales y Dirección de Geoamenazas).
- Revisión del proceso e implementación de recomendaciones para el traslado de muestras del grupo de la Litoteca de la Dirección de laboratorios.
- Actualización y seguimiento a los planes de emergencia del OVS Popayán, Manizales, Pasto y los GTR de Medellín y Litoteca Nacional.

A continuación, se detallan los avances del proyectos, destacado que es importante aclarar que el porcentaje de avance máximo presentado es del 34%, considerando que el horizonte de ejecución se estableció para dos años (bianualidad del SGR).



9.3.5 Proyecto de Gestión ID 1001311: Implementación de las Estrategia de Bienestar

Objetivo General: Generar condiciones y herramientas mediante los cuales sea posible mejorar la calidad de vida interior y laboral de cada uno de los funcionarios, promoviendo espacios de participación, prevención e integración social; dando atención a los requerimientos de tipo cultural, recreativo, humano y familiar, a través de diversas actividades, talleres, y estrategias de intervención.

· Programa De Bienestar Social e Incentivos

El Programa de Bienestar Social e Incentivos busca contribuir, a través de acciones participativas y de integración basadas en la promoción, prevención y participación en la construcción de una mejor calidad de vida, en los aspectos educativo, cognitivo, recreativo, deportivo y cultural de los funcionarios y su grupo familiar.

Para la vigencia 2019 se desarrollaron las siguientes actividades:

ÁREAS DE INTERVENCIÓN		
ÁREA	**ACTIVIDAD**	**PROGRAMACIÓN**
Área de Calidad de Vida Laboral	Actividad Valores Código de Integridad	*Se diseñó metodología de sensibilización a través del lanzamiento de una serie de juegos (4). Se elaboraron 3 artículos sobre integridad.*
	Seminario Taller de Pre pensionados	Taller en el que se abordó el Proyecto de Vida, consejos básicos para el manejo de la tecnología y seguridad de la información personal en la web, inteligencia financiera - finanzas personales, aspectos legales a tener en cuenta sobre las pensiones. (15 participantes.
	Preparación para la Jubilación: Taller Colpensiones y Sistema General de Pensiones en Colombia	Se coordinó y efectuó logística para llevar a cabo 4 talleres Régimen Prima Media, Historia Laboral, Taller de prepensionados y Sistema General de pensiones.
	Ceremonia especial, entrega de Incentivos y presentación anual de resultados 2019 (Sede Central y otras Sedes).	Se efectuó logística para llevar a cabo la ceremonia. Se exalto y reconoció la labor desarrollada en forma ininterrumpida a los funcionarios que cumplían 10, 20 y 30 años de servicio en la Entidad.
Área de Protección y Servicios Sociales	Jornada de Talentos	Se programó, coordinó, diseño y ejecutó una jornada de talentos, para lo cual se diseñó encuesta de habilidades, reuniones para establecer las modalidades de participación, ensayos. Existió una participación en el evento de 200 trabajadores aproximadamente.
	Cine	Se han proyectado 3 películas a los trabajadores de la Entidad: 1. La sonrisa de la Mona Lisa. 2. El niño que Domo el Viento y 3. Milagros del Cielo
	Torneo Tenis de Mesa	Se programó, coordino y ejecuto el torneo interno de tenis de mesa con 77 participantes, con la premiación de las diferentes categorías en los puestos de Campeón, Subcampeón, Tercer y Cuarto puesto.
	Charla Día de la Familia	Se efectuaron dos sesiones del taller “Por Usted y por sus Hijos”.
	Actividad: Olimpiadas Deportivas, Recreativas y Culturales	Se llevaron a cabo en las instalaciones del Hotel Lagomar el Peñón- Girardot. Las disciplinas Deportivas fueron: Bolos, futbol 5, baloncesto, microtejo, tenis de mesa, voley playa, billar (libre y pool), atletismo y natación. Se realizó sesión de coaching denominado La Magia que Transforma, (130 participantes)
	Día de la Familia	Se entregaron bonos de alimentos, para que el funcionario comparta con su familia. Se concedió media jornada para compartir en familia.

	Actividad de Integración	Se realizó actividad de integración a través del concurso mejor disfraz categoría (infantil "primer y segundo puesto" y adulto), mejor oficina decorada "primer, segundo y tercer puesto"(temática alusiva a funciones, procesos y actividades del SGC), se realizó taller de Origami para niños. (Octubre 30)
	Novena Familiar y concurso Oficina Mejor Decorada	Se coordinó la logística para efectuar la novena navideña, la cual estuvo a cargo de la Dirección General, La Secretaría General y el Grupo de Talento Humano.
	Vacaciones Recreativas	Se programó, coordino, y gestiono la realización de las vacaciones recreativas. (23 participantes)
	Día Del Niño	Se coordinó y gestiono el aguinaldo navideño de los hijos de los funcionarios entre 0 y 12 años. (107 participantes)
	Conmemoración fechas especiales	Se realizó conmemoración del día de la Mujer, Hombre, Madre, Secretaría, Padre, Día del Servidor Público (tarjeta conmemorativa de saludo y acto de celebración)
Otras Actividades	Inducción de Servicios Compensar	Se coordinó y realizó logística para efectuar la Feria de Servicios Compensar (Mayo 24, Septiembre 27
	Feria de Servicios Compensar	Se coordinó y realizó logística para efectuar la Feria de Servicios Compensar (Mayo 24, Septiembre 27).
	Feria de Vivienda	Se coordinó y realizó logística para efectuar 2 ferias de vivienda (27 de marzo "11 participantes" (9 de agosto "36 participantes")
	Visita Asesor Fondo Nacional del Ahorro	Se efectuó logística para llevar a cabo la visita de los asesores de Compensar y el FNA (Julio a Diciembre).
	Plan de Incentivos	Se reconoció a los funcionarios de Carrera Administrativa que durante el 2019 fueron elegidos como mejores funcionarios del nivel Profesional, Técnico y Asistencial y al mejor funcionario de Libre Nombramiento y Remoción y al mejor funcionario de Carrera Administrativa de la Entidad.
	Torneo de Futbol 5	Se realizó logística para que el SGC participara en el torneo de Futbol 5 mixto sectorial de minas y energía, con la participación de siete entidades del sector, (14 de junio)
	Campaña de solidaridad	Campaña de solidaridad- José Álvaro Nivia Guevara-Grupo de Trabajo Cartografía e Investigación Geológica y Geomorfológica –Dirección Geociencias Básicas, Sede Cali, y por Lyda Cristina Duarte- Oficina de Control Interno Disciplinario.
	Alianzas	Se realizó gestión para efectuar alianza con los restaurantes Presto y Oma
	Programas Servimos	Se efectuó taller sobre Programas Servimos, dirigido a todos los funcionarios de la Entidad.

- Programa de Fortalecimiento del Clima y la Cultura Organizacional

II PROGRAMA DE CLIMA Y CULTURA ORGANIZACIONAL		
PRESUPUESTO ASIGNADO $ 220.000.000	**RECURSO: PROYECTO DE INVERSIÓN**	**CONTRATO No. 025 DE 2019 $ 210.000.000**
Continuidad Fase II Programa de Intervención en Clima y Cultura Organizacional (2018- 2019)		
Taller Agentes de Cambio	Se llevó a cabo el taller de Gestión del Cambio denominado "La Magia que Transforma", (72 participantes) y la Conferencia activa- participativa Gestión del Cambio.	
Boletines Talento Humano	Se elaboraron y efectuaron una serie de Boletines (5) denominado la Dieta para mejorar el clima y la cultura organizacional.	
Conmemoración Profesiones	Se realizó conmemoración de las diferentes profesiones "Día del Contador Público, Ingeniero, Geólogo, Día del Conductor, Abogado"	
PROYECTO INSTITUCIONAL DE FORTALECIMIENTO DEL CLIMA Y LA CULTURA ORGANIZACIONAL		

Intervención Equipo Directivo	Se efectuó al 100% la intervención se identificó el perfil de habilidades gerenciales, perfil motivacional y estilo de relaciones por cada directivo. Se efectuó proyecto de cambio. Identificaron creencias funcionales y disfuncionales.
Alineación Equipo Directivo y Coordinadores	Se efectuó al 100% la intervención. Se reforzó el liderazgo, se brindaron herramientas para reenfocar las creencias disfuncionales.
Intervención con Grupos de Trabajo Nivel Coordinadores	Se efectuó al 100% la intervención. Se enseñaron metodologías para mejorar la convivencia, Se identificaron los mínimos éticos por cada grupo intervenido. Se abordó la comunicación, trabajo en equipo, liderazgo.
Intervención Grupos de Trabajo de Otras Sedes	Se efectuó al 100% la intervención. Se identificaron los mínimos éticos por cada grupo de trabajo. Se identificaron los problemas presentes en cada uno de los grupos y se llegó a acuerdos.
Cafés de Interacción	Se efectuó la actividad al 100% en sede Bogotá, como en las otras Sedes de trabajo.
Conversatorios	Se efectuó la actividad al 100%. Se efectuaron encuentros de dialogo abierto en tres grupos de trabajo detectados, a los cuales se les brindaron herramientas para el manejo de conflictos.
Medición Clima y Cultura Organizacional	*Se diseñó y aplico instrumento de medición de Clima y Cultura Organizacional a través del consultor, aplicándola al 100% de la población (318 funcionarios), respondiendo la Evaluación 146 funcionarios, que corresponden al 46% de la población. *Se efectuó Tabulación y análisis de resultados.

9.3.6 Proyecto de Gestión ID 1001314: Plan Institucional de Capacitación

Objetivo General: Atender las necesidades de capacitación y requerimientos de formación institucional detectados a través de las herramientas de diagnóstico llevando a cabo una efectiva gestión del conocimiento y adelantando la ejecución de actividades de aprendizaje que potencien el desarrollo y fortalecimiento de competencias laborales, reafirmando conductas éticas que permitan la generación de una cultura de servicio y confianza a la ciudadanía, el afianzamiento de una cultura de paz y que preparen a la entidad para asumir los retos planteados en su plataforma estratégica.

Respecto a los indicadores de ejecución y seguimiento establecidos en el PIC 2019, se encuentran los siguientes resultados a 31 de diciembre de 2019:

NOMBRE DEL INDICADOR	FORMULA	META	EJECUCIÓN
Cobertura	Número de Funcionarios Capacitados / Número de Empleados de planta.	100%	287 funcionarios capacitados/316 funcionarios en planta= 91%
Cumplimiento	No. Eventos de capacitación ejecutados/ No. Eventos de capacitación programados	100%	24 Eventos ejecutados/24 Eventos programados= 100%
Asistencia	No. Funcionarios Asistentes a los eventos de capacitación/ No. Funcionarios Programados a los eventos de capacitación	80%	91% de asistencia, en promedio, a los eventos de capacitación ejecutados
Presupuesto Ejecutado	$ Valor Presupuesto ejecutado en Eventos de Capacitación GTH13-01/ $ Valor Presupuesto Establecido en POA para Eventos de Capacitación GTH13-01	100%	$161.600.000=/$164.100.000= 98%

El presupuesto asignado al rubro capacitación para la vigencia 2019 fue de $164.100.000, de los cuales se logró la ejecución de $161.600.000, correspondiente al 98%.

El total de las actividades gestionadas por el Grupo de Talento Humano en el marco del PIC 2019, fueron las siguientes:

No.	ACCION DE CAPACITACION	INT / EXT	ENTIDAD OFERENTE	FECHA	No. CONVOCADOS	No. DE ASISTENTES	% DE ASISTENCIA	INTENSIDAD HORARIA
1	TALLER DE INDUCCION SGSST Y REGIMEN SALARIAL	I	SGC	5 Sesiones en el año	23	23	100%	02 HORAS
2	RIESGOS LABORALES EN CAMPO	I	SGC	5 Sesiones en el año	45	45	100%	02 HORAS
3	PRIMEROS AUXILIOS EN CAMPO	I	SGC	4 Sesiones en el año	23	23	100%	02 HORAS
4	CONSOLIDACION DE EQUIPOS DE TRABAJO	I	SGC	6 Sesiones en el año	33	33	100%	02 HORAS
5	BRIGADA DE EMERGENCIAS	I	SGC	6 Sesiones en el año	45	45	100%	02 HORAS
6	TALLER NUEVO SISTEMA DE EVALUACION DEL DESEMPEÑO	I	SGC	1 al 18 de Febrero de 2019	130	130	100%	04 HORAS
7	ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL (SGSST)	I	SGC	19/02/2019	11	11	100%	02 HORAS
8	DOTACION DE LEY (SGSST)	I	SGC	22/04/2019	13	13	100%	02 HORAS
9	COMPORTAMIENTO SEGURO Y SALUD	I	SGC	25/04/2019	4	4	100%	02 HORAS
10	SUPERV. DE CONTRATOS Y ELABORACION ESTUDIOS PREVIOS	I	SGC	26/04/2019	38	38	100%	04 HORAS
11	SEMINARIO EN PARTICIPACION CIUDADANA	E	ESAP	22/09/2019 Y 29/05/2019	14	8	57%	16 HORAS
12	RIESGO RADIACION IONIZANTE	I	SGC	31/05/2019	10	10	100%	02 HORAS
13	ATENCION A CUIDADORES PARA PERSONAS EN CONDICION DE DISCAPACIDAD	E	ESAP	06/06/2019 Y 13/06/2019	1	1	100%	16 HORAS
14	EVALUACION AGIL DE POLITICAS PUBLICAS	E	CLAD	10/06/2019 AL 21/06/2019	1	1	100%	N/A
15	HABLEMOS DE ADICCIONES	I	SGC	20/06/2019	5	5	100%	02 HORAS
16	SEMINARIO LIDERAZGO CON ENFOQUE DE GENERO Y DERECHOS HUMANOS	E	ESAP	19/06/2019 Y 26/06/2019	2	2	100%	16 HORAS
17	TALLER SISTEMA GENERAL DE PENSIONES	I	SGC	28/06/2019	13	13	100%	03 HORAS
18	CAPACITACION A CONDUCTORES	I	SGC	5/07/2019	11	10	91%	06 HORAS
19	PREVENCION DE LA FATIGA MENTAL	I	SGC	18/07/2019	4	4	100%	02 HORAS

