MACROINICIATIVA: ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN TÉCNICA PARA LA EVALUACIÓN DE LAS CUENCAS SEDIMENTARIAS.

INICIATIVA VIGENCIA 2022

CONVENIO ESPECIFICO ANH-SGC

SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO

BOGOTÁ D.C., noviembre de 2021

Tabla de contenido

0. ANTECEDENTES. 3

1. ACTIVIDAD: Evaluación de la cuenca paleozoico - Integración y modelamiento final 5

2. ACTIVIDAD: Integración de información para la identificación de niveles prospectivos como yacimientos en roca generadora, Santoniano - Aptiano y sus variaciones geoquímicas en la cuenca del Valle Medio del Magdalena. 17

3. ACTIVIDAD: Unificación de la Información Geológica en un sistema integral basado en la cartografía Petro-Termocronología y Geología de Subsuelo en la Subcuenca Caguán. 37

4. ACTIVIDAD: Unificación de la información geológica de superficie en un sistema integral basado en la cartografía, adquisición de un programa de geofísica, viabilidad y perforación de pozos *slim holes* y estratigráficos en la zona noroccidental de la Cuenca del Valle Inferior del Magdalena y Norte del Sinú San Jacinto y de la Cuenca del Chocó 71

0. ANTECEDENTES.

A partir de la reorganización del Sector Minas y Energía, se expidió el Decreto Ley 4131 de 2011, mediante el cual se cambió la naturaleza jurídica del Instituto Colombiano de Geología y Minería – INGEOMINAS, de Establecimiento Público a Instituto Científico y Técnico, denominado SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO, adscrito al Ministerio de Minas y Energía, reconocido por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – COLCIENCIAS como Centro de Investigación mediante Resolución No.1239 del 15 de noviembre de 2017, al cual en materia de contratación le son aplicables las disposiciones de las Leyes 80 de 1993, 1150 de 2007 y sus Decretos Reglamentarios.

El Decreto 4131 de 2011, *"Por el cual se cambia la Naturaleza Jurídica del Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS)"*, estableció dentro de sus funciones las siguientes:

> *"1. Asesorar al Gobierno Nacional para la **formulación de las políticas en materia de geociencias**, amenazas y riesgos geológicos**, uso de aplicaciones nucleares** y garantizar la gestión segura de los materiales nucleares y radiactivos en el país.*
>
> *2. Adelantar la **investigación científica básica y aplicada del potencial de recursos** del subsuelo y administrar los datos e información del subsuelo del territorio nacional.*
>
> *3. **Generar e integrar conocimientos y levantar, compilar, validar, almacenar y suministrar, en forma automatizada y estandarizada, información sobre geología, recursos del subsuelo y amenazas geológicas**, de conformidad con las políticas del Gobierno Nacional.*
>
> *5. Integrar y analizar la información geocientífica del subsuelo, para investigar la evaluación, la composición y los procesos que determinan la actual morfología, estructura y dinámica del subsuelo colombiano.*
>
> *7. Adelantar programas de **reconocimiento, prospección y exploración del territorio nacional**, de acuerdo con las políticas definidas por el Ministerio de Minas o el Gobierno Nacional.*
>
> *8. Realizar la identificación, el inventario y la caracterización de las zonas de mayor potencial de recursos naturales del subsuelo, tales como minerales, **hidrocarburos**, aguas subterráneas y recursos geotérmicos, entre otros. (…)" (El resaltado no pertenece al texto original).*

De manera correlativa, el Decreto 4137 de 2011, *"Por el cual se cambia la naturaleza jurídica de la Agencia Nacional de Hidrocarburos, ANH"*, estableció dentro de sus funciones las siguientes:

> *"1. **Identificar y evaluar el potencial hidrocarburífero del país.***
>
> *2. **Diseñar, evaluar y promover la inversión en las actividades de exploración y explotación de los recursos hidrocarburiferos**, de acuerdo con las mejores prácticas internacionales.*

*5. Apoyar al Ministerio de Minas y Energía en la **formulación de la política gubernamental en materia de hidrocarburos, en la elaboración de los planes sectoriales** y en el cumplimiento de los respectivos objetivos.*

6. Estructurar los estudios e investigaciones en las áreas de geología y geofísica para generar nuevo conocimiento en las cuencas sedimentarias de Colombia con miras a planear y optimizar el aprovechamiento del recurso hidrocarburífero y generar interés exploratorio y de inversión. *(…)" (El resaltado no pertenece al texto original).*

Teniendo en cuenta lo anterior, y dado que el SGC es considerado el brazo técnico del Sector Minero Energético en temas de conocimiento geocientífico del subsuelo de la nación, junto a la ANH, se ha adelantado un modelo cooperativo, el cual está compuesto por un portafolio de iniciativas conjuntas que se encuentran enfocadas a ampliar el conocimiento del subsuelo y brindar información a la nación para un correcto planeamiento e identificación del potencial geológico en las áreas de procesos competitivos de la ANH.

La continuidad de este modelo de cooperación con la agencia, permitirá robustecer las capacidades de investigación especializada sobre el potencial de hidrocarburos en cada una de las cuencas sedimentarias del territorio nacional, por medio de la integración de información geocientífica generada a nivel país y almacenada en el Banco de Información Petrolera (BIP) junto con la adquisición de información nueva de campo en las disciplinas de interés como la geología, geofísica (gravimetría, gradiometría, magnetometría, magnetotelúrica), geoquímica orgánica, sísmica 2D y 3D y la perforación de pozos estratigráficos.

Así mismo, el SGC busca continuar aportando al sector minero energético en la disminución del riesgo exploratorio en las áreas ofrecidas por la Agencia Nacional de Hidrocarburos a la industria petrolera, a partir de la ampliación del conocimiento geocientífico del subsuelo, esto para lograr la aceleración de la actividad exploratoria, la diversificación de actores y fuentes de producción de hidrocarburos, con el fin último de aportar a las reservas y producción de hidrocarburos futura requeridas por el país.

Para la vigencia 2022, se desarrollará una multidisciplinaria iniciativa asociada a la adquisición y procesamiento de información técnica para la evaluación de las cuencas sedimentarias.

Esta iniciativa tiene por objeto: ***Aunar esfuerzos técnicos, humanos, administrativos, financieros y logísticos para aportar técnicamente en la adquisición y procesamiento de información técnica para la evaluación de las cuencas sedimentarias.***

Lo anterior se realizará mediante las siguientes actividades:

1. ACTIVIDAD: Evaluación de la cuenca paleozoico - Integración y modelamiento final

1.1. OBJETO DEL CONVENIO

Aunar esfuerzos técnicos, humanos, administrativos, financieros y logísticos para aportar técnicamente en la adquisición y procesamiento de información técnica para la evaluación de las cuencas sedimentarias.

1.2. IDENTIFICACIÓN DEL CONTRATO A CELEBRAR

Suscripción de un convenio interadministrativo específico entre la Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH y el Servicio Geológico Colombiano SGC.

1.3. OBJETIVO GENERAL

Proponer "Áreas de Mayor Interés", las cuales corresponderán a las regiones geográficas que se consideran con mejores características para cada uno de los elementos y procesos del sistema petrolífero para cada periodo geológico dentro de la era paleozoica, a través de la integración de los resultados de laboratorio a la información producida en las fases previas, así como los datos de superficie, la interpretación de subsuelo y la información de núcleos y ripios para entregar modelo unificado en un solo proyecto Geológico y Geofísico.

Alcance del objetivo: Los análisis a integrar en 2022 serán Geoquímica, Petrografía, Paleontología, DRX y Petrofísica.

1.3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar la compilación y análisis de las transectas realizadas.
- Realizar la compilación y análisis espacial de las diferentes columnas estratigráficas tanto en campo como en núcleos realizadas realizando una correlación entre las mismas.
- Realizar la integración, análisis y modelamiento geológico y estructural regional del Paleozoico de los Llanos Orientales realizadas teniendo como base la interpretación sísmica realizada, columnas en campo, correlación de pozos, núcleos y toda la información que haya sido analizada en las tres fases previas.
- Elaborar el modelamiento geoquímico del Paleozoico de los Llanos con la información recopilada y analizada en la fase II junto con los análisis orgánicos de laboratorio de la fase III (Contenido orgánico total -TOC, Pyrólisis RockEval, Análisis de Reflectancia de la Vitrinita entre otros). Confirmación de la existencia de un sistema hidrocarburifero a nivel Paleozoico, rutas de migración y posibles áreas de entrampamiento.

- Unificar los proyectos PETREL, de las fases I, II y III. Entrega del informe final de interpretación sísmica que incluya: mapas regionales en profundidad y en tiempo de las unidades paleozoicas, discordancias, fallas principales y modelo de velocidades.
- Elaborar una Base de datos en SQL Server 2016 R2, con la información geoquímica almacenada, así como de los pozos y núcleos analizados.

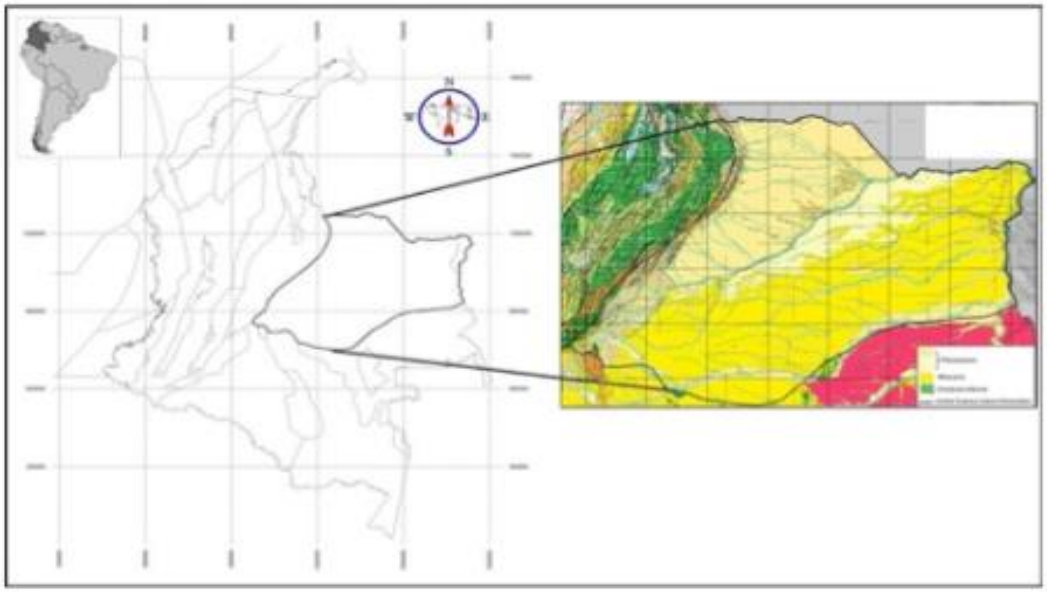
1.4. LUGAR DE EJECUCIÓN Y GENERALIDADES

El área de estudio del proyecto se encuentra ubicada en el paleozoico sedimentario de las cuencas Llanos Orientales y Cordillera Oriental.

Durante las fases previas se han adquirido datos dentro de la cuenca de los Llanos Orientales, de los pozos que han perforado el paleozoico. Se han analizado núcleos y ripios de los cuales se ha hecho una selección cuidadosa de muestras para enviar a laboratorio para diferentes análisis (Micro y macro paleontología, DRX, Petrografía, Petrofísica y Geoquímica).

En la Cordillera Oriental se han levantado columnas estratigráficas en Río Batá, Quebrada La Tribuna (Caño Loco y La Cristalina), Quebrada Pipiral, Quebrada La Sapa y Quebrada San Isidro. Adicionalmente se ha hecho cartografía de superficie con el objetivo de entender la disposición de las rocas paleozoicas en superficie y su relación con las rocas presentes en el área.

En cuanto al proyecto geofísico, se han interpretado más de 15000 km de sísmica, distribuidos en la cuenca de los Llanos Orientales. Se han incluido 406 pozos, de los cuales 50 fueron estudiados y analizados.



Ubicación del área de estudio del proyecto Paleozoico

Especificaciones técnicas generales del proyecto

Las especificaciones técnicas utilizadas para la realización de este proyecto se ajustarán a las definiciones y procesos estándar utilizados en la industria de Exploración y Producción de Hidrocarburos. En cuanto a las definiciones utilizadas, serán las definidas y admitidas por la industria y las cuales han sido consolidadas por entidades como la SPE (https://spe.org/en/industry/terms-used-petroleum-reserves-resource-definitions), para uso general en la industria.

El levantamiento de las columnas estratigráficas, incluirá una correlación final en la que se establezcan equivalencias en tiempo entre cada uno de los segmentos adquiridos en campo y una interpretación de los ambientes de depósito en el que se formaron estos sedimentos. Las columnas estratigráficas estarán acompañadas de un dibujo descriptivo de la columna.

En cuanto a la cartografía geológica, de las áreas adquiridas en las fases previas, estas estarán acompañadas de una memoria explicativa que permita leer el levantamiento.

En cuanto a la información de pozo, resultado de la descripción de núcleos y cortes de perforación, similar a las columnas levantadas en superficie, estas también estarán acompañadas por dibujos descriptivos con su interpretación sedimentológica correspondiente.