No.	ACCION DE CAPACITACION	INT / EXT	ENTIDAD OFERENTE	FECHA	No. CONVOCADOS	No. DE ASISTENTES	% DE ASISTENCIA	INTENSIDAD HORARIA
20	TALLER NUEVO SISTEMA DE EVALUACION DEL DESEMPEÑO - EDLAPP	I	SGC	29/07/2019	111	111	100%	03 HORAS
21	NOVEDADES EN LA RETENCION EN LA FUENTE Y OTROS IMPUESTOS	E	F Y C	22/08/2019 23/08/2019	2	2	100%	15 HORAS
22	CLAVES PARA LA SUPERVISION E INTERVENTORIA DE CONTRATOS	E	F Y C	22/08/2019 23/08/2019	2	2	100%	20 HORAS
23	MODELO INTEGRADO DE PLANEACION Y GESTIÓN	E	ESAP	22/08/2019 Y 27/08/2019	9	6	67%	16 HORAS
24	PREVENCION DE LA FATIGA LABORAL	I	SGC	23/08/2019 Y 29/08/2019	5	5	100%	02 HORAS
25	GESTION DOCUMENTAL	E	UNAL	6/09/2019	30	27	90%	12 HORAS
26	TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION	E	UNAL	13/09/2019	30	13	43%	12 HORAS
27	XII CONGRESO NACIONAL DE FINANZAS PUBLICAS	E	F Y C	19/09/2019 AL 21/09/2019	3	3	100%	30 HORAS
28	PLAN ESTRATEGICO DE TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION (PETI) Y TRANSFORMACION DIGITAL EN EL SECTOR PUBLICO	E	F Y C	19/092019 Y 20/09/2019	1	1	100%	20 HORAS
29	ASPECTOS PRACTICOS DEL DERECHO DISCIPLINARIO	E	F Y C	26/09/2019 Y 27/09/2019	1	1	100%	20 HORAS
30	X CONGRESO NACIONAL DE CONTROL INTERNO	E	F Y C	26/09/2019 AL 28/09/2019	1	1	100%	30 HORAS
31	VI CONGRESO NACIONAL DE SEGURIDAD SOCIAL PARA EL SECTOR PUBLICO	E	F Y C	26/09/2019 AL 28/09/2019	1	1	100%	30 HORAS
32	LA NEGOCIACION COLECTIVA EN EL SECTOR PUBLICO	E	F Y C	3/10/2019 Y 4/10/2019	6	6	100%	18 HORAS
33	CAPACITACION MOODLE	E	UNAL	2 Sesiones	5	5	100%	4 HORAS
34	CONTRATACION ESTATAL Y SUPERVISION DE CONTRATOS	E	UNAL	10/10/2019 Y 21/10/2019	25	23	92%	16 HORAS
35	VIII CONGRESO NACIONAL DE GESTION DE PERSONAL	E	F Y C	23, 24 y 25 de Octubre de 2019	2	2	100%	30 HORAS
36	REDACCION DE INFORME TECNICOS	E	UNAL	17,22,24,25,28, 30 de Octubre de 2019	20	20	100%	24 HORAS
37	CODIGO DE INTEGRIDAD	E	UNAL	25/10/2019	30	14	47%	8 HORAS
38	CURSO DE REINDUCCION	E	UNAL	6/11/2019	123	87	71%	20 HORAS
39	CLAVES PARA UN ADECUADO CIERRE PRESUPUESTAL 2019	E	F Y C	7/11/2019 Y 8/11/2019	1	1	100%	20 HORAS
40	RESPONSABILIDAD DISCIPLINARIA DE LOS FUNCIONARIOS PUBLICOS	I	SGC	13/11/2019	18	18	100%	4 HORAS
41	CLAVES PARA LA PLANEACION, GESTIÓN Y CIERRE CONTRACTUAL	E	F Y C	14/11/2019 Y 15/11/2019	1	1	100%	20 HORAS

No.	ACCION DE CAPACITACION	INT / EXT	ENTIDAD OFERENTE	FECHA	No. CONVOCADOS	No. DE ASISTENTES	% DE ASISTENCIA	INTENSIDAD HORARIA
42	FALTAS DISCIPLINARIAS EN LA CONTRATACION ESTATAL	I	SGC	18/11/2019	24	24	100%	4 HORAS
43	ACOSO LABORAL Y COMITES DE CONVIVENCIA	E	F Y C	20/11/2019	20	18	90%	10 HORAS
44	ASPECTOS PRACTICOS DE LA RESPONSABILIDAD PENAL Y DISCIPLINARIA	E	F Y C	21/11/2019 Y 22/11/2019	2	2	100%	20 HORAS
45	TALLER DE PREPENSIONADOS	E	F Y C	25/11/2019 Y 26/11/2019	16	13	81%	20 HORAS
46	DERECHO PROCESAL ADMINISTRATIVO Y PROBATORIO	E	F Y C	27/11/2019 Y 28/11/2019	2	2	100%	20 HORAS
47	PERCEPCIÓN Y ACTITUDES HACIA LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD	E	UNAL	26/11/2019	30	12	40%	8 HORAS
48	CODIGO DE INTEGRIDAD	E	UNAL	5/12/2019	30	14	47%	8 HORAS
49	FUNDAMENTOS DE CONDUCCION	E	UNAL	5/12/2019	20	13	65%	8 HORAS
50	EVALUACION DEL DESEMPEÑO LABORAL PARA EVALUADORES	E	UNAL	10/12/2019 Y 11/12/2019	30	10	33%	8 HORAS
51	RESPONSABILIDADES DE FUNCIONARIOS PUBLICOS DURANTE LA SUPERVISION DE CONTRATOS	I	SGC	18/12/2019	19	19	100%	4 HORAS
52	PROGRAMA DE INDUCCION 2019	I	VIRTUAL	2019	129	129	100%	50 HORAS

El promedio del porcentaje de asistencia a las capacitaciones realizadas es del %91.

Se suscribió contrato interadministrativo No. 24 de 2019 con la Universidad Nacional de Colombia por valor de $102.200.000. Las acciones de capacitación ejecutadas en el marco del Contrato en mención son las siguientes:

#	EVENTO DE CAPACITACION	Asistentes	Horas	Fechas de realización	Valor cancelado
1	Gestión Documental	25	12	Septiembre 6, 12 y 20 de 2019	$ 8.800.000,00
2	Tecnologías de la Información	19	12	Septiembre 13, 17 y 23 de 2019	$ 8.800.000,00
3	Contratación Estatal y Supervisión de Contratos	24	16	Octubre 10 y 21 de 2019	$ 12.800.000,00
4	Redacción de Informes Técnicos	17	24	Octubre 17, 22, 24, 25, 28 y 30 de 2019	$ 12.800.000,00
5	Código de Integridad (2 grupos)	28	8	Octubre 25, y Diciembre 05 de 2019	$ 12.800.000,00

#	EVENTO DE CAPACITACION	Asistentes	Horas	Fechas de realización	Valor cancelado
6	Curso de Reinducción (5 grupos)	76	4	Noviembre 06, 13, 22 y 27 Y Diciembre 06 de 2019	$ 16.000.000,00
7	Taller de Percepción y Actitudes hacia las Personas con Discapacidad	12	8	Noviembre 26 de 2019	$ 6.400.000,00
8	Fundamentos de Conducción	14	8	Diciembre 05 de 2019	$ 6.400.000,00
9	Taller para Evaluadores del Desempeño	10	8	Diciembre 10 y 11 de 2019	$ 6.400.000,00
10	Actualización Curso de Inducción / Complementación al Modelo Integrado de Planeación y Gestión de inducción actual del SGC.				$ 11.000.000,00
	Total				**$ 102.200.000,00**

El número de asistentes a las 9 acciones presenciales de capacitación ejecutadas para la vigencia 2019 en el marco del Contrato Interadministrativo 24 de 2019, fue de 225 funcionarios, para un total de 124 horas de capacitación impartidas.

Teniendo en cuenta que dentro del diagnóstico de necesidades de capacitación se presentaron necesidades de tipo individual, y otras que, por su especificidad en los temas propios de la administración pública, o en razón de necesidades de tipo transversal que por norma se requieren desarrollar en la anualidad, incluidas en el PIC 2019, el Grupo de Talento Humano gestionó el contrato de prestación de servicios No. 862 de 2019 que se suscribió con la firma F&C Consultores.

#	EVENTO	Asistentes	Horas	Fechas de realización	Valor cancelado
1	Seminario taller Supervisión e Interventoría de contratos - Proceso de incumplimiento	2	20	Agosto 22, 23 de 2019	$ 2.540.000,00
2	Seminario de retención en la Fuente para el sector Público	2	30	Agosto 22, 23 de 2019	$ 2.260.000,00
3	Seminario Taller de Tecnologías de la Información y Arquitectura Empresarial Gobierno digital.	1	20	Septiembre 19 y 20 de 2019	$ 1.270.000,00
4	Congreso Finanzas Públicas	3	30	Septiembre 19,20,21 de 2019	$ 4.140.000,00

#	EVENTO	Asistentes	Horas	Fechas de realización	Valor cancelado
5	Congreso Nacional de Control Interno	1	30	Septiembre 26, 27 Y 28 de 2019	$ 1.390.000,00
6	Congreso de Seguridad Social	2	30	Septiembre 26, 27 Y 28 de 2019	$ 1.390.000,00
7	Seminario Taller Derecho Disciplinario	1	20	Septiembre 26, 27 de 2019	$ 1.230.000,00
8	Congreso Gestión de Personal	2	30	Octubre 23, 24 Y 25 de 2019	$ 2.780.000,00
9	Seminario de Actualización Cierre Presupuestal	1	20	Noviembre 7 Y 8 de 2019	$ 1.330.000,00
10	Seminario Taller de Negociación Colectiva	6	15	Octubre 3 Y 4 de 2019	$ 6.780.000,00
11	Seminario Taller Acoso Laboral y Comités de Convivencia	18	10	Noviembre 20 de 2019	$ 12.500.000,00
12	Seminario Taller Derecho Procesal Administrativo y Probatorio	2	15	Noviembre 27 y 28 de 2019	$ 2.260.000,00
13	Seminario Taller para Pre pensionados	14	20	Noviembre 25 y 26 de 2019	$ 15.500.000,00
14	Seminario Taller Responsabilidad penal y disciplinaria de los servidores públicos	2	15	Noviembre 21 Y 22 de 2019	$ 2.260.000,00
15	Claves para la planeación, Gestión y Cierre Contractual	1	20	Noviembre 14 y 15 de 2019	$ 1.230.000,00
	Total				**$ 58.860.000,00**

9.4 Grupo de Trabajo Liquidación de Nómina y Seguridad Social

9.4.1 Proyecto de Gestión ID 1001387: Liquidación de Nómina y Seguridad Social 2019

Objetivo General: Cumplir con el pago de la nómina y de los aportes al Sistema de Seguridad Social Integral y Parafiscales (pensión, salud, riesgos laborales, cajas de compensación, ICBF y SENA); y suministrar a los exfuncionarios y funcionarios del SGC los certificados necesarios para trámite de la pensión y/o bono pensional.

Durante todo el año de 2019 se dio cumplimiento al pago de la nómina mensual de salarios de los funcionarios y de los aportes al Sistema de Seguridad Social Integral (EPS, AFP, ARL, CCF, SENA, ICBF). En el mes de junio pasado se pagó la prima de servicios, y para el mes de julio se pagó el retroactivo de los meses de enero a mayo, Igualmente se liquidaron las prestaciones sociales y salariales del personal retirado en el lapso de tiempo referido y se proyectaron las correspondientes resoluciones que ordenaban el reconocimiento y pago.

Adicionalmente, para ese mismo periodo en el Sistema de Certificación Electrónica de Tiempos Laborados -CETIL- administrado por el Ministerio de Hacienda y Crédito Público, se realizaron 106 Certificados para el trámite de pensión y/o emisión de bono pensional.

Se tramitó ante el Ministerio de Hacienda y Crédito Púbico la adición presupuestal para el pago del último mes del año de los salarios y prestaciones sociales de los funcionarios del SGC por valor de $ 925.000.000.

9.5 Grupo de Trabajo Tecnologías de la Información

A continuación se muestra el balance de las actividades adelantadas por parte del Grupo de Tecnologías de Información de la Secretaría General en lo transcurrido del año 2019. Las acciones del Grupo de Tecnologías de Información están dirigidas a fortalecer la infraestructura tecnológica que soporta:

- Los sistemas de información administrativos y de soporte a la gestión
- Las herramientas de colaboración institucionales
- La red eléctrica regulada
- La red de voz y comunicaciones LAN
- La solución de videoconferencia institucional.

El servicio de mesa de ayuda a la entidad a través de la gestión de tickets y de incidencias (primer nivel), del Servicio Geológico Colombiano con el fin de asegurar una infraestructura tecnológica de entrega de servicios, soporte, y monitoreo del rendimiento de tecnologías de información.

Dichas acciones se han realizado teniendo en cuenta los estándares y lineamientos dictados por el MinTic y las directrices de MinEnergía; coordinando las actividades que en materia de tecnología de información se efectúan en la Entidad, asegurando la aplicación de buenas prácticas, y principios de administración y soporte de Tecnologías de Información y Comunicaciones.

9.5.1 Proyecto de Gestión ID 1001201: Gestión de Servicios Tecnologías de Información

Objetivo General: Fortalecer y gestionar la infraestructura de Tecnologías de Información y Comunicaciones alineados con los procesos misionales y de apoyo que requiere el SGC que soporten la gestión del conocimiento geocientífico enfocados al cumplimiento de los objetivos estratégicos.

- Herramientas colaboración

En el primer semestre del 2019, se renovó la suscripción a las herramientas de colaboración a través del Orden de Compra No. 38723 del Acuerdo Marco De Precios no cce-572-1-amp-2017, para la interacción digital y divulgación del conocimiento geocientífico del servicio geológico colombiano, en total 1.230 licencias.

Como parte del uso de estas herramientas se dio una solución a un inconveniente que se tenía en la página web de la entidad: el ciudadano se puede inscribir para recibir unos boletines ya sea de sismos, actividad volcánica o noticias en general. Anteriormente este registro quedaba en una base de datos de sharepoint y a su vez era enviado por correo a los diferentes administradores que emitían el boletín, quienes debían que ingresar manualmente la cuenta de correo del ciudadano en la lista de distribución correspondiente.

La solución que se diseñó, se desarrolló con el proveedor y está en producción, es la automatización de este proceso con el uso de diferentes aplicaciones de las herramientas de colaboración: se creó un nuevo formulario (donde el ciudadano se registra) utilizando Google Form, este por debajo asocia una base de datos que utiliza Google Hoja de Cálculo, se desarrolló un script (líneas de código) que automáticamente dependiendo del tipo de boletín incluye la cuenta de correo a determinada lista de distribución de Google Gmail, de esta manera el administrador solo hace el envío del boletín sin intervenir manualmente la lista.

Adicionalmente y teniendo en cuenta que los grupos de trabajo de Talento Humano y el de Participación Ciudadana y Comunicaciones realizan encuestas, recopilan información, se realizó transferencia de conocimiento en los niveles básico y avanzado de la herramienta Google Forms, con el fin de aprovechar al máximo los recursos con que se cuenta.

- Antivirus

Desde hace algunos años el SGC invirtió en una plataforma de endpoint, IPS y gestión de vulnerabilidades McAfee para usuarios finales y servidores virtualizados a fin de dar solución y prevenir cualquier amenaza malintencionada y ataques contra la red institucional; esta infraestructura ha sido administrada por el grupo de Tecnologías de Información por parte de los profesionales del área, permitiendo mantener una red protegida de ataques, amenazas de virus, worms y caballos de troya entre otras, permitiendo mantener estable la infraestructura del instituto y el patrimonio tecnológico de la empresa.

Con el transcurso del tiempo, la aparición de nuevos sistemas, datos, la Web y la Red ha hecho que los antivirus hayan evolucionado hacia programas más avanzados que no sólo buscan detectar virus informáticos, sino bloquearlos, desinfectarlos y prevenir una

infección de los mismos, y actualmente ya son capaces de reconocer otros tipos de ataques (como spyware, que permite un acceso de privilegio continuo a una computadora pero que mantiene su presencia activamente oculta al control de los administradores al corromper el funcionamiento normal del sistema operativo o de otras aplicaciones) entre otros.

Las herramientas de protección de dispositivos de punto final y datos con una solución integrada de un solo proveedor, que garantiza una mayor protección con un costo menor; y, las solucione de McAfee pueden gestionar la seguridad de los dispositivos de punto final desde una consola centralizada.

En conjunto con la Dirección de Gestión de Información, se adelantó el proceso de contratación SASI 16 de 2019, de las Suite de McAfee Complete endpoint protection Enterprise que incluye:

- Antivirus / Antispyware (Windows, Linux y Mac)
- McAfee Deep Defender
- Firewall
- HIPS
- Bloqueo de aplicaciones
- Control de aplicaciones
- Búsquedas seguras en internet (Filtrado y SiteAdvisor)
- Protección de correo electrónico (Antivirus/Antispyware)
- Control de dispositivos
- Antivirus para dispositivos móviles
- McAfee ePO
- Visualización en tiempo real para ePO
- McAfee Risk Advisor
- Anti-virus for SharePoint
- Encryption

· Mantenimiento UPS (Uninterruptible Power Supply – Sistema de Alimentación Ininterrumpida)

El Servicio Geológico Colombiano cuenta con UPS ubicadas en las diferentes sedes. Bogotá, CAN, OVS Pasto, OVS Manizales, OVS Popayán. Grupo de Trabajo de Bucaramanga, Grupo de Trabajo de Medellín y Grupo de Trabajo de Cali.