El proyecto geofísico incluirá toda la información sísmica y de pozo interpretada, hasta la fase III, así como sus respectivas Transectas. Los mapas a cada uno de los horizontes relevantes dentro del paleozoico serán entregados tanto en tiempo como en profundidad junto con el modelo de velocidad utilizado para la conversión. El proyecto geofísico estará ajustado a los resultados de los análisis de laboratorio (Geoquímicos, Petrográficos, Petrofísicos, Paleontológicos y DRX).

A partir de la información descrita anteriormente, se planteará un modelo de evolución de la cuenca paleozoica para cada uno de los periodos geológicos. Dentro de este modelo se podrá proponer “Áreas de Mayor Interés”. Estas áreas corresponderán a las regiones geográficas que se consideran con mejores características para cada uno de los elementos y procesos del sistema petrolífero, para cada periodo geológico dentro de la era paleozoica.

Las denominadas “Áreas de Mayor Interés” tendrán incluida la información petrofísica y petrográfica evaluada desde la información de registros de pozo, los resultados de laboratorio y la interpretación geológica de la evolución de la cuenca.

Información General

Se realizará la integración de la información y los análisis de las fases I, II y III posteriormente fase IV en el 2022, más el modelamiento geoquímico, estructural de la cuenca, para proponer “Áreas de Mayor Interés”. Estas áreas serán seleccionadas por cada elemento del sistema petrolífero (Roca generadora, roca sello, roca reservorio) y cada proceso (Generación, Migración y Acumulación) para cada periodo geológico del paleozoico, cuando exista su presencia.

Se busca durante esta última fase del proyecto, realizar:

- Realizar la compilación y análisis de las transectas realizadas.
- Realizar la compilación y análisis espacial de las diferentes columnas estratigráficas tanto en campo como en núcleos realizadas realizando una correlación entre las mismas.
- Realizar la integración, análisis y modelamiento geológico y estructural regional del Paleozoico de los Llanos Orientales realizadas teniendo como base la interpretación sísmica realizada, columnas en campo, correlación de pozos, núcleos y toda la información que haya sido analizada en las tres fases previas.
- Elaborar el modelamiento geoquímico del Paleozoico de los Llanos con la información recopilada y analizada en la fase II junto con los análisis orgánicos de laboratorio de la fase III (Contenido orgánico total -TOC, Pyrólisis RockEval, Análisis de Reflectancia de la Vitrinita entre otros). Confirmación de la existencia de un sistema hidrocarburifero a nivel Paleozoico, rutas de migración y posibles áreas de entrampamiento.
- Unificar los proyectos PETREL, de las fases I, II y III. Entrega del informe final de interpretación sísmica que incluya: mapas regionales en profundidad y en tiempo de las unidades paleozoicas, discordancias, fallas principales y modelo de velocidades.
- Elaborar una Base de datos en SQL Server 2016 R2, con la información geoquímica almacenada, así como de los pozos y núcleos analizados.

1.5. PRODUCTOS (P) ESPECÍFICOS DEL PROYECTO

PRODUCTO 1- Plan de trabajo - documento inicial (vigencia 2021)

Actividades relacionadas

- Elaborar el documento que contendrá el plan detallado de trabajo para el año 2022. Este plan tendrá como núcleo la integración de los trabajos realizados en los 3 años previos junto con un diagnóstico de la información adicional que sería necesario adquirir y complementar en el primer semestre del 2022.
- Proponer las actividades futuras que se deben desarrollar para continuar reduciendo la incertidumbre acerca de los elementos de los sistemas petrolíferos y los procesos asociados.

PRODUCTO 2- Documento con la compilación y análisis espacial de las diferentes columnas estratigráficas tanto en campo como en núcleos realizando una correlación entre las mismas. (vigencia 2022)

Actividades relacionadas

- Ajustar la interpretación de subsuelo con los nuevos datos de laboratorio (DRX, Petrografía y Geoquímicos)

- Hacer la integración de la información de laboratorio a la información de superficie adquirida en las fases anteriores.
- Hacer la integración de la información de laboratorio a la información de pozos, núcleos y ripios, adquirida en litoteca durante las fases previas.
- Integrar y Compilar las columnas levantadas en (Río Bata, La Tribuna, Pipiral/Diamante, La Sapa y San Juanito entre otras) para consolidar una correlación para esta información de superficie
- Realizar el análisis detallado (capa a capa) de las secciones de superficie levantadas.
- Complementar los análisis de asociaciones faciales y paleoambientales y concluir la integración y Compilación de las columnas construidas con la información de Núcleos y Ripios de pozos adquirida durante las fases anteriores.

PRODUCTO 3- Informe del modelo sedimentológico. Este modelo incluirá mapas de distribución de facies, mapas de isópacos y mapas de distribución para cada uno de los períodos paleozoicos. (vigencia 2022)

Actividades relacionadas

- Ajustar la interpretación de subsuelo con los nuevos datos de laboratorio (DRX, Petrografía y Geoquímicos)
- Construir un modelo sedimentológico y estructural para el paleozoico de los Llanos integrado con la Cordillera.
- Proponer “áreas de mayor interés” para continuar la exploración, con la información disponible

PRODUCTO 4- Informe del modelamiento geoquímico 1D y 3D y hacer la Base de datos con la información geoquímica para el paleozoico en la cuenca. (vigencia 2022)

Actividades relacionadas

- Analizar e Interpretar los análisis geoquímicos de laboratorio (Vitrinita, Rock Eval y TOC)
- Elaborar el modelamiento geoquímico de la cuenca, con la información disponible.
- Realizar tablas de eventos geológicos (events charts) que revelen la temporalidad de los eventos con potencial para crear posibles sistemas petrolíferos.
- Valorar el potencial de generación inicial aproximado (cantidad, tipo y madurez térmica de la materia orgánica) de las secuencias paleozoicas a partir de los resultados analíticos que se están llevando a cabo en rocas de pozos y afloramientos.
- Realizar el modelamiento geoquímico de la secuencia Paleozoica a partir de las medidas de TOC, tipo de kerógeno y madurez térmica por unidad Paleozoica, Historia de enterramiento, exhumación y erosiones, medidas de flujo de calor, gradiente/evolución térmica, identificación de posibles reservorios de edad Paleozoica, definición del sello regional representado en la

discordancia que pone en contacto la secuencia Pz y las secuencias sedimentarias que está inmediatamente por encima.

- Hacer mapas de distribución, de riqueza y madurez termal con la información disponible.
- Elaborar una Base de datos en SQL Server 2016 R2, con la información geoquímica almacenada, así como de los pozos y núcleos analizados.

PRODUCTO 5- Unificación de los proyectos PETREL de las fases I, II y III. (vigencia 2022). Proyecto PETREL de 15.000 km de sísmica interpretada. Con la interpretación de los horizontes intrapaleozoicos. Mapas estructurales en tiempo y profundidad, fallas, amarre pozo-símica, pozos con registro e interpretación petrofísica.

Dentro de este producto también estará la entrega de las 4 transectas sísmicas, en tiempo y profundidad, interpretadas en las fases anteriores (vigencia 2022), con su modelo de velocidad.

Actividades relacionadas

- Ajustar la interpretación sísmica a los resultados de los análisis de laboratorio y al modelo estructural, estratigráfico y de evolución de la cuenca paleozoica.
- Integrar las transectas al nuevo modelo geológico
- Hacer los ajustes correspondientes al subsuelo a partir del modelo obtenido ajustado a los resultados de pozos y superficie.
- Proponer "Áreas de Mayor Interés" para continuar la exploración, con la información disponible
- Integrar en un solo proyecto las interpretaciones preliminares ajustadas a los nuevos resultados de laboratorio, el modelo estructural y sedimentológico durante las fases anteriores (Fases I, II y III).
- Ajustar el modelo de velocidad a los nuevos datos

PRODUCTO 6- Informe de Interpretación Sísmica y el Modelamiento Estructural para la cuenca de los Llanos Orientales y la Cordillera Oriental (vigencia 2022).

Actividades relacionadas

- Construir un modelo estructural para la cuenca paleozoica de los Llanos Orientales en el que se integre también la información de la cordillera oriental.
- Elaborar los mapas en tiempo y profundidad ajustados a los modelos estratigráfico y estructural de la cuenca paleozoica.
- Proponer "áreas de mayor interés" para continuar la exploración, con la información disponible.
- Proponer modelos de deformación estructural para el paleozoico de los Llanos Orientales.
- Elaborar las transectas sísmicas estructurales.

PRODUCTO 7- Informe final de Petrofísica (vigencia 2022)

Actividades relacionadas

- Hacer la selección de los pozos con los mejores registros eléctricos disponibles
- Hacer la estimación de los parámetros petrofísicos a partir de los registros eléctricos
- Incorporar los análisis petrofísicos y hacer los amarres correspondientes
- Integrar la información petrofísica al modelo geológico
- Integrar la información de deformación estructural

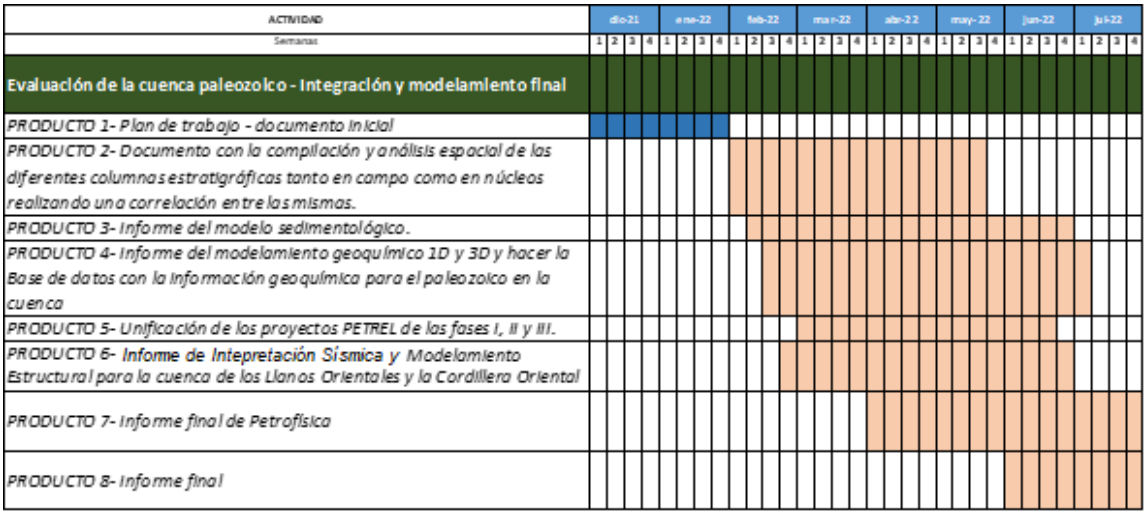
PRODUCTO 8- Informe final. (vigencia 2022)

Actividades relacionadas

- Integrar toda la información producida en las fases anteriores
- Concluir acerca de las "Áreas de Mayor Interés"
- Sugerir actividades futuras en la búsqueda de la reducción de la incertidumbre con respecto a los elementos y los procesos del sistema petrolífero

NOTA: Los entregables seguirán las especificaciones del Manual de Entrega del EPIS

1.6. CRONOGRAMA



1.7. ALCANCE GENERAL

Este proyecto busca como primera medida entender si existe una roca paleozoica potencialmente generadora, es decir, con materia orgánica, con la calidad y cantidad necesarias, para que, al haber

estado sometida a condiciones de temperatura y presión favorables, hayan generado hidrocarburos. Estos pudieron haber cargado estructuras paleozoicas o pos-paleozoicas y dar lugar a acumulaciones convencionales o estas potenciales rocas generadoras podrían también tener potencial como reservorios no-convencionales.

Dentro del alcance de este proyecto también está entender las características de las rocas paleozoicas como posibles reservorios y sellos, para lo cual es necesario entender sus características petrofísicas, las cuales se analizarán a partir de la información disponible de pozos y de la interpretación sísmica.

Para entender los elementos del sistema petrolífero que aún se desconoce en el paleozoico debemos evaluar la posible existencia de Roca generadora, roca sello, roca reservorio. El proyecto busca recolectar información de subsuelo (sísmica y pozos) e información de superficie (cartografía geológica y levantamiento de columnas) para enviar a análisis de laboratorios de micro y macro paleontología, petrografía, DRX, petrofísica y geoquímicos. Con esta información de laboratorio se pretende construir un modelo geológico (estructural, sedimentológico y estratigráfico) que permita explicar la evolución de la cuenca y entender los eventos que han influido en la presencia de los elementos del sistema petrolífero.
Adicionalmente también se deben evaluar los procesos del sistema petrolífero, es decir, la formación de trampas y la generación-migración y acumulación. Para lo cual es necesario integrar a los elementos anteriores el modelo de evolución de la cuenca y entender las posibles rutas de migración y los mecanismos que pudieron afectar la formación de las trampas y su preservación a lo largo del tiempo geológico.

De acuerdo con la definición utilizada en la Industria (Peter & Associates, LLP) un Play geológico es un conjunto de prospectos que comparten una historia geológica común y que por lo tanto requieren haber probado la existencia de los elementos del sistema petrolífero, para una posterior evaluación de estas oportunidades al interior de las empresas de Exploración y Producción. En el caso específico de este estudio al no haber probado la posibilidad de la existencia de los elementos del sistema petrolífero y su integridad, ni de los procesos de generación, migración y acumulación el factor de riesgo geológico es cero, con lo cual no se puede sugerir ningún Play.

Según la SPE (https://spe.org/en/industry/terms-used-petroleum-reserves-resource-definitions) un Lead es un área potencial donde una o más acumulaciones están pobremente definidas y requieren adquisición de más datos y/o evaluación para ser clasificada como un prospecto. Un lead se encuentra dentro de un Play. En concordancia con esta definición, al no poder definir un Play tampoco se podrá proponer un Lead.

Por las anteriores limitaciones el objetivo principal de este estudio será dar luces acerca de la posible presencia o ausencia de los elementos y procesos de un posible Sistema Petrolífero paleozoico para sugerir áreas geográficas en las que se deben continuar actividades de adquisición de información para así reducir la incertidumbre geológica. A estas áreas las hemos denominado como “Áreas de

Mayor Interés" y serán definidas, cuando se puedan, para cada uno de los elementos y para cada Periodo geológico.

Para continuar con el entendimiento del paleozoico colombiano es necesario continuar con la inclusión de más información y entender el contexto regional. Esto se conseguirá recolectando toda la información del paleozoico disponible en Colombia y en los países circunvecinos (Venezuela, Perú y Brasil entre otros). Solo con esto se podrá entender cuáles eran las condiciones paleoambientales y geológicas existentes en el momento de la depositación de las rocas paleozoicas y se podrá construir un modelo de evolución sólido.

Fases posteriores de este proyecto deberán incluir la adquisición de más información, tal como, muestras de roca de pozos que perforen una secuencia paleozoica importante, registros de pozo necesarios para analizar las características de estas rocas. Se debe continuar con el levantamiento de más columnas que muestran en paleozoico e integrar la información Geológica y Geofísica disponible en el resto del país.

1.8. RECURSO HUMANO

El proyecto al ser multidisciplinario, por lo que requiere de múltiples especialidades, a continuación, se presentan los perfiles del personal que participará en el proyecto:

Recurso humano (2021)

CONCEPTO	A	B	C	D	E	TOTAL
	SALARIO MES $	DEDICACIÓN, %	VALOR MES (A*B) $	# DE MESES	CANT.	(A*D*E), $
ASESOR 6 Director del proyecto	$ 19.275.554	100%	$ 19.275.554	1	1	$ 19.275.554
ASESOR 5 Asesor planeación y presupuesto	$ 17.107.992	25%	$ 4.276.998	1	1	$ 4.276.998
ASESOR 5 Contractual y legal	$ 17.107.992	25%	$ 4.276.998	1	1	$ 4.276.998
SUBTOTAL TALENTO HUMANO						**$ 27.829.550**

Nota: Los valores tienen incluido el IVA. (Los profesionales que comienzan en 2021 continúan en 2022).

Recurso Humano (2022)

CONCEPTO	A	B	C	D	E	TOTAL
	SALARIO MES $	DEDICACIÓN, %	VALOR MES (A*B) $	# DE MESES	CANT	(A*D*E), $
ASESOR 6 Director del proyecto	$ 19.275.554	100%	$ 19.275.554	7	1	$ 134.928.878
ASESOR 5 Asesor en estratigrafía	$ 17.107.992	100%	$ 17.107.992	7	1	$ 119.755.944

ASESOR 5 Asesor en geoquímica del petróleo y/o modelamiento de sistemas petrolíferos	$ 17.107.992	100%	$ 17.107.992	7	1	$ 119.755.944
ASESOR 5 Geólogo Estructural	$ 17.107.992	100%	$ 17.107.992	7	1	$ 119.755.944
ASESOR 5 Bioestratìgrafo	$ 17.107.992	100%	$ 17.107.992	7	1	$ 119.755.944
ASESOR 2 Estratígrafo	$ 12.067.152	100%	$ 12.067.152	7	2	$ 168.940.128
ASESOR 2 Geoquímico	$ 12.067.152	100%	$ 12.067.152	7	1	$ 84.470.064
ASESOR 2 Intérpretes	$ 12.067.152	100%	$ 12.067.152	7	3	$ 253.410.192
ASESOR 2 Petrofísico	$ 12.067.152	100%	$ 12.067.152	7	1	$ 84.470.064
PROFESIONAL 5 Profesional soporte SIG	$ 6.179.670	100%	$ 6.179.670	7	1	$ 43.257.681
ASESOR 5 Asesor planeación y presupuesto	$ 17.107.992	20%	$ 3.421.598	7	1	$ 23.951.186
ASESOR 5 Asesor legal y contractual	$ 17.107.992	20%	$ 3.421.598	7	1	$ 23.951.208
SUBTOTAL TALENTO HUMANO					**15**	**$ 1.296.403.177**

Nota: Los valores tienen incluido el IVA y ARL cuando aplique.

1.9. VALOR DEL CONVENIO

El valor acordado entre las partes es de DOS MIL CIENTO DIECISEIS MILLONES CUATROCIENTOS TREINTA Y NUEVE MIL CUARENTA Y TRES PESOS MONEDA CORRIENTE ($2.116.439.043) Incluido todos los impuestos y gastos de administración y que serán aportados por las partes así:

DESCRIPCIÓN	2021		2022		TOTALES
	APORTE ANH	APORTE SGC	APORTE ANH	APORTE SGC	
RECURSO HUMANO	$ 27.829.550	$ 1.480.899	$ 1.296.403.177	$ 55.987.545	$ 1.381.701.171
INFORMACIÓN TÉCNICA	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
LOGISTICA	$ -	$ -	$ 734.737.872	$ -	$ 734.737.872
TOTAL APORTES ANH Y SGC	**$ 27.829.550**	**$1.480.899**	**$ 2.031.141.049**	**$ 55.987.545**	**$ 2.116.439.043**

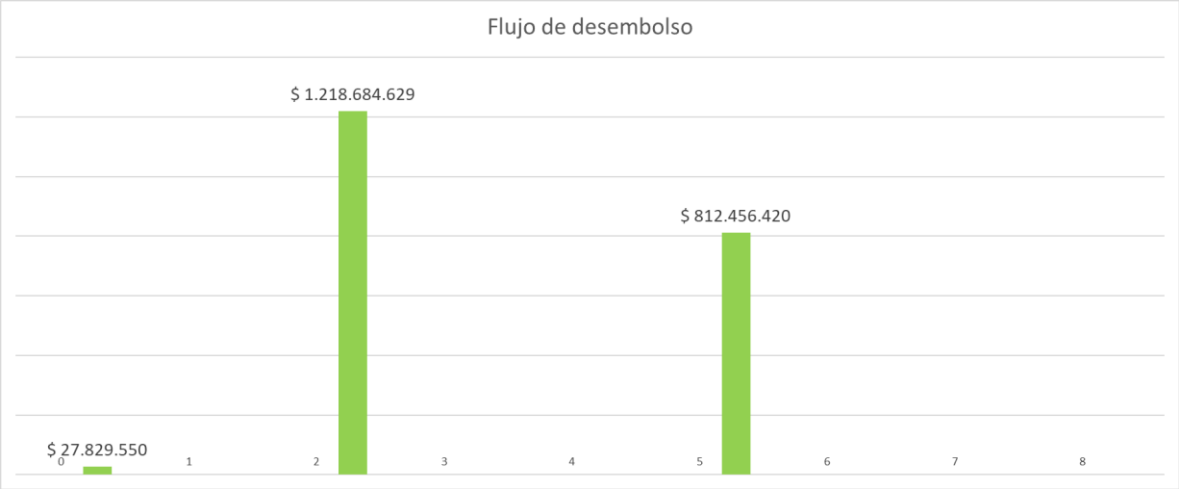
APORTES DE LA ANH

Por parte de LA AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS, el aporte en dinero asciende a la suma de DOS MIL CINCUENTA Y OCHO MILLONES NOVECIENTOS SETENTA MIL QUINIENTOS NOVENTA Y NUEVE PESOS MONEDA CORRIENTE ($2.058.970.599), todos los impuestos y costos directos e indirectos están incluidos en los aportes que se estime para la ANH.

APORTES ANH			
Productos	**Total en Pesos**	**2021**	**2022**
Investigación con la evaluación de la cuenca paleozoico - Integración y modelamiento final	**$ 2.058.970.599**	**$ 27.829.550**	**$ 2.031.141.049**
Plan de trabajo - documento inicial	$ 118.174.818	$ 3.478.685	$ 114.696.133
Documento con la compilación y análisis espacial de las diferentes columnas estratigráficas tanto en campo como en núcleos realizando una correlación entre las mismas	$ 217.522.448	$ 3.478.695	$ 214.043.753
Informe del modelo sedimentológico. Este modelo incluirá mapas de distribución de facies, mapas de isópacos y mapas de distribución para cada uno de los períodos paleozoicos	$ 321.613.623	$ 3.478.695	$ 318.134.928
Informe del modelamiento geoquímico 1D y 3D y hacer la Base de datos con la información geoquímica para el paleozoico en la cuenca	$ 372.670.126	$ 3.478.695	$ 369.191.431
Unificación de los proyectos PETREL de las fases I, II y III. Proyecto PETREL de 15.000 km de sísmica interpretada. Con la interpretación de los horizontes intrapaleozoicos. Mapas estructurales en tiempo y profundidad, fallas, amarre pozo-símica, pozos con registro e interpretación petrofísica.	$ 328.456.923	$ 3.478.695	$ 324.978.228
Informe de Interpretación Sísmica y el Modelamiento Estructural para la cuenca de los Llanos Orientales y la Cordillera Oriental	$ 229.818.494	$ 3.478.695	$ 226.339.799
Informe final de Petrofísica	$ 217.522.448	$ 3.478.695	$ 214.043.753
Informe final.	$ 253.191.719	$ 3.478.695	$ 249.713.024

La ANH desembolsará al SGC el valor correspondiente a su aporte, de la siguiente manera:

	DESEMBOLSO 1		DESEMBOLSO 2			DESEMBOLSO 3				
MES	DIA 0	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTALES
GASTO EN $	$ 27.829.550		$ 1.218.684.629			$ 812.456.420				$ 2.058.970.599
% DE GASTO	1,4%		60,54%			100%				
HITOS	Firma del convenio		PRODUCTO 1- Plan de trabajo - documento inicial			Informe con: 1. La integración de la información de laboratorio a la información de superficie adquirida en las fases anteriores. 2. La integración de la información de laboratorio a la información de pozos, núcleos y ripios, adquirida en litoteca durante las fases previas. 3. El ajuste del interpretación de subsuelo con los nuevos datos de laboratorio (DRX, Petrografía y Geoquímicos). 4. El análisis e intepretación de los resultados geoquímicos de laboratorio (Vitrinita, Rock Eval y TOC) 5. La selección de los pozos con los mejores registros eléctricos disponibles. **Nota: el informe deben enterderse como entregable intermedio.*				



APORTES DEL SGC

Los aportes del SGC serán en especie con la participación de profesionales calificados de la Dirección de Hidrocarburos-DH, cuyo cálculo asciende a la suma de CINCUENTA Y SIETE MILLONES CUATROCIENTOS SESENTA Y OCHO MIL CUATROCIENTOS CUARENTA Y CUATRO PESOS MONEDA CORRIENTE ($57.468.444).

APORTES SGC			
Productos	**Total en Especie**	**2021**	**2022**
Investigación con la evaluación de la cuenca paleozoico - Integración y modelamiento final	**$ 57.468.444**	**$ 1.480.899**	**$ 55.987.545**
Plan de trabajo - documento inicial	$ 7.183.559	$ 185.115	$ 6.998.444
Documento con la compilación y análisis espacial de las diferentes columnas estratigráficas tanto en campo como en	$ 7.183.555	$ 185.112	$ 6.998.443

núcleos realizando una correlación entre las mismas			
Informe del modelo sedimentológico. Este modelo incluirá mapas de distribución de facies, mapas de isópacos y mapas de distribución para cada uno de los períodos paleozoicos	$ 7.183.555	$ 185.112	$ 6.998.443
Informe del modelamiento geoquímico 1D y 3D y hacer la Base de datos con la información geoquímica para el paleozoico en la cuenca	$ 7.183.555	$ 185.112	$ 6.998.443
Unificación de los proyectos PETREL de las fases I, II y III. Proyecto PETREL de 15.000 km de sísmica interpretada. Con la interpretación de los horizontes intrapaleozoicos. Mapas estructurales en tiempo y profundidad, fallas, amarre pozo-sísmica, pozos con registro e interpretación petrofísica.	$ 7.183.555	$ 185.112	$ 6.998.443
Informe de Interpretación Sísmica y el Modelamiento Estructural para la cuenca de los Llanos Orientales y la Cordillera Oriental	$ 7.183.555	$ 185.112	$ 6.998.443
Informe final de Petrofísica	$ 7.183.555	$ 185.112	$ 6.998.443
Informe final.	$ 7.183.555	$ 185.112	$ 6.998.443

2. ACTIVIDAD: Integración de información para la identificación de niveles prospectivos como yacimientos en roca generadora, Santoniano - Aptiano y sus variaciones geoquímicas en la cuenca del Valle Medio del Magdalena.

2.1. OBJETO DEL CONVENIO:

Aunar esfuerzos técnicos, humanos, administrativos, financieros y logísticos para aportar técnicamente en la adquisición y procesamiento de información técnica para la evaluación de las cuencas sedimentarias.

2.2. IDENTIFICACIÓN DEL CONTRATO A CELEBRAR

Suscripción de un convenio interadministrativo específico entre la Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH y el Servicio Geológico Colombiano SGC.