La energía suministrada por la red eléctrica normal puede llegar a ser inestable en sus niveles de tensión y frecuencia, además de presentar interrupciones no programadas generalmente de corta duración. Ante esta situación es indispensable tomar las medidas necesarias para preservar la productividad de los equipos electrónicos durante las

fluctuaciones de calidad y servicio en el suministro de energía eléctrica y para esto se debe contar con equipos UPS. El UPS protege los equipos de cómputo y comunicaciones ante los problemas asociados con el suministro eléctrico, sean estos por fallas en la calidad de la energía o por cortes en el suministro de corta duración. El UPS limpia la corriente alterna de alteraciones en las ondas de tensión y corriente, mantiene la tensión constante y cuando es necesario, aísla la salida a la carga crítica. Estas acciones ayudan a evitar que los problemas del suministro eléctrico alcancen los sistemas críticos y puedan dañar programas o equipos o provoque un funcionamiento irregular.

Con el fin de realizar el mantenimiento a los equipos que hacen parte del sistema de alimentación ininterrumpida, en el segundo semestre del 2019 se adjudicó el contrato 867 del 23 de agosto a la firma NIC Servicio SAS, teniendo como fecha límite de ejecución el 30 de noviembre de 2019.

Durante las dos rutinas programadas se verificaron y diagnosticaron todos los equipos, dando como resultado el cambio de baterías a cuatro (5) UPS, se realizó la atención de un incidente relacionado con la UPS del edificio principal, área del grupo de hidrocarburo, Popayán y Cali.

Se realizó el cambio de las baterías de los equipos de la sede Popayán. Se continua con el seguimiento a los mantenimientos, repuestos y actualizaciones del software. Actualmente se puede indicar que todas las UPS están operando de manera correcta.

- Mantenimiento Plantas Eléctricas

Una planta eléctrica es una máquina que mueve un generador de electricidad a través de un motor de combustión interna. Se utiliza cuando hay déficit en la generación de energía eléctrica o cuando hay cortes en el suministro eléctrico. Las interrupciones en el fluido eléctrico que son notificadas con anticipación por parte de las empresas distribuidoras, permiten seguir un plan de contingencias preestablecido que minimiza el riesgo de daño de los equipos de cómputo y de comunicaciones del SGC y disminuyen el efecto negativo sobre los equipos UPS.

Por el contrario, las interrupciones abruptas no programadas, o que bien obedecen a una programación demasiado larga en el tiempo, impiden que se pueda garantizar la integridad de los equipos y de la información contenida en ellos a través del respaldo brindado por las UPS. Contar con un sistema de energía de respaldo en buen estado de operación permite un flujo constante de energía de calidad, que soporte al menos la carga que constituye el sistema eléctrico regulado de la sede principal, las redes eléctricas y equipos del reactor nuclear y la planta Gamma, las redes eléctricas de la bodega de desechos radiactivos, la red regulada de los bloques F e I de la sede CAN y las plantas eléctricas dedicadas a las redes eléctricas generales y reguladas de los

Observatorios Vulcanológicos y Sismológicos de Manizales, Popayán, Pasto y las sedes de la Cintoteca y la Litoteca respectivamente, preservando de esta forma el flujo normal de información y el quehacer institucional.

Durante la vigencia del 2019 se adjudicó el contrato 1041 de 2019 a la firma GPS Electronic Ltda con el fin de que realizará mantenimiento preventivo y correctivo a todas las plantas eléctricas de la entidad. En esta actividad se instaló un tanque de reserva de combustible a los equipos de las sedes Popayán, Manizales y Litoteca. De manera general se realizó revisión y cambios de algunas partes de las plantas que garantizan el adecuado funcionamiento de estas, como el precalentador, batería y cargador de batería.

· Renovación del parque tecnológico

Dentro de las funciones del grupo de TIC es el apoyo a las áreas en los procesos de adquisición de equipo de cómputo, para mejorar el parque tecnológico en estas.

Durante la vigencia del 2019 se adelantaron dos procesos:

- Contrato SASI 1263 de 2019: se adjudicó al proveedor Redcomputo, en el cual se adquirieron 24 estaciones de trabajo y 9 portátiles de especificaciones tipo militar.
- Ordenes compra 42426, 42424, 42425 y 42423: a través de estas se adquirieron los siguientes equipos de cómputo, 1 videoproyector, 14 portátiles, 2 impresoras a color, 2 impresoras B/N, 3 escáneres y 5 PCs.

· Firmas Digitales, Estampado Cronológico y Certificados SSL

Se adelantó un proceso de mínima cuantía para la adquisición de firmas digitales certificadas, estampados cronológicos y certificado de sitio seguro SSL (Secure Socket Layer), que permitan la interacción digital y divulgación del Conocimiento Geocientífico del SGC a través de su plataforma tecnológica.

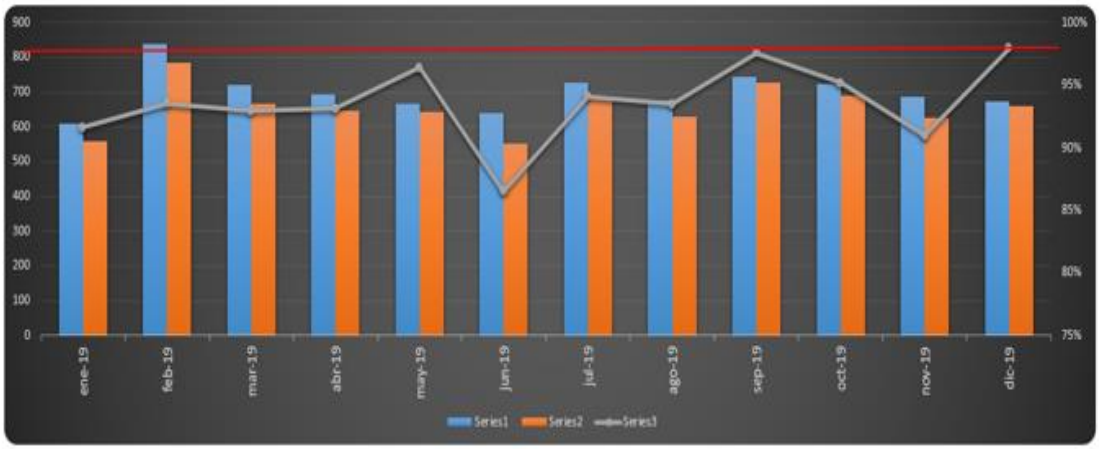
En comunicación de aceptación No. 012 de 2019 se adjudica el proceso al proveedor Gestión de Seguridad Electrónica S.A, adquiriendo 15 certificados de firma digital, 3000 estampados cronológicos, 1 Certificado SSL OV (Organization Validation), 1 Certificado SSL Wildcard y 1 Certificado SSL DV (Domain Validation).

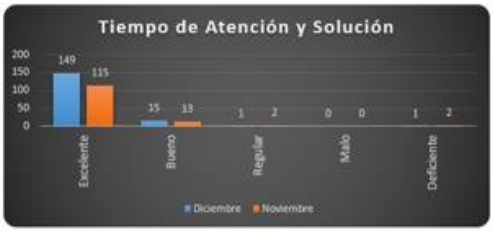
· Mesa de Ayuda:

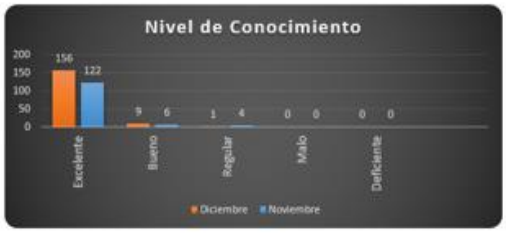
El servicio de mesa de ayuda es el único punto de contacto entre los usuarios finales y los grupos de tecnología que tiene la entidad.

Durante el 2019 la mesa de ayuda registro en la herramienta Aranda un total 8395 ticket, con un porcentaje de solución del 94%.

Con el fin de garantizar la calidad del servicio, al usuario final le llega un correo solicitándole diligenciar una encuesta, en esta se evalúan varios ítems. En la siguiente gráfica se muestra el resultado de la encuesta realizada en el mes de diciembre del 2019:









- Sistemas de Información de Apoyo:

  - Websafi: se celebró el contrato 355 de 2019 con la firma Software House para efectuar el soporte técnico, mantenimiento preventivo y correctivo y actualización de la infraestructura del software ERP (Enterprise Resource Planning). En el periodo se han gestionado 728 solicitudes de las áreas, se realiza seguimiento continuo, buscando dar oportuna respuesta a las necesidades de los usuarios.

- SIAPPI: se realizó apoyo técnico a incidencias e implementación de nuevos requerimientos, que realizan las diferentes áreas que utilizan el aplicativo, entre ellas planeación, financiera y la PMO.
- Orfeo: se adjudicó el proceso SMC 020 de 2019 al proveedor Inmotica Ltda, con el fin de dar soporte técnico al aplicativo como también la implementación de nuevos desarrollos de acuerdo a las necesidades de las áreas funcionales.

9.5.2 Proyecto de Gestión ID 1000847: Gestión de Tecnologías y Comunicaciones TICs

Objetivo General: Fortalecer y gestionar la infraestructura de Tecnologías de Información y Comunicaciones alineados con los procesos misionales y de apoyo que requiere el SGC que soporten la gestión del conocimiento geocientífico enfocados al cumplimiento de los objetivos estratégicos.

Este proyecto busca proveer y mantener un servicio permanente en pro de disponer, entre otros, de la infraestructura física y tecnológica, equipos, software, sistemas de información, personal idóneo y capacitado , procurando la disposición de los servicios tecnológicos como: suministro, administración y operación de infraestructura tecnológica y de sistemas de información, alta disponibilidad para asegurar una operación continua, el desarrollo de los proyectos misionales, servicios de soporte técnico a los usuarios, servicios de administración y operación, entre otros; integrando las mejores prácticas de planificación y organización, adquisición e implementación, entrega de servicios y soporte, y monitoreo del rendimiento de tecnologías de información.

- Websafi:

A principio del año 2019 se firmó el contrato 355 de 2019 con la firma Software House, el cual tuvo como objeto “Contratar el servicio de soporte y actualización de la infraestructura del software ERP (Enterprise Resource Planning)”. Los servicios incluidos en el contrato son Derecho de soporte y actualización, servicio de soporte por bolsa de horas, un horario de atención acordes a las necesidades de la entidad y soporte presencial en sitio.

Durante la vigencia del contrato, se atendieron 301 solicitudes, las cuales fueron soportadas por una persona en sitio, esta se encontraba por medio tiempo en la entidad. 657 solicitudes fueron realizadas por las áreas a través de la herramienta de registro de casos con la que cuenta el proveedor.

9.6 Grupo de Trabajo Planeación

9.6.1 Proyecto de Gestión ID 1001164: Fortalecimiento de la gestión estratégica integral

9.6.2 Proyecto de Gestión ID 1001319: Posicionamiento Institucional en SNCTI

9.6.3 Proyecto de Gestión ID 1001388: Fortalecimiento Gestión Delegada Conocimiento y Cartografía

9.7 Grupo de Trabajo Servicios Administrativos

9.7.1 Proyecto de Gestión ID 1000818: Servicios Administrativos

Objetivo General: Brindar el soporte integral y necesario para el desarrollo de las actividades de todo el personal que labora en las áreas misionales y de apoyo de la entidad.

El proyecto fue ejecutado en los siguientes frentes:

- **SERVICIO DE VIGILANCIA Y SEGURIDAD PRIVADA**. Los recursos fueron ejecutados en su totalidad para la prestación del servicio de vigilancia para todas las sedes del Servicio Geológico Colombiano, mediante contrato de prestación de servicios con una empresa externa.

- **SERVICIO INTEGRAL DE ASEO Y CAFETERÍA**. Los recursos fueron ejecutados para la prestación del servicio integral de aseo y cafetería, incluidos insumos, para todas las sedes del Servicio Geológico Colombiano, mediante la adhesión al Acuerdo Marco de Precios de Colombia Compra Eficiente.

- **TRANSPORTE AÉREO PERSONAL DE LA ENTIDAD.** Los recursos fueron ejecutados en la prestación del servicio de suministro de tiquetes aéreos para los funcionarios y contratistas de la Entidad a nivel nacional e internacional, mediante un contrato de prestación de servicios con una empresa externa.

- **ASEGURAMIENTO GENERAL.** Los recursos fueron ejecutados la contratación de las pólizas de seguros que amparan todos y cada uno de los bienes de la Entidad. Las siguientes pólizas fueron adquiridas mediante contrato de prestación de servicios:

    - TODO RIESGO DAÑOS MATERIALES
    - MANEJO GLOBAL PARA ENTIDADES OFICIALES
    - RESP. CIVIL EXYTACONTRACTUAL
    - TRANSPORTE DE VALORES

- TRANSPORTE DE MERCANCÍAS
- TODO RIESGO MAQUINARIA Y EQUIPO
- TODO RIESGO DAÑOS MATERIALES LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN REACTOR
- RESPONSABILIDAD CIVIL SERVIDORES PÚBLICOS

Las pólizas de los vehículos (SOAT y Todo Riesgo) fueron adquiridas con órdenes de compra contratadas mediante la adhesión al Acuerdo Marco de Precios de Colombia Compra Eficiente.

· **SERVICIO DE VEHÍCULOS.** Los recursos fueron ejecutados en la prestación de los servicios de mantenimiento y suministro de combustible para el parque automotor de la Entidad, contratados con empresas externas mediante contratos de prestación de servicios para mantenimiento y órdenes de compra mediante la adhesión al Acuerdo Marco de Precios de Colombia Compra Eficiente.

· **SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN Y CORREO.** Los recursos fueron ejecutados en la prestación de servicios de correo, correspondencia, mensajería expresa, y trasporte de mercancías a nivel nacional e internacional, mediante la adhesión al Acuerdo Marco de Precios de Colombia Compra Eficiente, que corresponden a Segmento 1: Mensajería Expresa Nacional – Objetos postales con peso menor o igual a 5 kilogramos en el territorio colombiano; Segmento 2: Mensajería Expresa Internacional – destinos fuera de Colombia; Segmento 3: Transporte de carga mayores a 5 kilogramos hasta 150 kilogramos en todo territorio nacional, y con el contrato Interadministrativo suscrito con Servicios Postales Nacionales S.A para los servicios de Suministro de personal y Coordinador del Centro de Administración de Correspondencia (Sede Central y CAN), Correo Certificado, Correo electrónico certificado y Encomienda Nacional Servicio de correo que permite hacer envíos de paquetería y mercancías a todo el territorio nacional.

· **MANTENIMIENTO INFRAESTRUCTURA FISICA.** Los recursos fueron ejecutados en las labores de mantenimiento rutinario y mejoras locativas de cada una las sedes del Servicio Geológico Colombiano, mediante la contratación de empresas externas y adicionalmente con la contratación por prestación de servicios de personal de mantenimiento que se desplaza a cada una de las sedes para realizar las labores de mantenimiento.

· **GESTIÓN DE INVENTARIO DE BIENES DE LA ENTIDAD.** Los recursos fueron ejecutados en las labores de toma física de los bienes de cada una de las sedes, movimiento de ingreso y salida de almacén y la contratación de la prestación del suministro de materiales de ferretería y papelería para satisfacer las necesidades de la Entidad.

Al proyecto de Servicios Administrativos 1000818 le fueron asignados $ 11.744.288.142,63 de los cuales fueron comprometidos el 98,38 %.