2.3. OBJETIVO GENERAL

Integrar información para la identificación de niveles prospectivos como yacimientos en roca generadora, Santoniano - Aptiano y sus variaciones geoquímicas en la cuenca del Valle Medio del Magdalena.

2.3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

A. Integración de información cartográfica, análisis de imágenes remotas, análisis morfométricos y cartografía geológica detallada en corredores a escala 1:25.000.

A1. Identificar y reinterpretar mediante el uso de sensores remotos y análisis morfométricos los elementos geológicos en áreas a ser controladas en campo que permitan la caracterización de estructuras geológicas y la definición de secciones de referencia de unidades.

A2. Realizar la cartografía geológica 1:25.000 en corredores de áreas de los piedemontes del flanco occidental de la Cordillera Oriental, completando 250km^2 y discriminando las formaciones Salada, Galembo, Pujamana y el Salto.

A3. Realizar actividades de gestión de socialización, para transmitir el conocimiento geocientífico a la comunidad científica y la industria.

B. Levantamiento de información estratigráfica a escala 1:100 en secciones de campo y 1:25 de núcleos de pozo con muestreos sistemáticos para caracterización de las rocas generadoras de interés.

B1. Levantar columna estratigráfica a escala 1:100 de 600m de afloramientos con análisis de facies de las unidades y muestreos sistemáticos para análisis de: micropaleontología macrofósiles, dataciones radiométricas, Carbono Orgánico total (TOC), Pirólisis, Difracción de Rayos X (DRX), isótopos de C y O_2 petrografía orgánica y reflectancia de la vitrinita.

B2. Levantamiento de 800ft de corazones de pozos en escala 1:25 con sucesiones cretácicas con potencial como roca generadora, muestreos detallados para los mismos análisis que ítem anterior.

B3. Ubicación de dos (2) pozos tipo *Slim hole* donde se establezca su ubicación y los intervalos estratigráficos que habría de3 perforar.

B4. Hacer mediciones sistemáticas de fracturas en las secciones cretácicas con el método de *scan lines* y ventanas circulares (al menos 100) en las secciones levantadas asociándoles a datos de DRX.

B5. Realizar un muestreo y preparación del material para diferentes análisis de laboratorio.

C. Actualización e interpretación de datos geofísicos del subsuelo. Interpretación sísmica, flujo de trabajo petrofísico para caracterización de rocas generadoras y actualización de modelo regional del subsuelo.

C1. Realizar un flujo de trabajo de interpretación a partir de atributos sísmicos en seis cubos 3D de manera que se resalte información estratigráfica o intervalos en áreas prospectivas.

C2. Realizar mapas estructurales de 4 intervalos prospectivos (Tope del Olini -o Las Rentas-, Tope del Galembo, del Salada, y tope del Tablazo o Paja prospectivo) y dos discordancias regionales relativas al eoceno y la base del cretácico) a partir de interpretación de sísmica 2D y 3D.

C3. Realizar mapas regionales de tensor de esfuerzos actual a partir de información de pozos y afloramientos para 4 de los intervalos de interés (unidades Oliní, Galembo, Salada y Tablazo).

C4. Realizar actualización de mapas de subsuelo a profundidad de los intervalos de interés a partir de la interpretación sísmica y el amarre de registros de pozo.

C5. Realizar flujo de trabajo petrofísico para no convencionales.

D. Integración de resultados y definición de corredores prospectivos para yacimientos en rocas generadoras para rocas cretácicas en la parte central y norte del Valle Medio del Magdalena.

D1. Realizar por unidades litoestratigráficas mapas de variaciones facies o contenido de arcillas.

D2. Realizar mapas de aceite y gas retenido libre a partir de modelamiento geoquímico en software especializado.

D3. Realizar mapas regionales de tensor de esfuerzos actual a partir de información de pozos.

D4. Realizar correlación estratigráfica entre al menos 6 secciones de afloramientos o pozos y que incluya interpretación de intervalos prospectivos valorados según características de calidad de yacimiento (TOC, espesor, fragilidad).

D5. Realizar mapas de porosidad efectiva, mapas de aceite y gas retenido libre a partir de modelamiento geoquímico de al menos tres de los intervalos de interés.

D6. Realizar mapas de corredores prospectivos (posibles *sweet spots*) por unidad de interés a partir de la integración de los otros mapas y productos del proyecto.

2.4. LUGAR DE EJECUCIÓN Y GENERALIDADES

El Valle Medio del Magdalena (VMM) es una cuenca activa intra-montana, que separa la cordillera Central y la serranía de San Lucas –al oeste-, de la cordillera Oriental –al este-, en los Andes colombianos. La cuenca se encuentra limitada al noroeste por la rocas exhumadas de la mega-secuencia vulcano-clástica de la Formación Norean, basamento económico de la cuenca que forma la serranía de San Lucas; al suroeste los sedimentos neógenos se encuentran descansando sobre el basamento de la cordillera Central; al norte limita con el sistema de fallas del Espíritu Santo; al noreste por el sistema de fallas de Bucaramanga-Santa Marta, al este por la el cinturón plegado del flanco occidental de la cordillera Oriental.

El trabajo va desarrollarse con diferentes herramientas y métodos. Por un lado, tiene la construcción de mapas estructurales a profundidad a partir de la interpretación sísmica y de registros de pozos para tener un modelo del subsuelo realizado en software especializado. Como otra actividad, se llevará a cabo la cartografía geológica a escala 1:25.000 de 250 Km2. Esta área repartida en regiones seleccionadas donde se reporta la presencia de las unidades estratigráficas y donde a partir de la cartografía se escogerán secciones en quebradas donde ocurran buenas exposiciones de las rocas cretácicas con potencial como yacimientos no convencionales en rocas generadoras. La localización de las áreas propuestas se encuentra en la figura siguiente. Sin embargo, las áreas específicas postuladas con interés para la realización del trabajo de campo pueden ser ajustadas de acuerdo a al interés geológico durante el desarrollo del proyecto y factores como ausencia de afloramientos, intensidad de deformación o condiciones sociales como el orden público.

Las áreas postuladas se relacionan a continuación:

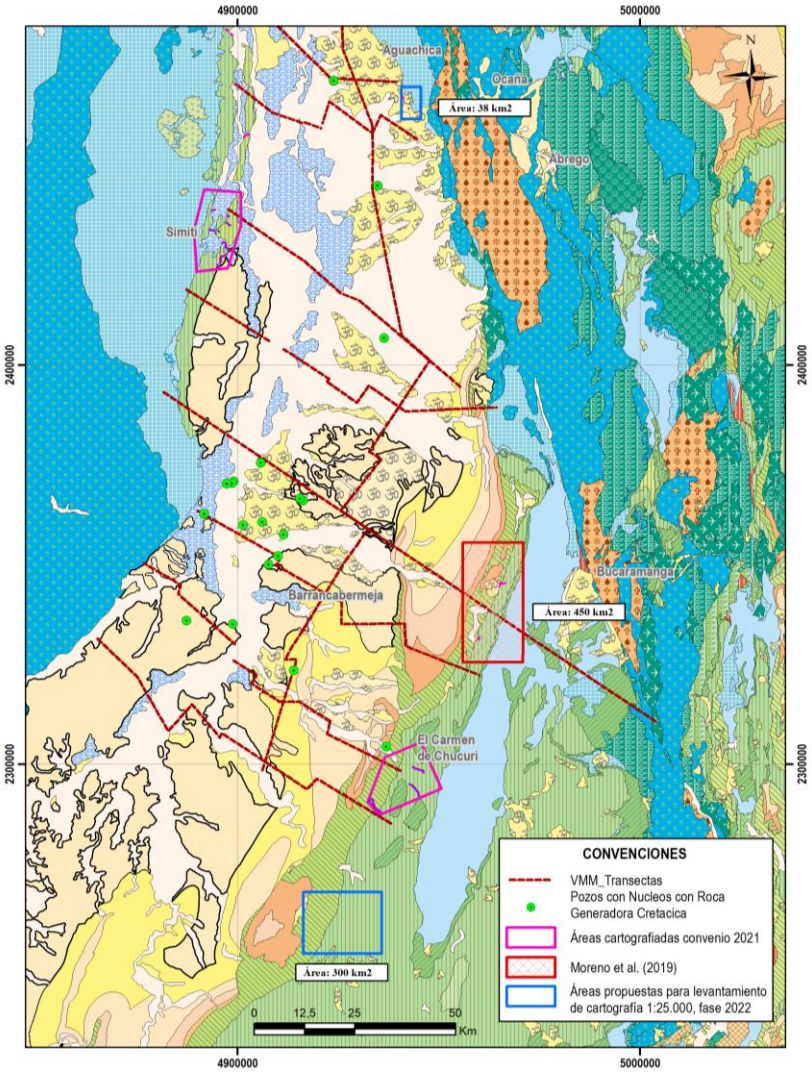
- Este de Aguachica, tenemos reportes de Formación El Salto y Formación La Luna y Grupo Calcáreo Basal.
- Región al norte de Santa Helena del Opón. Ocurre la sucesión cretácica y hace falta en la cobertura de levantamientos estratigráficos.

El conocimiento detallado de la estratigrafía genera importantes datos para cualquier proyecto exploratorio de hidrocarburos. Por esta razón, es oportuno realizar la una compilación de datos estratigráficos de trabajos anteriores de la ANH y el SGC en un marco crono-estratigráfico bien documentado. Así, se tomarán nuevos datos estratigráficos de algunos sectores de la cuenca VMM, así como la descripción y muestreo de las rocas generadoras de esta cuenca para disponer de información confiable que se pueda integrar con la información y los modelos generados por la ANH y la industria en tiempos recientes.

La cuenca Valle Medio del Magdalena (VMM) es la cuenca con mayores recursos remanentes hidrocarburíferos en yacimientos convencionales y no convencionales en roca generadora. En este

año, la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) ha estimado que los recursos remanentes recuperables (“yet to find”) en la cuenca VMM son de 1937 mbpe, convirtiéndola en la cuenca con producción comercial con mayor potencial de recursos por encontrar. Por esta razón, el entendimiento regional de la estratigrafía de la roca generadora cretácica es de vital importancia para entender la extensión de la roca generadora y la variación de sus propiedades faciales, mineralógicas y geoquímicas, lo cual permitirá avanzar en la caracterización del play no convencional en roca generadora y la cuantificación de los recursos disponibles de crudo y gas.

El objetivo de este proyecto es la toma de nuevos datos e integración de datos preexistentes para en un marco estratigráfico y cronológico bien documentado realizar correlaciones que discriminen los intervalos prospectivos y mapas de corredores exploratorios por unidades de interés.



Localización del área de estudio y las secciones propuestas.

El trabajo se concentrará en áreas cartográficas donde se levantarán nuevos datos estratigráficos que representan un mínimo a cartografiar de 250 km2. La cartografía discriminará las formaciones cretácicas, incluyendo la Formación El Salto y los miembros de la Formación La Luna (Salada, Pujamana y Galembo). Los levantamientos estratigráficos están dirigidos a caracterizar la roca generadora. La efectividad comprobada como roca generadora de varios intervalos estratigráficos cretácicos en el VMM, hace necesario caracterizar sistemáticamente los parámetros relevantes para entender estas unidades como posibles yacimientos no convencionales. Estos estudios tendrán énfasis en la Formación La Luna y otras unidades cretácicas con potencial generador conocido (formaciones Tablazo y Paja) sumando un espesor de levantamientos de al menos 600m estratigráficos levantados a escala 1:100 en afloramientos. También se describirán núcleos (al menos 800ft) y se integrarán otros datos de pozos en la cuenca a través de correlaciones. En pozos y en afloramientos se hará un muestreo sistemático para realizar e interpretar análisis de laboratorio para: microfacies, bioestratigrafía, contenido de carbono orgánico total, pirolisis Rock-eval, composición mineralógica (DRX) y estratigrafía de fracturas de los intervalos de interés.

El registro estratigráfico de las cuencas cretácica y cenozoica a lo largo del borde occidental de la cordillera Oriental y el Valle Medio del Magdalena, es de singular importancia no solo por la apreciable variabilidad de sus facies sino por el origen y procedencia de los materiales que constituyen el registro sedimentario. La cuenca cretácica colombiana a lo largo de su evolución sedimentaria, se desarrolla como una cuenca epicontinental, al parecer abierta hacia el norte y con conexión al ancestral Océano Atlántico en proceso de apertura. El borde occidental fue controlado en algunos periodos por la ancestral Cordillera Central, que actuó como una barrera muy baja separando esta cuenca de la cuenca pacífica. Esta barrera emergida producía escaso aporte de material terrígeno, siendo el aporte aloquímico calcáreo y orgánico las fuentes principales de sedimentos que se acumulaban en facies poco profundas.

El estudio de la estratigrafía, la procedencia sedimentaria, la geometría y los cambios de facies en el subsuelo de las secuencias, tiene una relación directa con el contenido mineralógico y de materia orgánica, parámetros determinantes en la evaluación de intervalos estratigráficos con calidades para encontrar en el subsuelo los “sweet spots” o niveles prospectivos para eventual proyectos de fracturamiento hidráulico multi-etapa para la exploración de gas y petróleo.