1.7.2 Proyecto de Gestión ID 1001290: PINAR 2019-Servicios de Gestión Documental

Objetivo General: Fortalecer las capacidades para la atención y servicio al ciudadano, actualizando los instrumentos archivísticos, cumpliendo con las metas cumpliendo el Plan de Mejoramiento Archivístico PMA, las metas establecidas en el proyecto de inversión y los requerimientos del ente rector en la política archivística- Archivo General de la Nación

La ejecución de los recursos asignados para el 2019 fue de $ 311.138.142,05, con los que se logró conformar un equipo interdisciplinario de seis profesionales, un tecnólogo, un técnico y cuatro asistenciales, con los siguientes resultados:

- Levantamiento y validación de 57 Tablas de Retención Documental por parte de las unidades productoras, memorias descriptivas, cuadro de clasificación documental; las cuales fueron aprobadas por el Comité Institucional de Gestión y Desempeño y remitidas al Archivo General de la Nación para su convalidación.
- Se realizó compilación de los actos administrativos para la elaboración de los periodos institucionales y la compilación de los organigramas de los periodos 1 al 14, desde 1916 a 1974 para las Tablas de Valoración Documental.
- Organización de 6236 documentos evidenciados en el Formato Único de Inventario Documental FUID.
- Digitalización de 35.353 imágenes correspondientes a 314 historias clínicas.
- Organización de los archivos de las áreas de Contabilidad, Tesorería y Presupuesto
- Elaboración de los procedimientos de préstamos y consultas – reconstrucción de expedientes, Procedimiento de Organización de archivos, Procedimiento de Correspondencia, Procedimiento de Eliminación Documental, Procedimiento de Digitalización y el Procedimiento de Transferencias Primarias
- Elaboración de formatos para actas de eliminación, transferencias, primarias, hojas de control, rotulación de cajas y carpetas y el FUID.
- Capacitaciones con la participación de 210 asistentes de las diferentes áreas y cargos a quienes se les socializaron los procedimientos e instrumentos diseñados, la organización de los archivos y demás aspectos para la identificación de las cajas y carpetas utilizadas para este fin.

9.8 Unidad de Recursos Financieros

9.8.1 Proyecto de Gestión ID 1001174: Gestión Financiera Integral de los recursos del SGC

Objetivo General: Gestión de la Unidad de Recursos Financieros como apoyo y gestión financiera integral para la ejecución de proyectos de las áreas de conocimiento en marco de la función delegada.

Presupuesto General de la Nación:

La Secretaría General a través de la Unidad de Recursos Financieros ha presentado los informes en temas financieros, contables y presupuestales, acorde a la gestión integral financiera

Mediante decreto 2467 de diciembre de 20182, se le asignó al Servicio Geológico colombiano la suma de $ 82.907.259.570, incorporado y desagregados mediante Resolución 001 de 2019.

PRESUPUESTO ASIGNADO VIGENCIA 2019

CONCEPTO	Nación	Propios	Total
FUNCIONAMIENTO	**$ 45.508.594.000**	**$ 7.373.770.000**	**$ 52.882.364.000**
GASTOS DE PERSONAL	$ 26.778.000.000		$ 26.778.000.000
ADQUISICION DE BIENES Y SERVICIOS	$ 11.888.064.000		$ 11.888.064.000
TRASFERENCIAS CORRIENTES	$ 166.000.000		$ 166.000.000
GASTOS DE COMERCIALIZACIÓN Y PRODUCCIÓN	$ 6.164.000.000	$ 7.373.770.000	$ 13.537.770.000
GASTOS POR TRIBUTOS, MULTAS, SANCIONES E INTERESES DE MORA	$ 512.530.000		
INVERSIÓN	**$ 20.466.665.570**	**$ 9.558.230.000**	**$ 30.024.895.570**
TOTAL	**$ 65.975.259.570**	**$ 16.932.000.000**	**$ 82.907.259.570**

Durante el segundo semestre del 2019 la Unidad de Recursos Financieros, desde el ámbito presupuestal continuó registrando la información conforme al Catálogo de Clasificación Presupuestal y la normatividad vigente; propendiendo por garantizar que todas las áreas de la entidad se encuentren alineadas, mediante el cual se realiza la gestión integral de registro, revisión y análisis por objeto de gasto, resumen de

[2] Por el cual se liquida el Presupuesto General de la Nación para la vigencia fiscal 2019.

seguimiento y control de la ejecución presupuestal mensual de la entidad por cada uno de los rubros presupuestales y por dependencias de gasto.

Desde el punto de vista contable, El Servicio Geológico Colombiano aplica el marco normativo para entidades de gobierno, regulado por la Resolución N°533 de 2015 y sus modificaciones, expedido por la Contaduría General de la Nación (CGN) y adoptó el Manual de Políticas Contables de la entidad con Resolución D-542 de 2017, consolidando la información financiera del Sistema Integrado de Información Financiera (SIIF NACIÓN II) bajo la sub unidad 21-03-00 , se presentan los informes contables mensuales, se realizan las validaciones y conciliaciones pertinentes a grupos de cuentas contables, con el fin de garantizar la fiabilidad de la información procesada.

Asimismo, la URF realizó seguimiento mensual con los supervisores de contrato y ordenadores de gasto, mediante correos electrónicos y memorandos internos con el detalle por Rubro y dependencia de afectación, para depurar los saldos por utilizar y no inducir la reserva presupuestal.

Por otra parte, y de conformidad a los requerimientos de las Direcciones Técnicas y de acuerdo a las solicitudes radicadas por el Grupo de Planeación, se realizaron modificaciones presupuestales en el aplicativo SIIF NACIÓN II, ajustando los rubros presupuestales y dependencias de gasto, con la finalidad de atender las necesidades de cada área, de tal forma que las áreas puedan disponer de los recursos y proceder a la ejecución de los mismos.

La Unidad de recursos Financieros cuenta al Final de 2019 con 14 Funcionarios de Planta y 2 Contratistas financiados con recursos de PGN.

LOGROS

- La Unidad de recursos Financieros durante la vigencia 2019 realizó el acompañamiento profesional a las diferentes áreas de la entidad a través de comunicaciones, memorandos, correos, y mesas de trabajo para la recepción y ejecución de recursos, producto de convenios interadministrativos, así como de Estancias post doctorales otorgadas por Colciencias y otras entidades del Orden Nacional.
- Se realizó la charla en Comodatos y Acuerdos Conjuntos para contar con criterios iguales en las áreas involucradas en el proceso.
- Se realizó la campaña "Reservas presupuestales y cuentas por pagar".
- Se implementó el formato F-FIN-GAS-010 -Formato de justificación de reservas.
- Se presentó al Comité Directivo la metodología para análisis de deterioro de activos intangibles con vida útil indefinida asociados al conocimiento geocientífico de la entidad que representa el mayor valor de los activos.

- Se tramitaron todas las cuentas de cobro, realizando el proceso de cuenta por pagar, obligación y orden de pago a excepción de los casos no permitidos por PAC o cuentas inactivas.
- Se gestionaron los trámites asociados con el "Traslado dentro del Presupuesto General del Servicio Geológico Colombiano para el pago de la Cuota de Auditaje" y la aprobación para "delegar de manera permanente la función de aprobación del Programa Anual Mensualizado de Caja - PAC de los recursos propios y sus modificaciones del Servicio Geológico Colombiano al Director General".

AVANCES

- Se publicó el 12 de noviembre la circular de Cierre de la vigencia 2019.
- Se realizó la campaña para presentar cuenta de Cobro pendiente de meses anteriores, para que sean radicadas antes del 30 de noviembre.
- Se actualizó la página Web de la Información que reporta la URF (Contabilidad, Presupuesto, e Ingresos).
- Asimismo se realizaron 2 mesas de trabajo con el profesional en el manejo de deterioro para activos intangibles y se está ajustando el manual de Políticas de la entidad.
- Se realizó actualización de las cuentas de cobro incluyendo anexo_1 para información de los proveedores.
- Se llevaron a cabo actividades reportadas en el avance del mes. Las 3 coordinaciones de la URF, actualmente hacen análisis de registros en los diferentes aplicativos lo que ayuda a un mejor control y seguimiento contable como presupuestal y de pagos.
-

Sistema General de Regalías

Informe de avance primer semestre 2019:

En el marco del Seguimiento realizado el Ministerio de Minas y Energía, durante el primer semestre del año 2019, la Secretaría General a través de la Unidad de Recursos Financieros ha presentado los informes en temas financieros, contables, y presupuestales acorde a la gestión integral de la función delegada del conocimiento y cartografía geológica del subsuelo de la nación.

La información financiera del SGR se encuentra de acuerdo a las Resoluciones internas de incorporación y distribución de recursos asignados a la entidad por el dos por ciento (2), enfocada en garantizar que todas las áreas de la entidad a nivel nacional se encuentren alineadas de acuerdo a la Resolución expedida por el Ministerio de Minas y Energía y el Convenio Interadministrativo suscrito entre el Ministerio y el Servicio Geológico, mediante el cual se realiza la gestión integral de registro, revisión y análisis

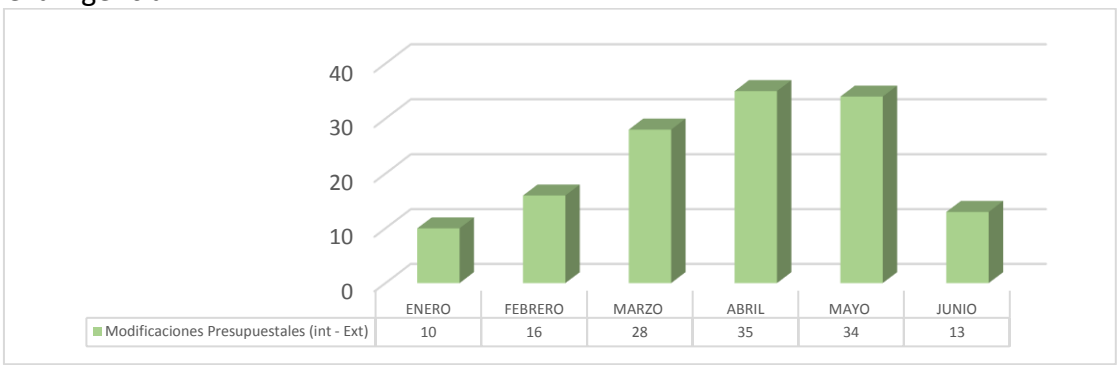
por objeto de gasto, resumen de seguimiento y control de la ejecución presupuestal mensual de la entidad por cada uno de los rubros presupuestales y por Dependencias de Gasto, acorde a la función de conocimiento y cartográfica geológica del subsuelo de la nación.

En este mismo sentido en el primer semestre del año 2019, la Unidad de Recursos Financieros elaboró la distribución de recursos ($212.996 millones correspondientes al bienio 2019-2020) en el SPGR - Sistema de Presupuesto y Giro de Regalías, dónde se tuvo en cuenta las prioridades de cada área de conocimiento, y lo aprobado por el Ministerio de Minas y Energía.

ENERO	FEBRERO y MARZO	ABRIL	MAYO Y JUNIO
Se realizó la creación de dependencias de gasto. Pre cierre de Regalías. Inicio desagregación y afectación dependencias saldos iniciales. Traslados compromisos presupuestales recurso 112103. Registro manual cadena presupuestal de Compromisos con recurso 110000	N/A PARA ESTE PERIODO	El día 26 de abril de 2019 se realizó desagregación de los recursos asignados para el bienio 2019-2020 por valor de $212.995.949.016	N/A PARA ESTE PERIODO

Conforme a las vigencias futuras aprobadas en el último trimestre del año 2018 con recursos del Sistema General de Regalías, la Unidad de recursos financieros realizó en el primer semestre de 2019 las obligaciones y pagos relacionados a los contratos de los procesos solicitados por las áreas de Secretaría General, Geoamenazas, Laboratorios y Gestión de información.

Con respecto a las modificaciones gestionadas con recursos del Sistema General de Regalías SGR regalías, se presenta el detalle de las efectuadas en los primeros 6 meses de la vigencia:



Elaboración Propia
Fuente: (SPGR)

Durante el mes de mayo se realizó el "INFORME DE VERIFICACIÓN CIFRAS SPGR VS INFORMACIÓN ACTOS ADMINISTRATIVOS DE INCORPORACIÓN Y DISTRIBUCIÓN" adelantando la revisión y análisis de las cifras de cierre del bienio pasado (2017-2018), lo que permito que en el mes de junio se realizara un seguimiento por cada dependencia de gasto y rubro presupuestal con el fin que cada área de conocimiento solicite la liberación de saldos atados a Certificados de Disponibilidad Presupuestal - CDP como Registros presupuestales - RP producto de terminaciones anticipadas de contratos o actas de liquidación de contratos.

Mes a mes la Unidad de Recursos Financieros realiza manualmente la reclasificación de algunas cuentas contables que aún no se encuentran parametrizadas en el SPGR y se asignan automáticamente a una cuenta que no corresponde, dicha reclasificación debe realizarse para que la información contable de la entidad conforme a los recursos del SGR sea verídica y confiable, así mismo se realiza la revisión y análisis de los movimientos de la cuenta bancaria asignada para el manejo de estos recursos.

A partir del mes de junio la Unidad de recursos Financieros realiza la ejecución presupuestal de la entidad, la cual se relaciona en la tabla N°2 *Ejecución Presupuestal Consolidada por Área de Conocimiento* con corte al 30 de junio de 2019.

ÁREA DEL CONOCIMIENTO	Apropiación	Certificada CDP	CDP %	Compromiso RP	RP %	Obligaciones	OBLIG %	Pagos	PAGOS %
Investigación, seguimiento y monitoreo de las amenazas geológicas y Actualización instrumental del Sistema Sismológico Nacional de Colombia.	49.918	16.374	32,80	10.391	20,82	5.861	11,74	5.861	11,74
Investigación en recursos del subsuelo y evaluar su potencial.	79.967	37.195	46,51	15.635	19,55	6.032	7,54	6.032	7,54
Ampliación del conocimiento Geocientifico Básico e integral del territorio nacional	44.862	15.390	34,31	13.385	29,84	4.293	9,57	4.254	9,48
Generación del conocimiento Geocientifico en materia de Hidrocarburos.	4.057	1.186	29,23	1.181	29,11	492	12,14	492	12,14
Gestión integral del conocimiento Geocientifico del territorio Nacional para garantizar su disponibilidad	48.536	17.865	36,81	13.873	28,58	5.341	11,00	5.341	11,00
Caracterización e Investigación de materiales geológicos.	16.611	4.226	25,44	3.864	23,26	1.733	10,44	1.733	10,44
Mejoramiento, desarrollo y promoción de las capacidades científicas y tecnológicas de las aplicaciones nucleares y radiactivas.	6.642	2.893	43,55	1.735	26,12	1.254	18,88	1.254	18,88
Fortalecimiento en la gestión institucional para dar cumplimiento a la misión y políticas de la entidad.	89.764	6.725	7,49	5.545	6,18	1.492	1,66	1.492	1,66

ÁREA DEL CONOCIMIENTO	Apropiación	Certificada CDP	CDP %	Compromiso RP	RP %	Obligaciones	OBLIG %	Pagos	PAGOS %
TOTAL REGALÍAS	340.357	101.854	29,93	65.610	19,28	26.499	7,79	26.461	7,77

Informe de avance segundo semestre 2019:

La Secretaría General a través de la Unidad de Recursos Financieros ha presentado los informes en temas financieros, contables y presupuestales, acorde a la gestión integral financiera desarrollada para el seguimiento realizado por el Ministerio de Minas y Energía (MME) en el marco de la función delegada del conocimiento y cartografía geológica del subsuelo colombiano.

Mediante resolución interna N°153 del 11 de abril de 2019, se realizó la incorporación del porcentaje destinado a la fiscalización de la exploración de los yacimientos y al conocimiento y cartografía geológica del subsuelo colombiano y, se distribuyen los recursos acorde con la Resolución interna N°155 de 2019 de la apropiación por valor de 317.090.965.850,55[3]

Durante el segundo semestre de 2019 la Unidad de Recursos Financieros, desde el ámbito presupuestal continuó registrando la información del Sistema General de Regalías (SGR), conforme a las Resoluciones internas de incorporación y distribución de recursos asignados a la entidad en virtud del 2%; propendiendo por garantizar que todas las áreas de la entidad se encuentren alineadas a las Resoluciones expedidas por el MME y acorde con el Convenio Interadministrativo 379 de 2016, mediante el cual se realiza la gestión integral de registro, revisión y análisis por objeto de gasto, resumen de seguimiento y control de la ejecución presupuestal mensual de la entidad por cada uno de los rubros presupuestales y por dependencias de gasto.