Generalidades del proyecto

El Valle Medio del Magdalena(VMM) es un área con enorme prospectividad de petróleo y gas en yacimientos en roca generadora. Estos yacimientos son en general de baja porosidad y permeabilidad, lo que hace que se puedan presentar naturalmente fracturados o que necesiten de estimulación para generar fracturas y permitir el flujo hacia el pozo. De cualquier manera, el conocimiento de los parámetros geológicos relevantes para explorarlos y explotarlos es de relevante importancia para estimular la entrada de inversionistas, como conocimiento base para los entes de control y organismos tomadores de decisiones del estado.

Estudios previos muestran la gran variabilidad de las unidades o sucesiones de roca de las litologías, su composición mineralógica y de geoquímica orgánica. Es así, por ejemplo, como niveles de la Formación Salada de edad Turoniano temprano, es muy calcárea en el área de Aguachica, margosa o mixtas en el área de Hidrosogamoso y arcillosa en el área de Simití. Estas variaciones modifican la capacidad de fracturarse y también se evidencian en la calidad y cantidad de materia orgánica; lo cual influye en su potencial para generar hidrocarburos. Para entender cómo cambian estos niveles en diferentes áreas de la cuenca del VMM se debe tener un marco cronológico riguroso; que permita conocer que niveles representan la sedimentación de una cinta de facies de la misma edad. Esto permite conocer como fue la evolución de los ambientes de depósito de estos yacimientos y hacer predicciones sobre donde podrían tener mejores condiciones para la explotación de petróleo o gas.

Este proyecto pretende cerrar el estudio regional realizado en esfuerzos de la ANH y el SGC aumentando la información de secciones de campo, el porcentaje de pozos analizados y dar a todo ese conocimiento adquirido en anteriores fases, un marco cronológico a partir de datos bioestratigráficos para que los miles de datos de geoquímica del petróleo, faciales y mineralógicos queden bien datados, correlacionados regionalmente y sean entregados a la industria y academia para su estudio y aprovechamiento. Con estos resultados estaremos en la capacidad de realizar la integración de la información en mapas de prospectividad o de corredores exploratorios para yacimientos cretácicos en roca generadora, producto final y fundamental de la finalización del proyecto

2.5. MÉTODOS

Los métodos y materiales propuestos para la realización de los productos de esta propuesta tienen el más alto rigor técnico y científico propio del SGC y que precisa el país para la adecuada caracterización de las sucesiones y los posibles yacimientos. A continuación, se presenta una descripción resumida de los métodos con los cuales se llevará a cabo el proyecto.

Cartografía geológica a escala 1:25000.

Antes de salir al campo se realiza una interpretación de sensores remotos y se trazan en fotos e imágenes de satélite los posibles contactos y estructuras a partir de la interpretación de las texturas y geoformas de las áreas en las fotografías. También se hacen shapes de datos cartográficos de proyectos anteriores de cartografía del SGC. Luego se realizan transectas en quebradas y caminos tomando datos realizando estaciones de campo. En las estaciones se lleva un orden de anotación de los datos, muestras y descripciones. Además, cada estación tendrá un registro fotográfico. Es importante en esta fase adquirir información de macrofósiles para ayudar en el control estratigráfico y estructural que pueda ser precisado a partir de bioestratigrafía que discrimine unidades litoestratigráficas y ayude a dar mejor rigor a la cartografía, discriminando los miembros de la Formación La Luna.

Levantamientos estratigráficos en campo

Las secciones estratigráficas se realizaron a escala 1:100 y se levantan poligonales para ubicar correctamente y calcular los espesores de los intervalos cubiertos y aflorantes. Además, se realiza bastoneo con bastón de Jacob de 1,5m, esta herramienta ayuda en la realización precisa del dibujo a escala y la nominación correcta de las muestras para la ubicación de las capas que corresponde en la columna estratigráfica. Sistemáticamente se realiza un registro fotográfico de las secciones estudiadas que se encuentra también dentro de los anexos. Se escogerán sucesiones que correspondan con posibles yacimientos en roca generadora en áreas que no tienen datos , para poder comparar esas rocas con sus variaciones laterales en otras secciones o pozos.

Análisis Paleoambiental

El análisis paleoambiental está basado en la interpretación de asociaciones de facies identificadas con base en la litología, estructuras sedimentarias, límites y geometría de las capas, contenido fósil y de minerales autigénicos, y la identificación de trazas fósiles y estimación del grado de bioturbación. La estimación del grado de bioturbación se basa en un esquema de 7 categorías según Reineck (1973), definido en términos de densidad y superposición de trazas, así como la preservación de estructuras sedimentarias primarias de trazas (Taylor y Goldring, 1993). A partir de la definición de facies se estudian los procesos sedimentarios que pueden dar lugar a cada tipo de facies y luego se estudian las asociaciones de facies que representan subambientes de un sistema deposicional.

Geoquímica orgánica

A partir de datos de trabajos anteriores de reflectancia de la vitrinita, fluorecencia de la inertinita, tmax de la pirolisis y otros datos termales como trazas de fisión en apatitos o circones se realizarán modelamientos de la cinética de la materia orgánica 1D. Luego con la integración de los mapas estructurales de los intervalos de interés se realizará en software especializado un modelamiento geoquímico regional obteniendo mapas para cada intervalo de aceite y gas retenido libre.

Bases de Datos y SIG:

Para avanzar en las actividades de revisión, verificación y recopilación de la información es necesario el alquiler de dos (2) licencias de softwares especializados en manejo de datos geofísicos del subsuelo, donde se puedan visualizar los datos de pozos y de la sísmica, y así lograr seleccionar la información clave para el proyecto. Así, tiene una base de datos geográfica que integre la información de superficie con la del subsuelo de una manera estandarizada, y que permita analizar los distintos productos propios del proyecto. Además, es necesario tener proyectos de SIG para generar una geodatabase con la información geográfica del proyecto, las anteriores bases de datos pretenden establecer que las temáticas y los objetos espaciales estén estandarizadas y completos, para que en un futuro se faciliten las consultas del proyecto.

Al recolectar, verificar y revisar metódicamente ésta información con un buen control de calidad y que garantice buena certidumbre de los datos, se podrá evitar desgaste en manejo de datos y volúmenes de información y sí continuar eficientemente, con las siguientes fases necesarias del proyecto: Interpretación, integración y análisis.

Análisis de Núcleos

Serán seleccionados núcleos de perforación de pozos seleccionados que se encuentran en la Litoteca Nacional. Los núcleos escogidos para descripción y muestreo tendrán en cuenta el estado de confidencialidad, la cantidad de roca con yacimientos en roca generadora. En general se describirán y muestrearán 800ft de núcleos en total de rocas cretácicas. La descripción se realizará a escala 1:25 y se registraran los mismos aspectos mencionados en las descripciones de afloramiento y se usaran igualmente formatos de descripción con los estándares establecidos por el SGC. Los estudios y trabajos realizados serán entregados para su colección a la litoteca nacional una vez finalizado el proyecto. Además, de la descripción de los núcleos, se tomarán muestras para ser analizadas por petrografía, bioestratigrafía, difracción de rayos x y geoquímica.

Tabla. Núcleos de perforación que tienen intervalos con núcleos de perforación en el área de estudio. Se escogerán los intervalos a ser estudiados según un criterio estratigráfico y la cantidad de datos presentes en las bases de datos y el BIP. Los intervalos estudiados serán diferentes a intervalos estudiados en otros estudios del SGC y la ANH.

Bosques 1	Infantas 1613
Cagui 1	Llanito 1
Cantagallo 14	Manati blanco 1
Cantagallo 2	olivo 2
Cantagallo 6	Pedral 1
Casabe 199	Llanito 61
Cascajales 1	Tisquirama 1
Catalina 1	Yanacue
Cocuyo 1	Bosques 3
Guane 1	Cimitarra 1

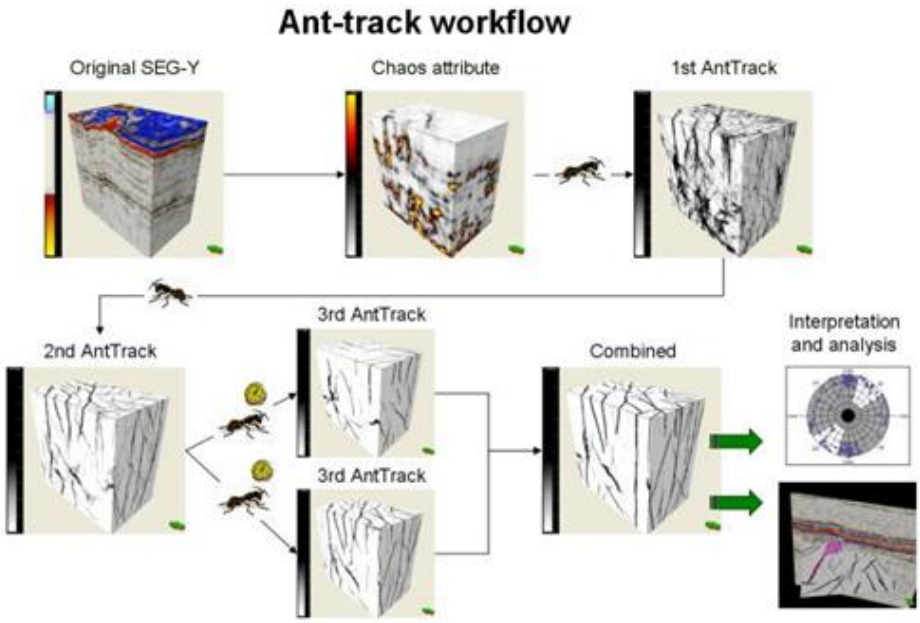
Interpretación sísmica y modelo de subsuelo.

Datos geofísicos y geológicos del Banco de Información Petrolera (BIP) del Servicio Geológico Colombiano (SGC) fueron compilados junto con información de cartografías de planchas 1:100.000 del SGC y las cartografías 1:25000 realizadas durante las etapas de campo en un proyecto de interpretación. Se hace un control de calidad de las líneas sísmicas para realizar la carga. Se cargarán las líneas sísmicas en a ser interpretadas y los pozos para ser calibrados al modelo. Dicha interpretación se realiza de unidades estratigráficas luego de calibrar los pozos escogiendo los

horizontes y reflectores que correspondan con los topes de las unidades litoestratigráficas. El modelo del subsuelo se realizará en un software especializado alquilado y licenciado para el Servicio Geológico Colombiano.

El amarre de los pozos se realiza usando los pozos con información de velocidad. Para los pozos que no contaban con esta información se usa un criterio de asignación con los pozos vecinos que hubieran perforado la misma secuencia estratigráfica y estuvieran dentro del mismo régimen estructural. Adicionalmente, se generarán sismogramas sintéticos a partir de los registros sónicos disponibles. Utilizando los sismogramas sintéticos generados se realiza la calibración con la que se identificaron los topes de las unidades de interés; tope unidades Rentas (u Olini), Galembo, Pujamana, Salada, Simití, Tablazo y Paja y dos (2) horizontes principales como son la discordancia asociada al Eoceno y la base de la mega-secuencia cretácica.

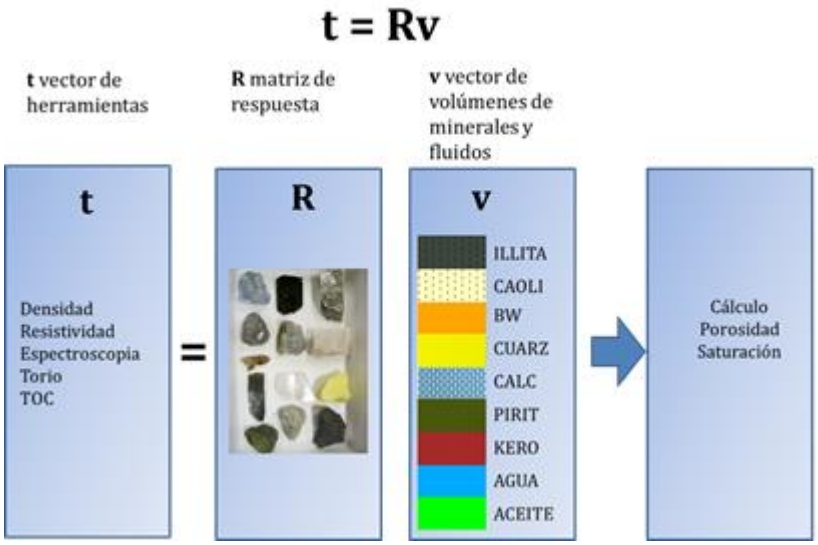
Considerando que la Cuenca del Valle Medio del Magdalena es una de las cuencas con mayor información sísmica 3D, se considera que es importante utilizar herramientas como los atributos sísmicos para mejorar la resolución de la información y; para definir y resaltar diferentes rasgos en la sísmica que nos permita hacer una mejor caracterización de las rocas y en algunos casos disminuir la incertidumbre en la interpretación. Para esto se propone utilizar el atributo Ant-tracking de Petrel, el cual es una excelente herramienta para delinear límites geológicos (fallas, contactos estratigráficos etc). Este atributo tiene la habilidad de indicar la presencia de fracturas y fallas, resaltando la información estratigráfica, mediante el siguiente workflow.



Workflow del Ant-track 3D

Evaluación y flujo petrofísico para yacimientos en roca generadora.