Desde el punto de vista contable, El Servicio Geológico Colombiano aplica el marco normativo para entidades de gobierno, regulado por la Resolución N°533 de 2015 y sus modificaciones, expedido por la Contaduría General de la Nación (CGN) y adoptó el Manual de Políticas Contables de la entidad con Resolución D-542 de 2017 como ejecutor de recursos del SGR, haciendo uso del aplicativo Sistema de Presupuesto y Giro de Regalías (SPGR), el cual refleja los movimientos contables de las operaciones económicas realizadas por la entidad; Mensualmente, dando cumplimiento a la Resolución N°182 de 2017 y al numeral 29 de la resolución N°470 de 2016 de la CGN, se consolida la información financiera del SPGR en el Sistema Integrado de Información Financiera (SIIF NACIÓN II) bajo la sub unidad 21-03-00-002 y se presentan los informes

[3] Apropiación Disponible del Bienio 2017-2018 por valor de $104.095.016.834,15 más $212.995.949,016 correspondiente al Bienio 2019-2020

contables mensuales, por lo cual, en el segundo semestre de la vigencia 2019, se realizó la elaboración y publicación de los informes correspondientes a los meses de junio a noviembre de 2019, previo a la consolidación de la información en la sub unidad, se realizan las validaciones y conciliaciones pertinentes a grupos de cuentas contables, con el fin de garantizar la fiabilidad de la información procesada.

En el mes de junio y julio de 2019 se distribuyeron recursos entre las áreas de conocimiento, acorde a la distribución enviada desde el grupo de Planeación del SGC por la suma de 1.867.317.848 como se indica a continuación:

N°	Área del Conocimiento	Disponibilidad Inicial	Distribución	Asignación 2019-2020.	Apropiación Vigente
1	Investigación, seguimiento y monitoreo de las amenazas geológicas y Actualización instrumental del Sistema Sismológico Nacional de Colombia.	9.427	-	36.017	45.444
2	Investigación en recursos del subsuelo y evaluar su potencial.	25.855	**50**	50.921	76.826
3	Ampliación del conocimiento Geocientífico Básico e integral del territorio nacional	8.930	**955**	30.150	40.075
4	Generación del conocimiento Geocientífico en materia de Hidrocarburos.	1.459	**163**	2.250	3.832
5	Gestión integral del conocimiento Geocientífico del territorio Nacional para garantizar su disponibilidad	5.957	**44**	36.947	42.948
6	Caracterización e Investigación de materiales geológicos.	1.744	**86**	13.062	14.892
7	Mejoramiento, desarrollo y promoción de las capacidades científicas y tecnológicas de las aplicaciones nucleares y radiactivas.	518	-	4.938	5.456
8	Fortalecimiento en la gestión institucional para dar cumplimiento a la misión y políticas de la entidad.	50.205	**569**	38.711	89.485
TOTAL		**104.095**	**1.867**	**212.996**	**318.958**

*Cifras en miles de Pesos

Asimismo, la URF realizó seguimiento mensual con los supervisores de contrato y ordenadores de gasto, mediante correos electrónicos y memorandos internos con el detalle por Rubro y dependencia de afectación, para depurar los saldos por utilizar del Sistema General de Regalías correspondientes al Bienio 2017-2018, logrando certificar recursos por valor de 4.017.844.565,45 como se detalla a continuación:

MES DE LIBERACIÓN	VALOR
ABRIL-MAYO	1.018.777.882,33
JUNIO	71.126.570,00
JULIO	777.413.396,00
AGOSTO	344.073.086,00
SEPTIEMBRE	357.915.762,88
OCTUBRE	1.024.307.118,87
NOVIEMBRE	190.487.649,00
DICIEMBRE I	125.502.257,61
DICIEMBRE II	108.048.923,76
DICIEMBRE III	191.919,00
TOTAL	**4.017.844.565,45**

A partir del mes de junio la Unidad de recursos Financieros realiza la ejecución presupuestal de la entidad, la cual se relaciona en la tabla N°3 con corte al 31 de diciembre de 2019:

N°	Área de Conocimiento	Apropiación Vigente	CDP	CDP/ Aprop. Vigente	Compromisos	Comp./ Apro Vigente	Obligaciones	Oblig./ Apro Vigente
1	Investigación, seguimiento y monitoreo de las amenazas geológicas y Actualización instrumental del Sistema Sismológico Nacional de Colombia.	4.445	4.230	95,17	4.230	95,17	4.151	93,39
2	Investigación en recursos del subsuelo y evaluar su potencial.	3.141	2.168	69,03	2.168	69,03	2.168	69,03
3	Ampliación del conocimiento Geocientífico Básico e integral del territorio nacional	4.897	4.662	95,19	4.662	95,19	3.287	67,12
4	Generación del conocimiento Geocientífico en materia de Hidrocarburos.	186	78	41,83	78	41,83	78	41,83
5	Gestión integral del conocimiento Geocientífico del territorio Nacional para garantizar su disponibilidad	5.588	5.212	93,26	5.212	93,26	4.943	88,45
6	Caracterización e Investigación de materiales geológicos.	1.716	1.557	90,75	1.557	90,75	1.557	90,75
7	Mejoramiento, desarrollo y promoción de las capacidades científicas y tecnológicas de las aplicaciones nucleares y radiactivas.	1.155	1.145	99,1	1.145	99,1	1.145	99,1

8	Fortalecimiento en la gestión institucional para dar cumplimiento a la misión y políticas de la entidad.	271	198	72,83	198	72,83	168	61,78
TOTAL		**21.399**	**19.249**	**89,95**	**19.249**	**89,95**	**17.496**	**81,76**

*Cifras en miles de Pesos

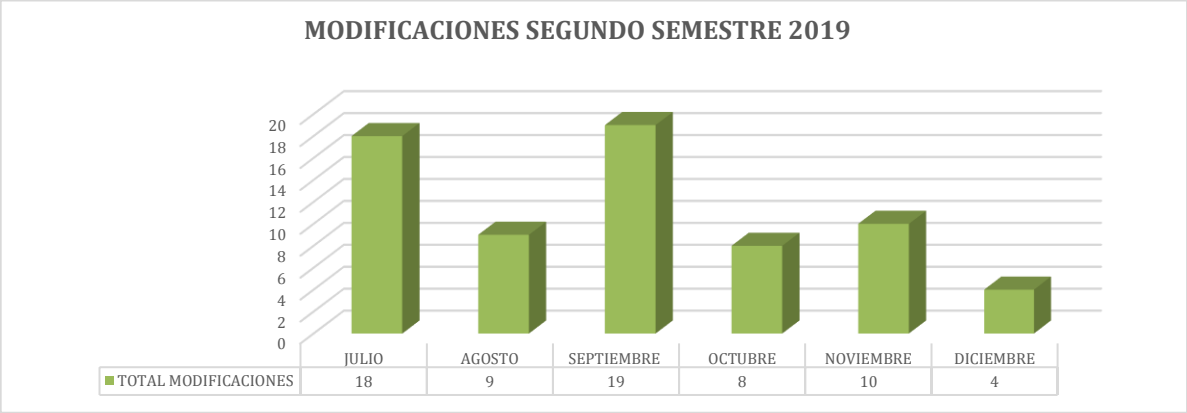
La diferencia entre la apropiación vigente con respecto a la Disponibilidad (CDP) y Compromisos (RP) se debe a que, durante los meses de agosto, septiembre, octubre y con corte al 31 de diciembre de 2019 se liberaron 2.150.526.717; cuya distribución en el bienio 2019-2020 está pendiente de realizarse por el Grupo de presupuesto, la cual se efectuará en el SPGR en enero de 2020.

N°	Área de Conocimiento	Apropiación Vigente	CDP	CDP/ Aprop. Vigente	Compromisos	Comp./ Apro Vigente	Obligaciones	Oblig./ Apro Vigente
1	Investigación, seguimiento y monitoreo de las amenazas geológicas y Actualización instrumental del Sistema Sismológico Nacional de Colombia.	45.444	31.696	69,75	31.016	68,25	10.615	23,36
2	Investigación en recursos del subsuelo y evaluar su potencial.	76.826	39.879	51,91	35.751	46,53	16.647	21,67
3	Ampliación del conocimiento geocientífico Básico e integral del territorio nacional	40.076	26.554	66,26	22.770	56,82	12.867	32,11
4	Generación del conocimiento geocientífico en materia de Hidrocarburos.	3.831	1.708	44,59	1.705	44,5	1.503	39,23
5	Gestión integral del conocimiento geocientífico del territorio Nacional para garantizar su disponibilidad	42.948	27.948	65,07	24.635	57,36	13.276	30,91
6	Caracterización e Investigación de materiales geológicos.	14.892	7.664	51,46	6.626	44,49	2.576	17,3
7	Mejoramiento, desarrollo y promoción de las capacidades científicas y tecnológicas de las aplicaciones nucleares y radiactivas.	5.456	3.188	58,43	3.166	58,03	1.766	32,37
8	Fortalecimiento en la gestión institucional para dar cumplimiento a la misión y políticas de la entidad.	89.485	7.802	8,72	6.641	7,42	3.855	4,31
TOTAL		**318.959**	**146.439**	**45,91**	**132.309**	**41,48**	**63.104**	**19,78**

*Cifras en miles de Pesos

La apropiación vigente se encuentra constituida por: Recursos Incorporados (RI)[4], Recursos Actuales (RA)[5] y Recursos liberados de compromisos del bienio anterior que son Certificados por el Coordinador del Grupo de Presupuesto.

Por otra parte, y de conformidad a los requerimientos de las Direcciones Técnicas y de acuerdo a las solicitudes radicadas por el Grupo de Planeación, se realizaron 68 modificaciones presupuestales en el aplicativo SPGR como se detalla en la gráfica N°1, ajustando los rubros presupuestales y dependencias de gasto, con la finalidad de atender las necesidades de cada área, de tal forma que las áreas puedan disponer de los recursos y proceder a la ejecución de los recursos:



9.9 Oficina Asesora Jurídica

9.9.1 Proyecto de Gestión ID 1001364: Mejora y fortalecimiento defensa jurídica

Objetivo General: Gestionar y apoyar jurídicamente a las diferentes áreas de conocimiento encargadas de desarrollar los proyectos e investigaciones geocientíficas del subsuelo de la nación.

En relación con el apoyo jurídico realizado por parte de la Oficina Asesora Jurídica a todas las áreas de conocimiento encargadas de desarrollar los proyectos de conocimiento geocientífico del subsuelo y la producción científica, este se evidencia en la coordinación para la atención de los diferentes requerimientos judiciales realizados a la entidad; así como de las peticiones presentadas por entes de control, incluyendo autoridades ambientales y de la comunidad ubicada en las zonas en las cuales el SGC lleva a cabo los proyectos para el conocimiento geocientífico, adecuando las respuestas a la normativa legal y el marco funcional previsto en el Decreto Ley 4131 de 2011, así:

[4] Disponibilidad Inicial
[5] Asignación 2019-2020 realizada por el MME

Derechos de petición:

En la vigencia 2019, Se presentaron 16 peticiones relacionadas con los proyectos del SGR, a los cuales se les dio respuesta dentro de término.

Así mismo se presentaron 37 peticiones relacionadas con proyectos del PGN, a los cuales se les dio respuesta dentro de término.

También, se presentaron 2 derechos de petición a los cuales se les dio respuesta dentro de término, donde la fuente de financiación no es de regalías ni de funcionamiento.

Requerimientos judiciales:

En la vigencia 2019 dentro de los proyectos del SGR, por parte de las autoridades judiciales se presentaron 24 requerimientos judiciales, a los cuales se les dio respuesta dentro de término.

Dentro de los proyectos del PGN, por parte de las autoridades judiciales se presentaron 30 requerimientos judiciales, a los cuales se les dio respuesta dentro de término.

Es importante mencionar que se presentaron 2 requerimientos por parte de las autoridades judiciales, a los cuales se les dio respuesta dentro de término y tenían recursos de PGN y SGR.

- Conceptos:

Se presentaron 5 solicitudes de conceptos jurídicos, relacionados con proyectos del SGR, a los cuales se les dio respuesta por parte de la OAJ así: 4 dentro de término y 1 extemporáneamente.

Por otra parte, se presentaron 42 solicitudes de conceptos jurídicos relacionados con proyectos del PGN, a los cuales se les dio respuesta por parte de la OAJ así: 39 dentro de término y 3 extemporáneamente.

Adicionalmente, la Oficina Asesora Jurídica brinda acompañamiento como parte del comité evaluador de los procesos de selección del instituto, de los cuales se han realizado a la fecha las siguientes evaluaciones jurídicas:

En la vigencia 2019 se realizó la evaluación de procesos de contratación de los proyectos SGR así:

- Se evaluaron 9 procesos de contratación directa.

- Se evaluaron 21 procesos de selección abreviada subasta inversa.
- Se evaluaron 14 procesos de selección de Mínima Cuantía.
- Se evaluaron 3 procesos de concurso de méritos abierto.

Así mismo, se realizó la evaluación de procesos de contratación de los proyectos PGN así:

Se evaluaron 21 procesos de selección abreviada subasta inversa.

- Se evaluaron 20 procesos de selección de Mínima Cuantía.
- Se evaluaron 2 procesos de selección abreviada de menor cuantía.

Por otra parte, se evaluaron procesos que tienen recursos de PGN y SGR así:

Se evaluó 1 proceso de contratación directa que tiene recursos tanto de PGN como de SGR.

- Se evaluó 5 procesos de selección abreviada subasta inversa que tiene recursos tanto de PGN como de SGR.
- Se evaluó 1 proceso de selección abreviada de menor cuantía, que tiene recursos tanto de PGN como de SGR.

Como parte de las actividades de defensa, en la vigencia 2019 se presentaron 24 estudios de conciliación los cuales fueron analizados por parte del Comité de Conciliación. En 8 casos se decidió por parte del comité iniciar ante la Procuraduría el respectivo trámite con el fin de precaver un litigio eventual, en relación de contratos suscritos con recursos de regalías y en 3 casos se decidió por parte del comité iniciar ante la Procuraduría el respectivo trámite con el fin de precaver un litigio eventual, en relación de contratos suscritos con recursos del presupuesto general de la nación.

Por otra parte, los procesos judiciales, fueron revisados y tramitados los procesos judiciales en los que el SGC hace parte. A su vez, se asistió por parte del abogado encargado de la defensa judicial a varias audiencias en diferentes despachos judiciales del país, además se allegaron contestaciones de demanda y memoriales dentro de los procesos judiciales, lo cual se registró debidamente en el Sistema Único Litigioso del Estado -eKogui.

- En relación con las acciones de tutelas desarrolló lo siguiente:

La OAJ ha adelantado la defensa de los intereses del Instituto, de 1 acción de tutela, respecto a los proyectos del SGR. También la OAJ adelantó la defensa del interés del instituto, de una acción de tutela, donde la fuente de financiación no es de regalías ni de funcionamiento, toda vez que las pretensiones no representan un valor económico.

Del mismo modo, se ha adelantado la defensa de los intereses del Instituto, en un total de 15 de estas acciones constitucionales, respecto a los proyectos del PGN. También la

OAJ adelantó la defensa del interés del instituto, de una acción de tutela, donde la fuente de financiación no es de regalías ni de funcionamiento, toda vez que las pretensiones no representan un valor económico.

Como dato relevante, el único proceso donde se ha emitido una condena en contra de la entidad corresponde a la controversia promovida por Jenny Paola Arismendi Beltran, quien era contratista de la Entidad y por la época de su embarazo, no fue prorrogado su contrato de prestación de servicios en la medida en que la necesidad no subsistió. En sede judicial se condenó al Instituto a pagar las cotizaciones al sistema de seguridad social en salud y pensiones durante el periodo de gestación faltante; orden que ya fue cumplida a cabalidad y acreditada ante el Despacho.

Por otra parte, respecto de la asesoría y apoyo jurídico brindado a las áreas misionales, se informa que respecto de los trámites de licenciamiento y control que lidera el Grupo de Trabajo de Licenciamiento y Control de la Dirección de Asuntos Nucleares se presentaron para revisión y aprobación jurídica 249 proyectos de resolución relacionados con la autorización de empleo de material radioactivo conforme a las disposiciones consagradas en la Resolución 90874 de 2014; de la misma manera con relación a los trámites contemplados en el Decreto 1353 de 2018 por medio del cual se estableció el Sistema de Gestión Integral del Patrimonio Geológico y Paleontológico de la Nación a cargo del Grupo de Trabajo de Museo e Investigaciones Asociadas se presentaron para la validación correspondiente 141 proyectos de resolución relacionados principalmente con el Registro, tenencia temporal y movilización de bienes de interés geológico y paleontológico, transversal a ello se realizaron 35 asesorías relacionadas con la implementación de la normativa de protección del patrimonio geológico y paleontológico como parte del patrimonio de la Nación.

Por otro lado no se ha iniciado procesos de cobro persuasivo y coactivo.

- Porcentaje de avance actividades (progresión) en Planview

El proyecto 1001364 ajustó el cronograma propuesto hasta 31 de diciembre de 2020 a efectos de realizar un seguimiento de las acciones de apoyo legal por parte de la Oficina Asesora Jurídica a los proyectos financiados con recursos del Sistema General del Regalías en el marco del Convenio 379 de 2016. Atendiendo esto, a continuación se presenta el avance esperado mes a mes de la vigencia de 2019 en comparación con lo proyectado:



En lo anterior, se puede evidenciar que el proyecto durante todos los meses del segundo semestre de 2019 cumplió con el porcentaje de avance frente a las metas establecidas; es importante aclarar que el porcentaje de avance máximo presentado es del 50%, considerando que el horizonte de ejecución se estableció para dos años (bianualidad del SGR).

9.10 Oficina de Control Interno

9.10.1 Proyecto de Gestión ID 1001042: Fortalecimiento del Sistema de Control Interno SGC

Objetivo General: Contribuir al fortalecimiento del Sistema de Control Interno del SGC mediante la ejecución de acciones que aporten a su mejoramiento continuo, agregando valor en sus procesos estratégicos, misionales, de apoyo y evaluación, en cumplimiento de las funciones asignadas y delegadas a la entidad por la normatividad vigente.

Informe de avance primer semestre 2019:

El Proyecto 1001042 fue creado en el sistema a partir del 2 de enero de 2018. Se ejecuta a través de recursos del Sistema General de Regalías – SGR y del Presupuesta General de la Nación –PGN, entre el 1 de enero de 2019 y hasta 24 de mayo de 2019; A partir del 25 de mayo de 2019 solo incluía recursos de PGN: A 30 de junio de 2019 se presentan los siguientes avances respecto a los Proyectos de Gestión seleccionados por la Oficina de Control Interno para ser objeto de auditoría, priorizados conforme a los temas misionales y transversales:

- Se consolido el informe final de la auditoria Verificación de la Atención dada a los PQRS-II Semestre 2018, ratificando las observaciones del informe preliminar, previa revisión de las observaciones realizadas por el Grupo de Participación Ciudadana y Comunicaciones.

- Se envió comunicación al Grupo de Planeación con el análisis de los resultados derivados del FURAG (Informe Ejecutivo Anual del estado del Sistema de Control Interno) y sus respectivas recomendaciones.
- Se profundizo sobre la información de comisiones solicitada y recibida por parte de la URF, la cual presento diferencias con lo reportado por algunas direcciones, así como se pudo constatar que otras direcciones que realizan comisiones no se encuentran realizando la respectiva certificación que deben allegar a al OCI. Se efectuó validación normativa respecto de las 80 y 100 Horas Extras incluidas en los Decretos 3535 de 2003 y decreto 330 de 2018, sobre lo cual la OCI da un valor agregado respecto del manejo del rubro de Horas Extras que siempre presenta excesos en las horas decretadas, frente a lo que se evalúa de forma trimestral. Se analizó la información solicitada sobre 5 Ítems de los 14 incluidos en el reporte sobre las medidas de Austeridad registradas por el SGC en el aplicativo de (Medición de la Austeridad en el Gasto Público), a través de los cuales se pudo evidenciar inconsistencias y errores en la información reportada, así como la extemporaneidad en el cargue del reporte correspondiente al primer trimestre de 2019. Se efectuó verificación de los planes de minutos y datos de los celulares asignados, así como lo adecuado frente a la norma sobre la asignación de celulares a funcionarios del SGC. Actividad que queda ejecutada al 100%.
- Análisis de Comisiones sin ejecutar PGN y SRG. Así como solicitud de información de algunos, reintegros al Grupo de Tesorería, uno (1) PGN como cuatro (4) de SGR (para su respectiva verificación e inclusión en el informe).
- Se realizó la verificación en la implementación de los requerimientos definidos en le Ley 1712 del 2014, siguiendo los lineamientos del instrumento de verificación suministrado por la Procuraduría General de la República.
- Porcentaje de avance actividades (progresión) en Planview: A 30 de junio de 2019, el proyecto se encuentra con un rendimiento del 97.00%.

<u>Informe de avance segundo semestre de 2019:</u>

Durante el segundo semestre de 2019 y conforme a las fechas programadas para cada una de las actividades incluidas en el Proyecto, las siguientes son las Auditorías que fueron culminadas, cuyos documentos soporte se encuentran disponibles en el repositorio Y:\AÑO 2019\INFORMES OCI, Y:\AÑO 2020\INFORMES OCI 2020 y en el respectivo aplicativo de Planview.

- Informe de la verificación de Austeridad y Eficiencia en el Gasto Público correspondiente al 3er Trimestre de 2019, Se envía informe la Unidad de Recursos Financieros con el Radicado 20191300058433 del 26 de diciembre de 2019.
- Informe de seguimiento a la gestión adelantada para la Evaluación de los Acuerdos de Gestión 2018 y Concertación 2019.

- Verificación de los hallazgos resultantes de las Auditorías adelantadas por la CGR, que están pendientes de cierre, conforme lo establecido en la Circular 05 de 2019. Los papeles de trabajo se encuentran disponibles para consulta en Y:\AÑO 2019\SMEP\EN PROCESO\SEGUIMIENTO NO CONFORMIDADES.
- Informe de cumplimiento de las políticas y protocolos de seguridad en la instalación, operación y mantenimiento del aplicativo CHIP. Cuyos documentos soporte e informe se encuentran disponibles en Y:\AÑO 2019\INFORMES OCI\45 EVALUACION AL CUMPLIMIENTO DE LAS POLITIICAS Y PROTOCOLOS DE SEGURIDAD DEL APLICATIVO CHIP POR PARTE DEL SGC y en Y:\AÑO 2019\AMCV\CHIP. Radicado No 201913000 del 30 de noviembre de 2019.
- Seguimiento Plan de Mejoramiento Archivístico, con lo que se termina la actividad, con documentos de trabajo soportes disponibles en la carpeta Y:\AÑO 2019\SMEP\EN PROCESO\PMA.
- Informe de cumplimiento de políticas de seguridad del SIIF a la Unidad de Recursos Financieros bajo el radicado No 20191300058803 del 30 de diciembre de 2019. Documento disponible en: Y:\AÑO 2019\INFORMES OCI\47 SEGUIMIENTO AL CUMPLIMIENTO DE POLITICAS APLICATIVO SIIF.
- Informe consolidado al Grupo de Planeación del seguimiento a los avances en la gestión de riesgos adelantada por el servicio geológico colombiano durante la vigencia 2019, con los documentos soportes e informe radicado bajo en No 20191300058863 del 31 de diciembre de 2019 y disponible en: Y:\AÑO 2019\INFORMES OCI\48 SEGUIMIENTO A LA GESTIÓN DE RIESGOS 2019 y en Y:\AÑO 2019\MEOG\001. AUDITORIAS AG\002. GESIÓN DE RIESGOS.
- Informe final enviado al Grupo de Trabajo de Control Interno Disciplinario del SGC, bajo el radicado No 20191300057853 del 23 de diciembre de 2019 y con los documentos soportes disponibles en: Y:\AÑO 2019\INFORMES OCI\41 AUDITORÍA GRUPO CONTROL INTERNO DISCIPLINARIO y en Y:\AÑO 2019\ALMP\AUDITORÍA GESTIÓN GRUPO CONTROL DISCIPLINARIO INTERNO.
- Se envía informe al Grupo de Planeación el seguimiento al reporte de las metas de Gobierno - SISMEG - SINERGIA con radicado 2019130055833 del 10 de diciembre de 2019, el informe y los documentos soportes se encuentran disponibles para consulta en: Y:\AÑO 2019\INFORMES OCI\40 SEGUIMIENTO REPORTE METAS SINERGIA.
- Informe de evaluación, enviado, respecto de la eficacia de las estrategias de la entidad para promover la socialización del Código de Integridad a todo el personal, al Grupo de Talento Humano con radicado No 2019130058693 del 30 de diciembre de 2019, el informe y los documentos soportes se encuentran disponibles para consulta en: Y:\AÑO 2019\INFORMES OCI\SIN NÚMERO.
- Informe preliminar enviado al Grupo de trabajo vía correo electrónico el 23 de diciembre de 2019 respecto a la Auditoría al Grupo de Trabajo de Investigación Geometalurgia y Geoambiente para el Procesamiento de Minerales de los Depósitos en Colombia - Grupo de Trabajo Regional Cali, el informe y los

documentos soportes se encuentran disponibles para consulta en: Y:\AÑO 2019\INFORMES OCI\AUDITORIA AL GRUPO DE TRABAJO DE CALI.

- Se envió el Informe Pormenorizado del Estado del Sistema de Control Interno para el periodo julio a octubre de 2019.
- Se consolida y envía el Informe Final de la Auditoría al Proceso de Investigaciones y Aplicaciones Nucleares y Radiactivas.
- Se realiza seguimiento a las acciones resultantes de la auditoría al Proceso de Licenciamiento y Control de Instalaciones Radiactivas: Informe OCI-28-2018.
- Se realiza seguimiento a las acciones resultantes del Informe OCI-07-2018 "Auditoría al Grupo de Gestión de Plataforma de Tecnologías de Información".
- Se realiza seguimiento a las acciones resultantes del Informe OCI-36-2018 "Auditoría al Centro de Datos Alterno del SGC".
- Se envía el informe final de Seguimiento a la atención dada por el SGC a las Peticiones, Quejas, Reclamos, Denuncias y Sugerencias – PQRDS recibidas durante el primer semestre de 2019, ratificando las observaciones del informe preliminar, e incluyendo las observaciones realizadas por el Grupo de Participación Ciudadana y Comunicaciones.
- Se envía el Informe de Austeridad del Gasto Segundo Trimestre de 2019.
- Se concreta y envía informe final de la Auditoria al sistema Xue de la Dirección de Asuntos Nucleares.
- Porcentaje de avance actividades (progresión) en Planview: A 31 de diciembre de 2019, el proyecto se encuentra con un rendimiento del 99.00%.

9.10.2 Proyecto de Gestión ID 1001208: Fortalecimiento del Sistema de Control Interno SGC

Objetivo: Contribuir al fortalecimiento del Sistema de Control Interno del SGC mediante la ejecución de acciones que aporten a su mejoramiento continuo, agregando valor en sus procesos estratégicos, misionales, de apoyo y evaluación, en cumplimiento de las funciones asignadas y delegadas a la entidad por la normatividad vigente.

Informe de avance primer semestre 2019:

El Proyecto 1001208 fue creado en el sistema a partir del 20 de mayo de 2019. A 30 de junio de 2019 se presentan los siguientes avances respecto a los Proyectos de Gestión seleccionados por la Oficina de Control Interno para ser objeto de auditoría, priorizados conforme a los temas misionales y transversales que se ejecutan a través de proyectos financiados con recursos del Sistema General de Regalías - SGR, así como a la disponibilidad de recurso humano y tiempo de dedicación del personal de la Oficina incluido en el Proyecto 1001208:

- Auditoría al Proyecto de Gestión Diagnóstico de la Actividad Volcánica: A junio la actividad registra un avance del 10%, representado en la elaboración y envío de

las comunicaciones oficiales a los responsables, elaboración del plan de trabajo y documentación de las listas de verificación para aplicar en la auditoría, de acuerdo a los procedimientos relacionados con la actividad volcánica.

- Auditoría al Proyecto de Gestión Exploración de Arcillas Industriales: A junio se está a la espera de los comentarios de la Dirección de Recursos Minerales frente al Informe Preliminar, cuya elaboración se culminó a 30 de junio de 2019, por lo que una vez recibidos se procederá a la emisión del Informe Final.
- Auditoría a la Litoteca, Cintoteca y EPIS como fondos de información geocientífica (como parte del Proyecto de Gestión Mejoramiento de calidad de datos geocientíficos y manejo y custodia de fondos de información geocientífica): A junio el avance es del 88%. Se cuenta con el Informe Preliminar consolidado, el cual pasa a revisión de la Jefatura de la Oficina para su oficialización y envío al Gerente del Proyecto.
- Auditoría al Proyecto de Gestión Adecuación de muestras para estudios geológicos y caracterización geotécnica: A junio la auditoría fue cumplida en su totalidad, por lo que el porcentaje de cumplimiento es del 100%. Los documentos soportes se encuentran disponibles en el repositorio Y:\AÑO 2019\INFORMES OCI.
- Auditorías relacionadas con el Área de Conocimiento “Fortalecimiento en la gestión institucional para dar cumplimiento a la misión y políticas de la entidad”:
- Auditoría a cuentas de los Estados Financieros Primer Trimestre 2018 e Información Contable Primer Trimestre 2019 (como parte del Proyecto Gestión financiera integral de los recursos del SGC): A junio se presenta un avance del 10%, representado en el envío de las comunicaciones oficiales que dan inicio a la actividad, la elaboración del Plan de Trabajo y la validación preliminar de los Balances del SGC de enero a marzo de 2019.
- Auditoría a la Gestión de Servicios Tecnologías de Información: Se realizó la actividad programada en un 100%. Los documentos soportes se encuentran disponibles en el repositorio Y:\AÑO 2019\INFORMES OCI.
- Auditoría a las actividades de Solicitud, Autorización y Expedición de CDPs (como parte del Proyecto Gestión financiera integral de los recursos del SGC): La actividad fue concluida al 100%. Los documentos soportes se encuentran disponibles en el repositorio Y:\AÑO 2019\INFORMES OCI.
- Como parte del informe trimestral de verificación al cumplimiento de las normas de austeridad y eficiencia del gasto público, se analiza la ejecución de recursos del SGR en aspectos tales como comisiones, contratos y registro de algunas cuentas contables. A junio de 2019 se cuenta con el Informe correspondiente al cuarto trimestre de 2018 y primer trimestre de 2019.
- Además de las actividades desarrolladas en atención al rol de Evaluación y Seguimiento se tiene el de Enfoque hacia la Prevención, en el cual se incluyen actividades por demanda recibidas en la Oficina de Control Interno, que impactan

el cumplimiento estricto de lo programado inicialmente, dentro de los cuales a junio de 2019 se tienen:

- Análisis de la Resolución 138 del 4 de abril de 2019, “Por medio de la cual se crea el Comité Científico Nuclear-COCIEN, de la Dirección Técnica de Asuntos Nucleares del SGC y se reglamentan sus funciones”, elaboración y envío del informe de verificación.
- Elaboración del informe de verificación relacionada con la queja sobre un asunto particular de un Trámite a cargo del Grupo de Licenciamiento y Control de la Dirección de Asuntos Nucleares.
- Porcentaje de avance actividades (progresión) en Planview: A 30 de junio de 2019, el proyecto se encuentra con un rendimiento del 105.88%.