Extender la evaluación petrofísica que permita definir de manera más detallada el potencial asociado a los yacimientos de roca generadora para toda la cuenca, incluyendo todos los pozos que penetraron el Cretácico aun cuando no tengan todos los registros para detallar. A partir de los registros de pozos se realiza la estimación de propiedades petrofísicas (Volumen de arcilla, Porosidad, espesores, TOC, etc.), la estimación de la composición de cada pozo a través de petrofísica multimineral que permita conocer la composición litológica compleja de estos yacimientos, expresada en porcentajes de: Caliza, Dolomita, Arenisca y Arcilla; estos registros al integrarse mediante técnicas de análisis de conglomerados basadas en redes neuronales permiten crear registros de facies litológicas en cada pozo evaluado. Softwares petrofísicos cuentan con una aplicación de inversión mineralógica que proporciona una evaluación cuantitativa de la composición litológica de las formaciones. La evaluación se realiza mediante la optimización de ecuaciones simultáneas que describen uno o varios modelos de interpretación los cuales se van ajustando con los datos de DRX, una explicación gráfica se encuentra en la figura siguiente.



Concepto interpretación petrofísica de la mineralogía y cálculo de porosidad.

Una estrategia que permite caracterizar los YRG en VMM, es mediante la integración de atributos sísmico y datos de pozos. Esta integración se puede realizar utilizando Redes Neuronales. Softwares petrofísicos cuentan con módulos específicos para optimizar el diseño de la Red, en el sentido que permitirá determinar, que combinación de datos de entrada (atributos sísmicos) es la mejor para modelar un conjunto de datos de salida (propiedades petrofísicas). Estos softwares cuentan con un módulo que permite realizar la predicción de parámetros y la reconstrucción de registros mediante la tecnología de perceptrón multicapa. Se pueden construir atributos de traza compleja (Hilbert,

Transformada de Fourier y de Ondícula), atributos geométricos (Laplaciano, Ant-tracking), atributos de inversión (Sparse-Spike) y atributos de clasificación basados en Redes Neuronales Artificiales.

Otra actividad importante es la integración de datos de núcleos y la correlación de datos de núcleos con registros en yacimientos no convencionales. Esto permite definir las clases de rocas basándose en sus atributos fundamentales de textura y composición, discriminados por los datos de los registros. Se utiliza para discriminar las propiedades materiales de las rocas. En consecuencia, el resultado puede o no estar directamente correlacionado con los modelos geológicos deposicionales, ya que las propiedades de las rocas en los yacimientos no convencionales se definen por una mezcla de textura y composición y se derivan a través de una combinación de deposición sedimentaria, alteración diagenética post-deposicional y maduración de la materia orgánica.

También se calcularán los módulos de Young de diferentes niveles en pozos y las relaciones de Poisson. Se obtendrán mapas de los esfuerzos principales a partir de informaciones y registros de pozo para intervalo de interés.

Mapas de corredores prospectivos o sweet spot

A partir de los datos de trabajos anteriores del SGC y la ANH se realiza una compilación de datos geoquímicos, de madurez termal y de la historia del enterramiento. Se realizan varios modelados 1D de la materia orgánica para entender la historia termal en varias áreas de la cuenca. Luego se cargan en software de modelamiento geoquímico las interpretaciones estructurales de los intervalos de interés y se realiza un modelamiento regional, obteniendo mapas de aceite y gas retenido libre. El cruce de estos mapas con los mapas de porcentaje de arcillas, el estructural a profundidad y los mapas de tensor de esfuerzos; nos darán luces sobre las áreas más prospectivas y así se generará resaltando esas intersecciones los mapas de sweet spot o corredores prospectivos. Estos mapas serán diferentes a otros realizados con anterioridad por la ANH y tendrán en cuenta la información estratigráfica, geofísica y geoquímica más actualizada posible.

2.6. PRODUCTOS (P) ESPECÍFICOS DEL PROYECTO

PRODUCTO 1- Informe de análisis de información preliminar de la zona propuestas de cartografía y levantamientos estratigráficos (vigencia 2021)

Actividades relacionadas

- Compilar en un proyecto en Arcgis la información existente de trabajos previos realizados por consultoras, petroleras, o el SGC en el área de estudio.
- Compilar imágenes remotas de las áreas escogidas, construir anaglifos con fotografias aéreas.

- Elaborar un informe con la identificación preliminar de las áreas para la cartografía geológica detallada y la ubicación de las columnas estratigráficas a ser levantada para el primer semestre del 2022 en el VMM.

PRODUCTO 2- Mapa geológico a escala 1:25.000 de 250km2 donde se encuentren las sucesiones de rocas generadoras cretácicas en el borde oriental de la cuenca del Valle Medio del Magdalena. (vigencia 2022)

Actividades relacionadas

- Preparar modelos digitales del terreno, imágenes remotas y realizar análisis para identificación de estructuras.
- Informe de interpretación de imágenes remotas y la preparación de mapas y materiales para el trabajo de campo.
- Toma de estaciones para el control de la cartografía geológica a escala 1:25.000.
- Con la ayuda de interpretación de imágenes remotas se trazan los contactos y estructuras en el mapa y se cargan en proyecto SIG. Se discriminan las unidades geológicas, incluyendo las formaciones Salada, Pujamana, Galembo y las Rentas.
- Reporte de ubicación de dos (2) pozos tipo Slim hole donde se establezca su ubicación, y los intervalos estratigráficos que habría de perforar.
- Dos cortes estructurales balanceados que incluyan secciones de las áreas de cartografía.

PRODUCTO 3- Columnas estratigráficas de unidades de rocas generadoras cretácicas. (vigencia 2022)

Actividades relacionadas

- Levantar columnas estratigráficas de las formaciones de intervalo Aptiano-Santoniano a escala 1:100 de 600m de afloramientos con muestreos sistemáticos.
- Describir columnas estratigráficas de 800ft de corazones de pozos en escala 1:25 con sucesiones cretácicas (Aptiano-Santoniano) con potencial como roca generadora, muestreos detallados.
- Realizar capítulo de análisis de facies de las unidades estudiadas en núcleos y afloramientos.
- Transformar información sedimentológica de núcleos y afloramientos a formato numérico.

PRODUCTO 4- Mapas estructurales en tiempo y profundidad de intervalos de interés como yacimientos en roca generadora (vigencia 2022)

Actividades relacionadas

- Cargar información sísmica y de pozos a PETREL en proyecto unificado que tenga versiones de proyectos pasados del SGC-ANH.

- Realizar interpretación estructural y estratigráfica de líneas y cubos sísmicos discriminando los topes de las unidades Las Rentas, Galembo, Pujamana, Salada, Simití, Tablazo, Paja, y Rosablanca.
- Producir mapas en tiempo y profundidad ajustados a los modelos estratigráfico y estructural de la cuenca cretácica.
- Redactar texto o capítulo sobre la interpretación estructural y estratigráfica de la cuenca cretácica del VMM.

PRODUCTO 5- Informe de flujo petrofísico para yacimientos en roca generadora. (vigencia 2022)

Actividades relacionadas

- Control de calidad de los registros y alistamiento de datos para realizar el flujo de trabajo petrofísico.
- Cálculo de TOC a partir de registros de pozo.
- Cálculo de volumen de arcillas, porosidad y mineralogía.
- Calibración de proxys y escogencia de los métodos de cálculo de TOC, a partir de resultados análisis de laboratorio de núcleos de perforación
- Cálculo de propiedades geomecánicas; tensor de esfuerzos, módulo de Young y relación de Poisson.
- Redacción de texto sobre flujo de trabajo petrofísico para no convencionales en 6 pozos.
- Construcción de mapas regionales de tensor de esfuerzos actual a partir de información de pozos.

PRODUCTO 6- Mapas de corredores prospectivos o sweet spots. (vigencia 2022)

Actividades relacionadas

- Elaborar mapas regionales de variaciones facies o contenido de arcillas, porosidad efectiva por unidades litoestratigráficas.
- Mapa de aceite y gas retenido libre para al menos 3 unidades litoestratigráficas de interés.
- Dos correlaciones estratigráficas entre al menos 6 secciones de afloramientos o pozos y que incluya interpretación de intervalos prospectivos valorados según características de calidad de yacimiento (calidad y cantidad de materia orgánica, espesor, fragilidad).
- Integrar y definir mapas de corredores prospectivos (*sweet spots*) por unidad de interés a partir de la integración de los otros mapas y productos del proyecto.
- Redactar texto con explicación de la integración de los mapas estructurales, de facies, de TOC, madurez termal, aceite y gas retenido libre, porcentaje de arcillas y tensor de esfuerzos en los mapas de corredores prospectivos para las unidades de interés prospectivo como yacimientos en roca generadora.

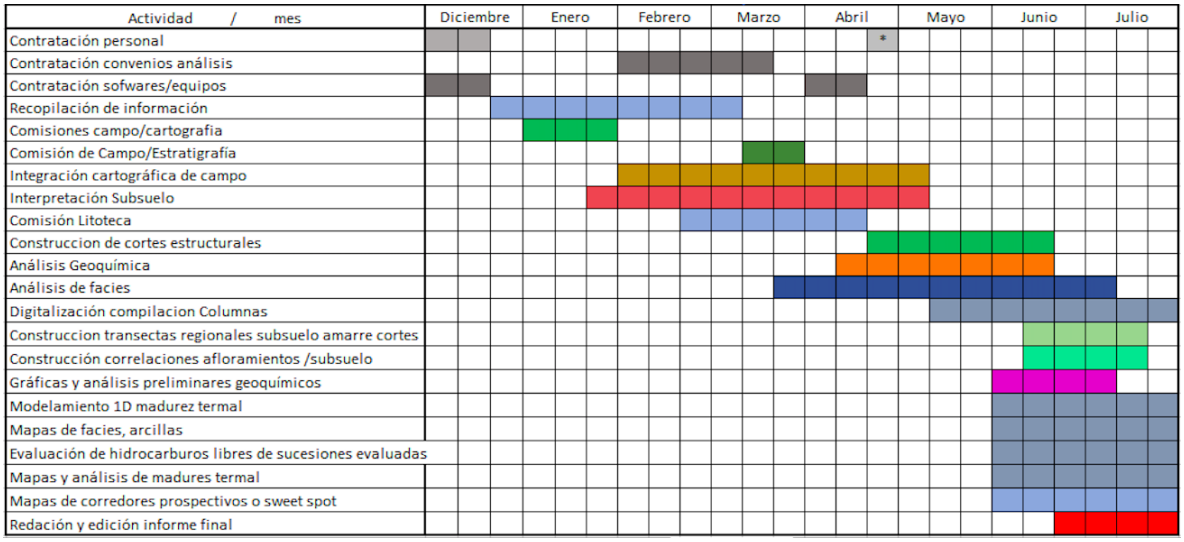
Tabla Relación de áreas de cantidades asociadas a los entregables.

Ítem	TIPO DE ANALISIS	UNIDAD	CANTIDAD
1	Cartografía Geológica	Km2	250
2	Columnas estratigráficas 1:100 en terreno	m	600
3	Análisis Paleo-ambiental	secuencia	2
4	Base de Datos	UND	1
5	Análisis de Núcleos 1:25	pies	800
6	Interpretación Sísmica regional	horizontes	5
7	Modelamiento geoquímico 1D	secciones	3
8	Correlaciones estratigráficas entre secciones	UND	2
9	Mapas de aceite o gas retenido libre	UND	6
10	Mapas de facies, TOC, arcillas, porosidad efectiva	UND	9
11	Mapa estructurales a profundidad	UND	4
12	Mapas de corredores prospectivos	UND	3

NOTA: Los entregables seguirán las especificaciones del Manual de Entrega del EPIS

2.7. CRONOGRAMA

El cronograma propuesto está diseñado a 8 meses. La preparación de convenios y contratos para los análisis y el personal se llevará a cabo antes del comienzo del 2022. El cronograma de actividades se presenta a continuación:



2.8. ALCANCE GENERAL

Este proyecto aumentará el conocimiento de los sistemas petrolíferos no convencionales en roca generadora atacando objetivos estratigráficos exploratorios con un énfasis en la cartografía y estratigrafía detallada y el análisis de núcleos.

Descripción y muestreo de columnas estratigráficas de afloramientos y de corazones de rocas cretácicas para caracterización de yacimientos no convencionales en roca generadora. Modelamiento de la cinética de la materia orgánica y modelamiento 1D de madurez térmica.

Las interpretaciones sísmicas, correlaciones e interpretaciones serán de carácter regional y no buscan establecer recursos a nivel de prospectos, bloques o campos.

Integrando los análisis y resultados obtenidos en anteriores estudios o fases de este proyecto de Roca Generadora con la ANH (Convenio 486 de 2020, Convenio 215 de 2021) se pretende llegar a la realización de mapas de corredores prospectivos o posibles *Sweet Spot*.

2.9. RECURSO HUMANO

El proyecto requiere de múltiples especialidades, éstas serán lideradas por profesionales con extensa experiencia, no solo en sus disciplinas sino en la geología de la roca generadora y/o el Valle Medio del Magdalena. La presente tabla presenta una proyección de los costos asociados al personal.