Informe de avance segundo semestre de 2019:

Es importante aclarar que, si bien los recursos provenientes del Sistema General de Regalías - SGR para inicio de la vigencia 2019, destinados a la Oficina de Control Interno, fueron vinculados al proyecto 1001042, al cual también estaban vinculados los recursos del Presupuesto General de la Nación – PGN, a partir del 20 de mayo de la misma vigencia fue creado en el sistema el proyecto 1001208, al cual se le vincularon exclusivamente los recursos provenientes del SGR.

El Proyecto ID 1001208 incluye actividades que corresponden a las Auditorías de algunos de los Proyectos de Gestión definidos en el SGC, por cada una de sus Áreas de Conocimiento, las cuales fueron seleccionadas conforme a los temas misionales que se ejecutan a través de proyectos de gestión financiados con recursos del Sistema General de Regalías - SGR, y priorizados por la Oficina de Control Interno en razón a la disponibilidad de recurso humano y tiempo de dedicación del personal de la Oficina.

Durante el segundo semestre de 2019 y conforme a las fechas programadas para cada una de las actividades incluidas en el Proyecto, las siguientes son las Auditorías que fueron culminadas, cuyos documentos soporte se encuentran disponibles en el repositorio Y:\AÑO 2019\INFORMES OCI, Y:\AÑO 2020\INFORMES OCI 2020 y en el respectivo aplicativo de Planview.

- Auditoría al Proyecto Interpretación Subsuelo para Hidrocarburos Cod: 1001102. El In-forme Final corresponde al OCI-46-2019, enviado bajo el radicado No 20191300058773.
- Se concluyó las etapas planificadas para la realización de la actividad y se consolida y envía el informe preliminar de la auditoría al Procedimiento de Oficialización de Productos, bajo el radicado No 20191300058893.

- Se concluyó auditoria y se consolidó y envío informe del seguimiento a la ejecución presupuestal de los recursos provenientes del SGR del Servicio Geológico Colombiano, bajo el radicado No 2020130001643.
- Se realizó seguimiento al reporte de las metas de Gobierno - SISMEG - SINERGIA. Se envía informe al Grupo de Planeación con radicado No 2019130055833.
- Se concluye, consolida y envía, informe preliminar de la Auditoría al proyecto Consolidación Centro de Geocronología – 1001245.
- Se consolidó y envío informe Final a los Estados Financieros con corte al segundo trimestre de 2019, con número de informe OCI-39-2019, bajo el radicado No 20191300055763.
- Se realizó el respectivo envío del Informe Final de la auditoría al Proceso de Gestión Jurídica y Legal, con número de informe OCI-42-2019, bajo el radicado No 20191300057953.
- Se consolidó y envío informe final de Auditoría al Proyecto Diagnóstico de la actividad volcánica Cód. 1000807, con número de informe OCI-37-2019, bajo el radicado No 20191300054703.
- Se consolido y envío informe final de la Auditoría al Proyecto Modelo Tectónico de Colombia Cód.: 1001278, con número de informe OCI-38-2019, bajo el radicado No 20191300055153.
- Se consolido y envío informe final de la Auditoría al Proyecto Caracterización Geoquímica de Materiales Geológicos Cód. 1001413, con número de informe OCI-44-2019, bajo el radicado No 20191300058603.
- Se elaboró Informe final de la auditoría a las actividades de terminación de contratos de prestación de servicios, teniendo en cuenta la validación realizada al Informe Preliminar por parte del Grupo de Trabajo de Servicios Administrativos, con número de informe OCI-49-2019, bajo el radicado No 20191300058903.

Igualmente y en atención a los roles asignados por la normatividad vigente, además de lo relacionado con el de Evaluación y Seguimiento se tiene el de Enfoque hacia la Prevención, correspondiendo este último a actividades por demanda recibidas en la Oficina de Control Interno, que impactan el cumplimiento estricto de lo programado inicialmente, dentro de los cuales entre julio y diciembre de 2019 se tienen:

- Verificación de los aspectos jurídicos del proceso de contratación CD 02 de 2019, en razón a las manifestaciones presentadas por la empresa Microsurvey en su petición escrita.
- Informe relacionado con la verificación del trámite 104914 y de la Solicitud de Registro N° 100067 del Hospital Hernando Moncaleano Perdomo E.S.E. y Reunión el 26 de agosto de 2019, con la Coordinadora del Grupo de Licencia-miento y

Control para aclarar inquietudes surgidas en el curso de la verificación de los trámites 100067 y 104914.

- Atención a denuncia sobre comisiones de un funcionario del SGC, de acuerdo a solicitud de la Contraloría.
- Revisión del contrato de suministro de tiquetes.
- Revisión de información de deudores morosos al corte de 30 noviembre de 2019.
- Emisión de la función de alerta de extensiones telefónicas habilitadas.
- Requerimiento de respuestas urgentes a PQRSD, interpuestos por usuarios y clientes de la entidad, como PRONUCLEAR.

El Proyecto 1001208 se ejecutó conforme a lo programado y a 31 de diciembre de 2019 se encuentra con un rendimiento del 100%, resultado del avance del 36% sobre una meta esperada del 36%.

1.11 Grupo de Trabajo Participación Ciudadana y Comunicaciones

1.11.1 Proyecto de Gestión ID1000878 y 10001207: Gestionar las comunicaciones y apoyar la ASCG

Objetivo General: Gestionar las actividades para la apropiación social del conocimiento y los espacios de intercambio científico con el fin de divulgar, socializar, identificar requerimientos y fortalecer los trámites, servicios y productos desarrollados por el SGC de acuerdo con su quehacer misional, logrando la satisfacción de los grupos de interés y ciudadanos.

- Atención a los ciudadanos

En relación con la política del Servicio al Ciudadano, se tramitaron 1028 solicitudes de información, a través del correo electrónico cliente@sgc.gov.co. Así mismo, se atendieron presencialmente 3240 ciudadanos que acudieron a la entidad y que fueron recibidos en las Oficinas de Atención al Ciudadano a nivel nacional. Finalmente, se recibieron 365 solicitudes de información vía telefónica.

Frente a las ventas de productos (planchas, mapas, libros, informes y publicaciones), de conformidad con la resolución N° 366 de 27 de agosto de 2019, en desarrollo del principio de gratuidad de la información pública nacional, el SGC actualmente no vende a la ciudadanía los productos editoriales generados por de la Entidad en cumplimiento de su misión. Sin embargo, los usuarios y ciudadanos pueden acceder a los productos institucionales que están publicados en la página web (www.sgc.go.co). El borrador de este acto administrativo, junto con el estudio de mercado, fueron elaborados por el Grupo de Participación Ciudadana.

Vale la pena aclarar que el Grupo de Participación Ciudadana y Comunicaciones, por orden de la Coordinadora que en su momento ejercía el cargo, desistió de realizar ventas desde el mes de septiembre de 2017. Se actualizó el banco de preguntas frecuentes y se sometió a revisión de la Secretaría General y de todas las áreas. En 2020 se procederá a la actualización de esta información en la página web institucional.

Se habilitó el canal de chat en la página web institucional y se realizaron en promedio 80 interacciones mensuales.

- Construcción del Manual de Servicio al Ciudadano

Se elaboró y publicó en Isolución el manual que contiene el marco normativo, ciclo del servicio, protocolo de atención por los diferentes canales, procedimiento para la atención de PQRDS y la carta de trato digno actualizada. El objetivo es que en un solo documento se encuentre consolidada la política y los protocolos para el servicio a la ciudadanía y a los usuarios internos de la entidad.

- Derechos de petición, quejas, reclamos, denuncias, solicitudes de información y sugerencias – PQRDS

En cumplimiento de la normatividad vigente y los principios de la participación ciudadana, para el periodo comprendido entre el 1° de enero hasta el 31 de diciembre de 2019, se realizó el trámite, direccionamiento, seguimiento y reporte de 1707 PQRDS que fueron recibidas por el área, de las cuales 1571 corresponden a Derechos de Petición, 49 consultas, 51 Felicitaciones, 9 Quejas, 11 Recursos de Reposición, 1 Sugerencia, 6 Denuncias y 9 Reclamos.

- Estudios de Percepción

Con el propósito de identificar oportunidades de mejora, insumos para la toma de decisiones e ideas de nuevos productos y servicios a través de la opinión, necesidades, requerimientos y sugerencias de los grupos de interés y usuarios (internos y externos) se han desarrollado cinco (5) estudios de percepción que son:

  - Servicio de las PQRDS
  - XVII Congreso Colombiano de Geología – IV Simposio de Exploradores
  - Audiencia Pública de Rendición de Cuentas 2019
  - XVIII Congreso Colombiano de Química
  - IV Reunión de la Asociación Latinoamericana de Cristalografía (LACA)

- Caracterización de Usuarios

Se desarrolló la Caracterización de los Usuarios 2019, a través de la cual se pueden identificar los grupos de interés y ciudadanos que requieren los trámites, productos y servicios que ofrece el Servicio Geológico Colombiano en los puntos de atención. Este documento permitió clasificar a los usuarios en diferentes categorías de tipo geográfica (sedes distribuidos en el país, departamentos donde residen los usuarios, ubicación de zona rural y/o urbano), demográfica (género, edad, grupo étnico, condición de discapacidad, estado civil, ocupación, idioma, educación y sector económico), intrínseca (nivel de conocimiento, canales y puntos de atención) y comportamental (frecuencia de uso y beneficio esperado). Será una herramienta útil no solo para conocer quiénes frecuentan el SGC sino, especialmente, para la toma de decisiones con el fin de enfocar estrategias de mercadeo para permitir un mayor acercamiento con los usuarios, fortaleciendo la participación ciudadana y el posicionamiento institucional.

- Atención a la Población con Discapacidad

El Grupo de Participación Ciudadana, con el apoyo de diferentes áreas del SGC, adelantó las siguientes acciones en el marco de la política de inclusión en materia de discapacidad:

- Se instalaron los programas informáticos Zoom e Jaws (para personas con discapacidad visual) en la biblioteca de la sede central y en algunos grupos regionales. Estamos pendientes de que se resuelvan los problemas de hardware que impiden la instalación en las sedes faltantes.
- La página web está dotada de las herramientas para aumentar fuente y contraste para personas con problemas de visión.
- Ocho servidores del Servicio Geológico Colombiano asistieron al taller dictado por el INCI para la interacción con personas con discapacidad visual. Los conocimientos adquiridos fueron utilizados para la elaboración de los protocolos de atención que se incluyeron en el manual de servicio al ciudadano de la entidad, oficializado en mayo y en proceso de actualización, el cual ha sido socializado con los funcionarios que atienden público en las diferentes sedes.
- Se realizó el diagnóstico de los puntos de atención que requieren señalética en Braille, el cual fue avalado por los expertos del INCI y se está en proceso de contratación para la adquisición y ubicación de las señales de conformidad con la norma técnica NTC 6047.
- En la página web de la entidad se encuentra publicado un vídeo con interpretación en lengua de señas colombiana, realizado por el Museo Geológico y un vídeo institucional subtitulado, para permitir el acceso a las personas con discapacidad auditiva a esta información.
- Se realizó un diagnóstico de los espacios físicos a la luz de la Norma Técnica Colombiana NTC 6047 para emprender acciones tendientes a

adecuar las sedes para el acceso por parte de las personas en situación de discapacidad.

- Se llevó a cabo la campaña interna “Trata bien si mirar a quién”, enfocada en el trato digno a los ciudadanos, en la cual se hizo particular hincapié en los usuarios en condición de discapacidad. Durante un mes se enviaron piezas informativas a través de correo electrónico que reforzaban diversos conceptos relacionados con este tema. Para la clausura, se realizó una conferencia dictada por dos integrantes del Programa Nacional de Servicio al Ciudadano del Departamento Nacional de Planeación, que tuvo entre sus ejes principales la interacción con personas con discapacidad.
- El Museo Geológico realizó un taller con personas con discapacidad visual, en asocio con el INCI, en el cual se exploraron algunas piezas del patrimonio que se tiene en custodia. También se llevaron a cabo visitas de población infantil con otros tipos de discapacidad.
- El 24 de septiembre, con ocasión de la semana internacional de las personas sordas, se llevó a cabo el encuentro sectorial para la atención de nuestros ciudadanos con discapacidad auditiva, en las instalaciones del Servicio Geológico Colombiano, actividad a la cual se integraron todas las entidades del sector y contó con la participación de menores y adultos con discapacidad auditiva y visual.
- Se ha trabajado con FENASCOL para la realización de actividades conjuntas dirigidas a la población con discapacidad auditiva; esta Federación contribuyó a la realización del encuentro antes mencionado.
- Se desarrolló material con Código QR para el acceso inmediato a la información por parte de las personas con discapacidad auditiva. Estas piezas están disponibles en nuestros stands en el marco de actividades de apropiación social de conocimiento. Este código también se incluyó en la última impresión de los portafolios de productos y servicios.
- Durante las visitas realizadas por el Grupo de Participación Ciudadana a los Observatorios y Grupos de Trabajo regional se han impartido instrucciones sobre los protocolos de atención a las personas en situación de discapacidad y se han realizado actividades de sensibilización sobre los procesos de atención al ciudadano. De manera análoga se ha trabajado con las personas de la vigilancia en la sede principal.
- Teniendo en cuenta que por dificultades presupuestales no es posible participar en las actividades académicas impartidas por el INSOR, se exploraron otras alternativas más económicas y finalmente se estableció un contacto con la Biblioteca El Campín para la realización gratuita de talleres de lenguaje de señas colombiana. Se espera que durante el primer semestre del año 2020 algunos servidores del SGC puedan tener acceso a esta formación.

- Se participó en el video sectorial que está realizando el Ministerio de Minas y energía para las personas sordas.
- Se establecieron contactos con la Dra. Myriam Céspedes de la Oficina del Alto Comisionado para la Discapacidad, con el fin de solicitar asesoría en la materia. La visita del Alto Comisionado Dr. Jairo Clopatofsky a la Entidad fue útil como sensibilización de su oficina con respecto a nuestra misión.
- En el Plan de Mercadeo, que está en proceso de aprobación se incluyen actividades especialmente dirigidas a la población en situación de discapacidad.
- En septiembre se realizó el taller de interacción y abordaje hacia personas en situación de discapacidad con el apoyo del INCI. En esta actividad participaron funcionarios y contratistas de la Entidad, además de algunos integrantes del personal de vigilancia.
- Se conmemoró el día mundial de la vista el 10 de octubre con una campaña publicada en las pantallas de la institución.
- En el mes de octubre se realizaron 2 videos subtitulados sobre las actividades del SGC en la Guajira, para que la información llegue a las personas sordas.
- Con ocasión el día mundial de la discapacidad (3 de diciembre) se difundió una pieza divulgativa con el propósito de recordar y sensibilizar sobre este tema.

· Videos institucionales

Se desarrolló dos (2) vídeos institucionales cuyos títulos son el “Primer encuentro sectorial en las instalaciones del SGC con población en situación de discapacidad” y el “Módulo de atención de servicios nucleares” que incluyeron el lenguaje de señas o contenido subtitulado con el fin de ampliar la cobertura, atendiendo las necesidades y requerimientos de personas con situación de discapacidad auditiva.

Se produjeron 117 videos institucionales durante el año 2019 en los cuales se divulgaron a través de diversos canales información de las direcciones, áreas técnicas y administrativas relacionados con:

- Videos informativos de interés para la ciudadanía
- Trabajos llevados a cabo en el campo
- Presentaciones del museo
- Trámites y servicios
- Presentación de temáticas geocientíficas para eventos
- Presentación de nuevos directivos

· Publicaciones informativas

- Se publicaron 10 Geocápsulas cuyos públicos objetivos son los funcionarios y contratistas del SGC.
- Se publicaron 52 boletines externos Geoflash los viernes de cada mes.
- Se publicaron 17 comunicados de prensa.
- Se publicaron 82 boletines informativos.

· Redes sociales

Por otra parte, en redes sociales se hicieron alrededor de 12.000 tweets y se cuenta actualmente con más de 243.000 seguidores, en Facebook se publicaron alrededor de 5.000 post con alrededor de 211.000 seguidores y en Instagram se han hecho alrededor de 300 publicaciones con 166.000 seguidores.

· Campañas institucionales

Durante el año 2018 se identificó la necesidad de llevar a cabo 4 campañas de acuerdo con los resultados obtenidos por diversas fuentes como espacios de apropiación social del conocimiento geocientífico, estudios de percepción, informes de PQRDS, entre otras, logrando al final del año cumplir con el 100% de lo programado. Estas campañas se mencionarán a continuación:

- Trata bien sin mirar a quien
- Discapacitados
- MIIG
- Participación de Servidores Públicos

Adicionalmente, se ejecutaron otras 37 campañas entre internas y externas que por requerimientos que surgieron durante la vigencia o por oportunidades de mejora que se identificaron, se mencionan a continuación: El SGC si cumple, Código de Integridad, SGC es Uranio, Tu tranquilo, Cero Papel, Día de las Brujas, Uso del Cinturón de Seguridad, Mantenimiento, Intranet, Lenguaje Claro, Día de los Geólogos, Supervisores, Portal de Revistas, Correspondencia, COPASST - SGC, Talento Humano, Enroyados, Gestión Documental Eficaz, ¿Sabías que? - Parqueaderos, Cartografía marítima del Caribe, Aguas subterráneas de Casanare, Rendición de Cuentas, Medio Ambiente, Organizaciones Sindicales, Curiosismos, Orfeo, Cuenta tu cuento, Patrimonio, PMO, Hablemos claro, Sismos en feria de Valledupar, Cuenta de cobro, Teletrabajo, La seguridad es compromiso de todos, Expedición felicidad, Clasificados, Anomalías Geofísicas, Yo soy SGC y Buenos BAÑOS todo el AÑO.

· Imprenta Nacional de Colombia

En el marco del desarrollo el contrato N° 015 de 2019 con la Imprenta Nacional de Colombia a la fecha se han realizado a satisfacción los siguientes productos: Pendones Roll-Up Institucionales, Pendones Roll-Up Museo, Cartilla Qué es la Exploración Geotérmica, Cartilla Geotermia en Colombia, Pendones Roll-Up Encuentros de Museos, Guía Mercurio la Llanada, Guía Mercurio Ríosucio, Cartilla Geocultura, Revista IAN, Boletín Geológico 45, Mapa Geológico de Colombia 1,2 m, Carpeta 4 Aletas Hojas de Vida, Geological Map of the World 1.25, Geological Map of South America, Publicación Diario Oficial Resolución 366, Plegable a 3 Cuerpos Museo, Guías Mercurio Mercaderes - Pto Libertador – Remedios, Carpetas en Yute para Archivo Documentos, Pendones Simposio Internacional en Aplicaciones Nucleares, Pendón con Tubo Techo a Piso Simposio Internacional en Aplicaciones Nucleares, Afiches Leyenda y la Guía Mercurio Zaragoza.

Por estas publicaciones se ha cancelado un valor total de DOSCIENTOS CINCUENTA Y OCHO MILLONES CUATROCIENTOS CINCUENTA Y CINCO MIL CUATROCIENTOS SETENTA Y UN PESOS M/CTE ($258'455.471); esto equivalente al 22,5% por ciento del valor total del contrato. De este valor, $ 113.455.471 corresponden a recursos de Regalías y $145.000.000 se refieren a recursos de PGN.

· Operador Logístico

Por medio del contrato interadministrativo N° 007/2019, con el operador logístico SOCIEDAD HOTELERA TEQUENDAMA se atendieron los requerimientos de las áreas técnicas y se ejecutaron 28 espacios de intercambio científico y de apropiación social del conocimiento durante el segundo semestre del 2019, los cuales se relacionan a continuación:

- Primer Congreso Internacional del Aire y del Espacio Fuerza Aérea Colombiana, 100 años de Evolución Aeronáutica y Espacial.
- Comité de Seguridad Nuclear del Reactor Nuclear de Investigación IAN-R1-16/10/2019
- Exposición José Royo y Gómez (1895-1961), Precursor del Museo geológico Nacional
- Geovacaciones, un espacio para la transmisión del Conocimiento geocientífico
- Reunión Técnica para el intercambio de información que permite la introducción a conceptos sobre sismología aplicada a campos geotérmicos.
- Rendición de Cuentas SGC 2019
- Comité de Seguridad Nuclear del Reactor Nuclear de Investigación IAN-R1-11/12/2019

- Definición del Protocolo de Presentación del Proyecto Lineamientos para incorporar los movimientos en masa en los macroproyectos de infraestructura.
- Lanzamiento Mapa Geológico de Suramérica/ Reunión Técnica Bilateral Servicio Geológico Colombiano (SGC)-Servicio Geológico de Brasil(CPRM)-DIMAR
- Definición del protocolo de colaboración mutua entre Colombia y Ecuador ante la ocurrencia de grandes eventos sísmicos y volcánicos.
- GeoVacaciones, un espacio para la transmisión del conocimiento geocientífico.
- Entrenamiento en puesto de trabajo sobre la metodología para el establecimiento de una red geomagnética de referencia para el territorio colombiano.
- Seminario Geo-termocronología.
- “Intercambio Bilateral entre la Red Sismológica Nacional De Colombia y la Red Sismológica de Ecuador (Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional) Para la armonización de Información Pública en Boletines de Eventos Sísmico”.
- Reunión Técnica y revisión con experto sobre temas de la ONAC.
- “Técnicas para redactar textos de manera efectiva”.
- Editing texts in English workshop.
- Amenaza y Riesgo Sísmico
- V Reunión de los miembros de la Asociación Latinoamericana de Sismología Volcánica-LAVAS
- Reunión Técnica para el intercambio de Información científica relacionada con geología estructural en ambientes volcánicos".
- Primer encuentro Nacional de Museos y colecciones geológicas y paleontológicas del País en el marco de la apropiación social del conocimiento.
- “Entrenamiento en puesto de trabajo en conceptos acerca de cómo funcionan los sistemas intramontanos”.
- Intercambio de información con los principales operadores de la industria Oil & Gas-Grupo Scout.
- 2da Feria Andi y 1a Gran Rueda de Negocios"
- Entrenamiento en Puesto de Trabajo Método Montecarlo para neutrónica.
- II taller Regional para Geoparques mundiales aspirantes de la UNESCO en América latina y el caribe.
- MDRU-SGC Collaboration Agreement workshop/métodos y aplicaciones para estudiar depósitos minerales.
- International Symposium on Nuclear Applicattions.

Con corte a fecha de 31 de diciembre de 2019, de conformidad con la sábana de pagos expedida por el Grupo de Tesorería se han realizado pagos por valor de $ 650.426.685, de los cuales $ 516.426.685 son recursos de Regalías y $134.000.000 corresponden a recursos de PGN.

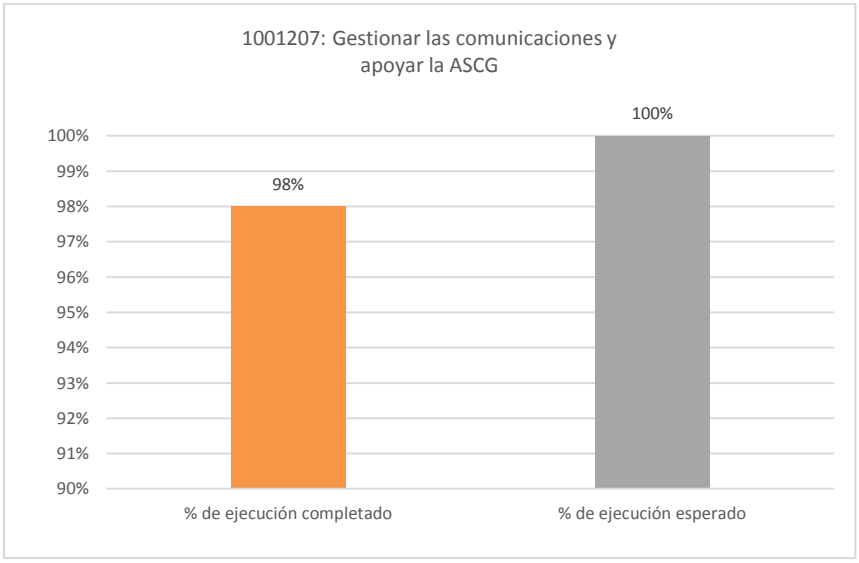
· Contratación Espacios de Apropiación Social del Conocimiento Geocientífico

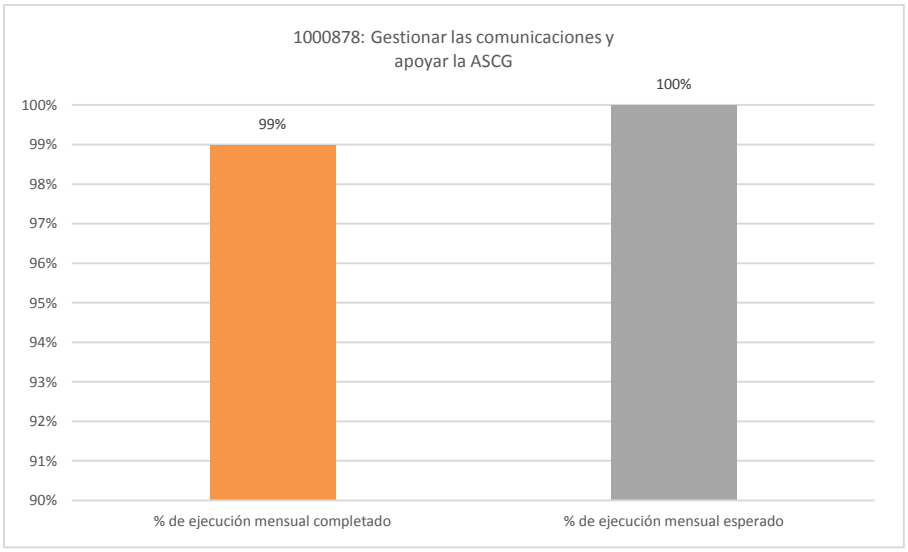
El Grupo de Participación Ciudadana y Comunicaciones apoyó el proceso de contratación de las direcciones técnicas para la participación integral de la entidad en 10 escenarios geocientíficos. En el marco de estas actividades los servidores públicos de la entidad realizaron trabajos de socialización e intercambio del conocimiento técnico y científico de competencia del SGC, con el fin de retroalimentar los procesos. Algunos de estos eventos se mencionan a continuación:

- Colombia Gold Symposium 2019
- Curso Internacional de Ingeniería Geotécnica Sísmica
- IV Reunión de la Asociación Latinoamericana de Cristalografía (LACA)
- SPWLA Workshop: Developing Unconventional Resources in Colombia
- X Congreso Internacional de Materiales 2019
- XVII Congreso Colombiano de Geología – IV Simposio de Exploradores
- XVIII Congreso Colombiano de Química
- IX Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica

El Grupo de Participación Ciudadana y Comunicaciones ha realizado el acompañamiento para la atención ofrecida en el stand y para realizar el cubrimiento periodístico de la participación del SGC en espacios de intercambio científico organizados tanto por la entidad como por organizadores externos.

· Porcentaje de avance actividades (progresión) en Planview





1.12. Centro de Excelencia en Geociencias

Objetivo General: Generar y ampliar el conocimiento geocientífico del subsuelo del país con el fortalecimiento de investigaciones en las diferentes áreas de conocimiento definidas. Lo anterior a través de una infraestructura física modernizada y con altos estándares científicos.

El Convenio Interadministrativo No. 012 de 2015 suscrito entre la Universidad Nacional de Colombia y el SGC, tiene por objeto "Aunar esfuerzos entre las partes con el fin de adelantar actividades orientadas a la generación y ampliación del conocimiento geocientífico mediante el desarrollo de proyectos conjuntos de cooperación científica a través del *"Centro de Excelencia en Geociencias", o a través de la ejecución de las*

actividades que resulten afines al SGC o quien haga sus veces y a la UNAL en todas sus sedes".

En el marco de este convenio se han adelantado diagnósticos arquitectónicos y estudios técnicos que han evidenciado las inaceptables condiciones espaciales y estructurales de algunos de los inmuebles del SGC, que abarcan el no cumplimiento de las normas básicas de sismoresistencia, RETIE o de Salud y Seguridad en el Trabajo, dado este contexto se da sustento a la necesidad de un proyecto de adecuación de la infraestructura.
Durante el periodo del presente informe se adelantaron de manera principal, las siguientes gestiones para el desarrollo del Centro de Excelencia en Geociencias:

- Plan de Regularización y Manejo

El 9 de noviembre de 2018 la Secretaría de Planeación Distrital, aprobó la modificación del PRM de la UNAL en cuanto a las fichas normativas de edificabilidad (zonas homogéneas) para dar cabida al proyecto del CEG. Sin embargo, la UNAL nos informó del próximo vencimiento del PRM que enmarca la normatividad bajo la cual se ha proyectado el CEG.

En la actualidad, la Dirección de Ordenamiento y Desarrollo físico, adelanta el trámite tendiente a solicitar a Planeación Distrital la modificación del cronograma del PRM, el cual se extenderá por 3 años. Por este tema, UNAL da un parte de tranquilidad, pues están dadas las condiciones para esta modificación de cronograma y es un tema puramente operativo el que se está adelantando para este fin. Actualmente en estudio de la SDP.

- Permisos y Licencia

    - Permiso silvicultural (Secretaría Distrital de Ambiente) y compensación tala árboles:

      El SGC pagó los valores de Compensación tala árboles por $57.456.680 el 13 de junio/19 y Permiso tala árboles por $415.620 el 20 de junio/19

    - Curaduría Urbana N°3 (Licencia de construcción)

      En junio de 2019 la UNAL entregó comunicación de la Curaduría N°3 en la que se indica que "es procedente" la expedición de la licencia de construcción, para lo que debe pagarse el valor correspondiente a los cargos Variables (a Curaduría) y el Impuesto de Delineación Urbana – anticipo al mismo (a Secretaría de hacienda), para lo cual hay 30 días para efectuarlos.

Los valores a pagar son: Cargo variable por $102.209.885, Anticipo del Impuesto de Delineación Urbana por $798.500.000e Impuesto por "Reconocimiento" de edificación de la Sede Central del SGC, el cual no estaba legalizado ante el Distrito, por $213.717.000.

Teniendo en cuenta que aún no ha sido definido por el Ministerio de Hacienda, el rubro presupuestal por el cual se ejecutara el proyecto, el SGC se abstuvo de la cancelación de estos valores, lo que conlleva al desistimiento de la licencia.

Con el fin de no perder todo el trámite y revisión del proyecto en la Curaduría N°3, la UNAL solicita dar traslado a un nuevo expediente y así iniciar de nuevo el trámite ante esta misma curaduría.

El proceso de este nuevo trámite en la Curaduría N°3 se resume a continuación:

- Radicación en debida forma: 12/ago/2019
- Se recibe de UNAL recibo del nuevo Cargo Fijo de Curaduría 22/ago/2019
- Curaduría N°3 hace cruce de Nota crédito que tenía a favor de la UNAL (SGC por el cargo fijo anterior del CEG) 26/ago/2019
- Curaduría emite Acta de observaciones el 02/oct/2019
- UNAL solicita prórroga para dar cumplimiento a las observaciones, lo cual se extiende hasta 06/dic/2019
- Estudio por Curaduría de la información que presente la UNAL, hasta 27/dic/2019
- Citación para pago de expensas e impuestos de delineación Urbana 27/dic/2019
- Límite para pago de expensas e impuestos de delineación Urbana 29/ene/2020
- Revisión por Personería de Bogotá, hasta 09/mar/2020
- Licencia en firme, hasta 03/mar/2020