Recurso humano (2021)

CONCEPTO	A	B	C	D	E	TOTAL
	SALARIO MES $	DEDICACIÓN, %	VALOR MES (A*B) $	# DE MESES	CANT	(A*D*E), $
ASESOR 5 Asesor Geóinformatica	$ 17.107.992	100%	$ 17.107.992	1	1	$ 17.107.992
ASESOR 5 Asesor planeación y presupuesto	$ 17.107.992	25%	$ 4.276.998	1	1	$ 4.276.998
ASESOR 5 Contractual y legal	$ 17.107.992	25%	$ 4.276.998	1	1	$ 4.276.998
SUBTOTAL TALENTO HUMANO (1) 2021						**$ 25.661.988**

Nota: Los valores tienen incluido el IVA. (Los profesionales que comienzan en 2021 continúan en 2022).

Recurso Humano (2022)

CONCEPTO	A	B	C	D	E	TOTAL
	SALARIO MES $	DEDICACIÓN, %	VALOR MES (A*B) $	# DE MESES	CANT	(A*D*E), $
ASESOR 6 Director del proyecto	$ 19.275.554	100%	$ 19.275.554	7	1	$ 134.928.878
ASESOR 5 Asesor Geóinformatica	$ 17.107.992	100%	$ 17.107.992	7	1	$ 119.755.944
ASESOR 5 Interprete senior	$ 17.107.992	100%	$ 17.107.992	7	2	$ 239.511.888
ASESOR 5 Cartógrafo senior	$ 17.107.992	100%	$ 17.107.992	7	1	$ 119.755.944
ASESOR 5 Petrofísico senior	$ 17.107.992	100%	$ 17.107.992	7	1	$ 119.755.944
ASESOR 5 Geoquímico	$ 17.107.992	100%	$ 17.107.992	7	1	$ 119.755.944
ASESOR 2 Petrofísico	$ 12.067.152	100%	$ 12.067.152	7	1	$ 84.470.064
ASESOR 2 Estructurólogo	$ 12.067.152	100%	$ 12.067.152	7	1	$ 84.470.064
ASESOR 2 Ingeniero sistemas	$ 12.067.152	100%	$ 12.067.152	7	1	$ 84.470.064
ASESOR 2 Estratígrafo	$ 12.067.152	100%	$ 12.067.152	7	2	$ 168.940.128
ASESOR 2 cartógrafo	$ 12.067.152	100%	$ 12.067.152	7	2	$ 168.940.128
ASESOR 2 SIG_cartografía	$ 12.067.152	100%	$ 12.067.152	7	1	$ 84.470.064
ASESOR 2 Químico	$ 12.067.152	100%	$ 12.067.152	7	1	$ 84.470.064
PROFESIONAL 9 Sedimentólogo	$ 8.135.195	100%	$ 8.135.195	7	1	$ 56.946.365
PROFESIONAL 9 Intérprete	$ 8.135.195	100%	$ 8.135.195	7	1	$ 56.946.365
PROFESIONAL 3 Geólogo jr	$ 5.685.296	100%	$ 5.685.296	7	4	$ 159.188.288
PROFESIONAL 3 geologo datos jr	$ 5.685.296	100%	$ 5.685.296	7	1	$ 39.797.072
ASESOR 5 Planning - presupuestal	$ 17.107.992	20%	$ 3.421.598	7	1	$ 23.951.186

CONCEPTO	A	B	C	D	E	TOTAL
	SALARIO MES $	DEDICACIÓN, %	VALOR MES (A*B) $	# DE MESES	CANT	(A*D*E), $
ASESOR 5 Contractual y legal	$ 17.107.992	20%	$ 3.421.598	7	1	$ 23.951.188
SUBTOTAL TALENTO HUMANO (1) 2022					**25**	**$ 1.974.475.582**

Nota: Los valores tienen incluido el IVA y ARL cuando aplique.

2.10. VALOR DEL CONVENIO

El valor acordado entre las partes es de CUATRO MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y SIETE MILLONES DOSCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO MIL CUATROCIENTOS NOVENTA Y SEIS PESOS MONEDA CORRIENTE ($4.397.254.496) Incluido todos los impuestos y gastos de administración y que serán aportados por las partes así:

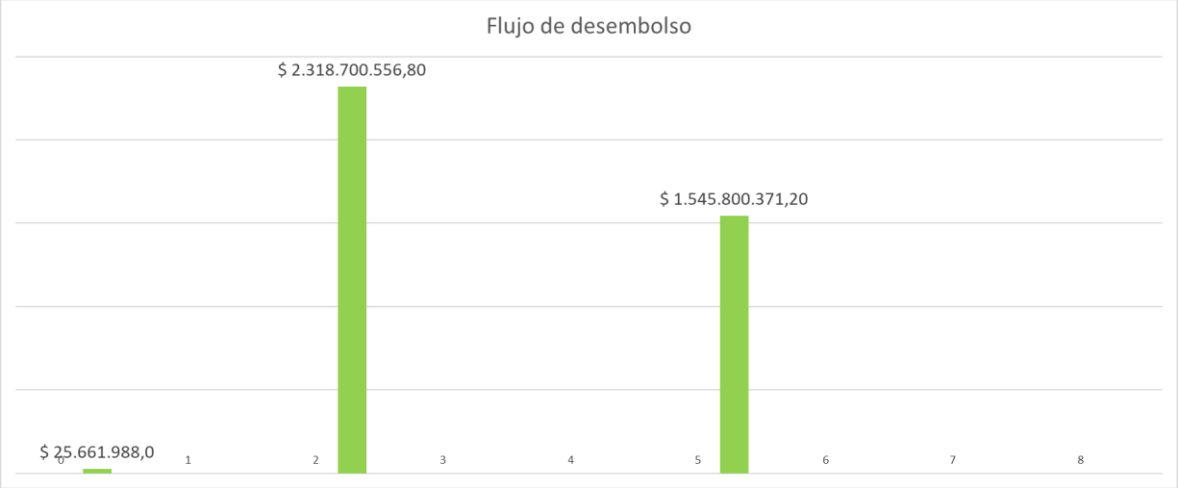
DESCRIPCIÓN	2021		2022		TOTALES
	APORTE ANH	APORTE SGC	APORTE ANH	APORTE SGC	
RECURSO HUMANO	$ 25.661.988	$ 2.130.357	$1.974.475.582	$ 64.567.423	$ 2.066.835.350
INFORMACIÓN TÉCNICA	$ -	$	$ -	$419.093.800	$ 419.093.800
LOGISTICA	$ -	$	$ 1.890.025.346	$ 21.300.000	$ 1.911.325.346
TOTAL APORTES ANH Y SGC	**$ 25.661.988**	**$ 2.130.357**	**$ 3.864.500.928**	**$ 504.961.223**	**$ 4.397.254.496**

APORTES DE LA ANH

Por parte de LA AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS, el aporte en dinero asciende a la suma de TRES MIL OCHOCIENTOS NOVENTA MILLONES CIENTO SESENTA Y DOS MIL NOVECIENTOS DIECISEIS PESOS MONEDA CORRIENTE ($3.890.162.916), todos los impuestos y costos directos e indirectos están incluidos en los aportes que se estime para la ANH.

La ANH desembolsará al SGC el valor correspondiente a su aporte, de la siguiente manera:

FLUJO DE DESEMBOLSOS : Integración de información para la identificación de niveles prospectivos como yacimientos en roca generadora, Santoniano - Aptiano y sus variaciones geoquímicas en la cuenca del Valle Medio del Magdalena.											
	DESEMBOLSO 1		DESEMBOLSO 2			DESEMBOLSO 3					
MES	DIA 0	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTALES	
GASTO EN $	$ 25.661.988,0		$ 2.318.700.556,80			$ 1.545.800.371,20				$ 3.890.162.916	
% DE GASTO	1%		60%			100%					
HITOS	Firma del convenio		PRODUCTO 1- Informe de análisis de información preliminar de la zona propuestas de cartografía y levantamientos estratigráficos			Hito 1: Informe de interpretación de imágenes remotas y la preparación de mapas y materiales para el trabajo de campo. Hito 2: Informe de selección de pozos y control de calidad de los registros y alistamiento de datos para realizar el flujo de trabajo petrofísico. **Nota: los hitos deben enterderse como entregables intermedios.*					



APORTES ANH

Productos	Total en Pesos	2021	2022
Investigación con la Integración de información para la identificación de niveles prospectivos como yacimientos en roca generadora, Santoniano - Aptiano y sus variaciones geoquímicas en la cuenca del Valle Medio del Magdalena.	**$ 3.890.162.916**	**$ 25.661.988**	**$ 3.864.500.928**
Informe de análisis de información preliminar de la zona propuestas de cartografía y levantamientos estratigráficos	$ 165.372.974	$ 1.710.788	$ 163.662.186
Interpretación de imágenes remotas y la preparación de mapas y materiales para el trabajo de campo	$ 166.730.949	$ 1.710.800	$ 165.020.149
Estaciones para el control de cartografía geológica a escala 1:25.000.	$ 307.528.145	$ 1.710.800	$ 305.817.345
Levantamientos estratigráficos en campo	$ 333.360.483	$ 1.710.800	$ 331.649.683
Descripción y análisis de núcleos de pozo.	$ 401.193.894	$ 1.710.800	$ 399.483.094
Análisis de facies y determinación paleoambientales las sucesiones estratigráficas estudiadas.	$ 255.008.965	$ 1.710.800	$ 253.298.165
Información estratigráfica y sedimentológica a la base de datos numérica.	$ 215.679.879	$ 1.710.800	$ 213.969.079
Dos cortes estructurales balanceadas que incluyan secciones de las áreas de cartografía	$ 301.707.584	$ 1.710.800	$ 299.996.784
Interpretación sísmica y modelo de subsuelo.	$ 260.460.822	$ 1.710.800	$ 258.750.022
Actualización e integración de información en Bases de Datos y SIG	$ 294.924.718	$ 1.710.800	$ 293.213.918
Mapas estructurales de 3 intervalos prospectivos a partir de interpretación de sísmica 2D y 3D.	$ 163.464.449	$ 1.710.800	$ 161.753.649
Evaluación y el flujo petrofísico para yacimientos en roca generadora.	$ 227.691.945	$ 1.710.800	$ 225.981.145

Correlaciones litoestratigráficas que integren la información de pozos y secciones de campo trabajadas	$ 195.388.602	$ 1.710.800	$ 193.677.802
Integración de la información y el trabajo realizado en las diferentes actividades	$ 340.625.287	$ 1.710.800	$ 338.914.487
Mapas de corredores prospectivos	$ 261.024.220	$ 1.710.800	$ 259.313.420

APORTES DEL SGC

Los aportes del SGC serán en especie con la participación de profesionales calificados de la Dirección de Hidrocarburos-DH, cuyo cálculo asciende a la suma de QUINIENTOS SIETE MILLONES NOVENTA Y UN MIL QUINIENTOS OCHENTA PESOS MONEDA CORRIENTE (**$507.091.580**).

APORTES SGC

Productos	Total en Especie	2021	2022
Investigación con la Integración de información para la identificación de niveles prospectivos como yacimientos en roca generadora, Santoniano - Aptiano y sus variaciones geoquímicas en la cuenca del Valle Medio del Magdalena.	**$ 507.091.580**	**$ 2.130.357**	**$ 504.961.223**
Informe de análisis de información preliminar de la zona propuestas de cartografía y levantamientos estratigráficos	$ 33.862.320	$ 198.245	$ 33.664.075
Interpretación de imágenes remotas y la preparación de mapas y materiales para el trabajo de campo	$ 33.862.323	$ 198.241	$ 33.664.082
Estaciones para el control de cartografía geológica a escala 1:25.000.	$ 33.862.323	$ 198.241	$ 33.664.082
Levantamientos estratigráficos en campo	$ 33.862.323	$ 198.241	$ 33.664.082
Descripción y análisis de núcleos de pozo.	$ 33.862.323	$ 198.241	$ 33.664.082
Análisis de facies y determinación paleoambientales las sucesiones estratigráficas estudiadas.	$ 33.862.323	$ 198.241	$ 33.664.082
Información estratigráfica y sedimentológica a la base de datos numérica.	$ 33.862.323	$ 198.241	$ 33.664.082
Dos cortes estructurales balanceadas que incluyan secciones de las áreas de cartografía	$ 33.862.323	$ 198.241	$ 33.664.082
Interpretación sísmica y modelo de subsuelo.	$ 33.741.857	$ 77.775	$ 33.664.082
Actualización e integración de información en Bases de Datos y SIG	$ 33.741.857	$ 77.775	$ 33.664.082
Mapas estructurales de 3 intervalos prospectivos a partir de interpretación de sísmica 2D y 3D.	$ 33.741.857	$ 77.775	$ 33.664.082
Evaluación y el flujo petrofísico para yacimientos en roca generadora.	$ 33.741.857	$ 77.775	$ 33.664.082

Correlaciones litoestratigráficas que integren la información de pozos y secciones de campo trabajadas	$ 33.741.857	$ 77.775	$ 33.664.082
Integración de la información y el trabajo realizado en las diferentes actividades	$ 33.741.857	$ 77.775	$ 33.664.082
Mapas de corredores prospectivos	$ 33.741.857	$ 77.775	$ 33.664.082

3. ACTIVIDAD: Unificación de la Información Geológica en un sistema integral basado en la cartografía Petro-Termocronología y Geología de Subsuelo en la Subcuenca Caguán.

3.1. OBJETO DEL CONVENIO

Aunar esfuerzos técnicos, humanos, administrativos, financieros y logísticos para la unificación de la información geológica en un sistema integrado basado en la cartografía, Petro-termocronologia y geología de subsuelo en la subcuenca Caguan.

3.2. IDENTIFICACIÓN DEL CONTRATO A CELEBRAR

Suscripción de un convenio interadministrativo específico entre la Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH y el Servicio Geológico Colombiano SGC.

3.3. OBJETIVO GENERAL

Reconstruir la historia termal de exhumación del macizo de Garzón y la evolución de la cuenca Caguán-Putumayo, mediante la integración de información de superficie, subsuelo, inversión geoquímica y análisis de proveniencia cuantitativos a partir de petrocronología de los minerales, accesorios e integrándolo en una cartografía 1:50.000

3.3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

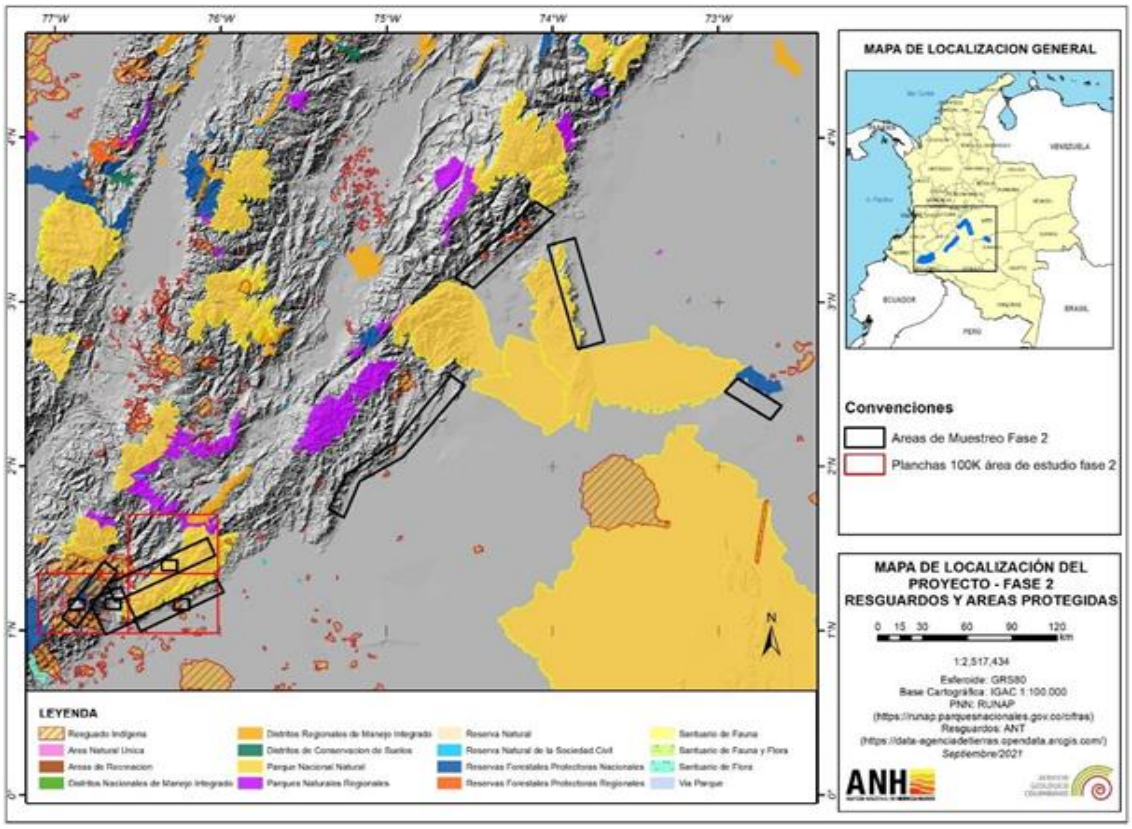
- Cuantificar tasas de exhumación recientes de los macizos de basamento, su historia termal, y su relación con la evolución de cuencas sedimentarias sin-tectónicas integrando geocronología de roca fuente y detrítica (U-Pb, Re-Os, Rb-Sr), así como termocronología de baja temperatura (ZFT, AFT y U-Th/He).
- Realizar la cartografía geológica a escala 1:50000 del piedemonte oriental de la cordillera oriental en las Planchas 412, 430 y 431, discriminando las formaciones y miembros del cretácico y paleógeno en contraste con un basamento Proterozoico-Jurásico de características vulcanoclásticas e ígneo-metamórficas.

- Reconstruir trayectos de dispersión **"source-to-sink"** en sedimentos modernos y antiguos mediante la realización de análisis de **proveniencia cuantitativos**, en múltiples fases minerales.
- Definir el estilo estructural del sector sur del piedemonte oriental de la cordillera oriental, mediante métodos gráficos y estadísticos, integrando información de superficie y subsuelo
- Describir la distribución espacial de las unidades y de los sistemas petrolíferos de la cuenca usando modelos geoquímicos 1D, 2D, y 3D dentro de un modelo estructural regional propuesto por los intérpretes sísmicos.
- Caracterizar e identificar sedimentológica, petrofísica y geoquímicamente, las unidades representadas en la columna estratigráfica generalizada de subsuelo para el área de estudio usando inversión geoquímica.
- Definir las características geocronológicas y geoquímicas de las asociaciones minerales de macizos de basamento mediante petrocronología, caracterización elemental (SEM-EDS) y elementos traza en múltiples fases minerales

3.4. LUGAR DE EJECUCIÓN Y GENERALIDADES

El área de estudio se localiza en el sur del territorio colombiano y comprende el Macizo de Garzón y la adyacente Cuenca Caguán-Putumayo. Para el trabajo de campo, Mocoa, capital del Departamento de Putumayo y Florencia capital del departamento del Caquetá, serán los centros de comunicación con el territorio con acceso por vía aérea y terrestre.

Como centro de operaciones se encuentran los laboratorios de la Dirección de Asuntos Nucleares del Servicio Geológico Colombiano y las oficinas piso 13-Torre 1 Edificio Elemento localizados en la *Ciudad de Bogotá, Colombia.*



Polígono del área de estudio que abarca el Piedemonte oriental de la cordillera Oriental incluyendo el Macizo de Garzón, la Serranía de la Macarena, la Serranía la Lindosa Se enmarca también el área de las planchas 412, 430 y 431 (rojo) las cuales serán objeto principal del presente estudio. Se incluyen además zonas de reserva y parques naturales así como resguardos indígenas, estas áreas se encuentran excluidas de las actividades del proyecto y no se llevaran en ellas actividades de cartografía ni muestreo.

- **Complejidad Geológica y Especificaciones técnicas generales del proyecto**

La adquisición de información geocientífica en cuencas frontera es fundamental para la exploración de nuevos yacimientos en el país, que garanticen su sostenibilidad energética a mediano plazo. En la fase 2 de este proyecto se busca continuar el estudio de la cuenca Caguán-Putumayo mediante una aproximación multidisciplinaria que involucra análisis de superficie, subsuelo y su integración con geoquímica elemental e isotópica aplicada a los sedimentos y sus fuentes de aporte.

La cuenca Caguán-Putumayo se encuentra restricta a levantamientos del basamento cristalino pertenecientes al Cratón Amazónico que de oriente a occidente se denominan alto del Vaupés, alto de la Macarena y alto del Caquetá, este último es la continuación en subsuelo del Macizo de Garzón (Trumpy, 1943, Pachon-Parra et al., 2021, Priem, 1982), y que a su vez comparten una evolución tectonometamórfica común a la orogenia Putumayense (Ibañez, 2020). El alto del Vaupés (Pinson, 1962) se constituye por rocas en facies anfibolita del Complejo Guaviare ca. 1.3 Ga intruídas por sienitas nefelínicas ca. 0.6 Ga (Arango-Mejía et al., 2012, Franco et al., 2018; Muñoz-Rocha et al., 2019; Amaya-López et al., 2020, 2021). El alto de la Macarena se asemeja en composición con rocas ígneo - metamórficas que emergen en la Serranía de la Macarena ca. 1.4 Ga (Trumpy, 1943; Ibañez et al., 2020). Finalmente, el alto del Caquetá se presenta en el frente de deformación Andino con rocas de facies granulita del Complejo Garzón ca. 1.0 Ga. intruídas por plutones intermedios –ácidos durante el Jurásico ca. 180 Ma (Radelli, 1963; García & Farias, 2019; Rodrigüez et al., 2020).

Estos altos de basamento presentan una orientación preferencial N-S posiblemente heredada de la tafrogénesis del Paleozoico temprano (Cediel, 2018) quizás asociada también al proceso extensional que condujo la apertura del océano Iapetus (Weber et al., 2018) concurrente al emplazamiento de complejos alcalinos en el noroccidente de Gondwana durante el periodo Ediacárico (Franco et al., 2018).

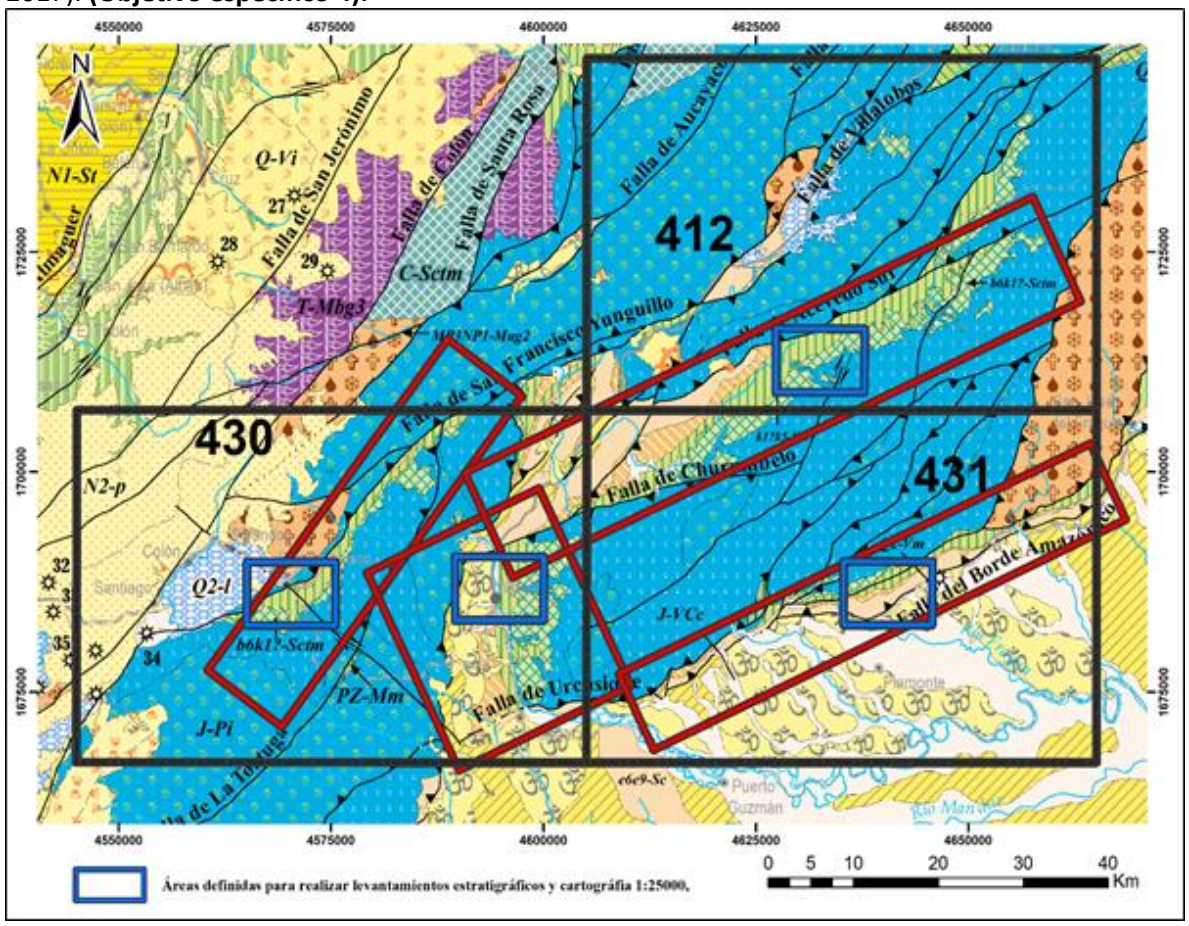
La edad del relleno sedimentario de la cuenca Cagüán-Putumayo oscila entre el Paleozoico y el Mioceno, pero evidentemente la compartimentalización de la cuenca estuvo controlada por el alto del Caquetá al menos desde el Paleozoico, ya que mientras en el sector Cagüán y hacia la Serranía de la Macarena se halla un Paleozoico sedimentario (Trumpy, 1943, Bridger, 1981, Toro-Toro et al., 2014) hacia el sector Putumayo la sucesión inicia con depósitos volcanoclásticos Jurásicos los cuales están discordantemente cubiertos por una sucesión sedimentaria marina de edad Aptiano-Paleoceno, seguida por depósitos continentales conglomeráticos del Eoceno (Mora et al., 1998).

Otras evidencias del alto del Caquetá como una barrera paleogeográfica persisten durante el Cretácico pues las facies marinas hemipelágicas del Turoniano desaparecen al oriente de esta estructura (Pachon-Parra et al., 2021; Mora, 1998) y son reemplazadas por sedimentos marinos predominantemente clásticos del grupo Palmichal que afloran en la Serranía de la Macarena (Bayona, 2018). Aunque estas evidencias sedimentológicas estratigráficas indican múltiples periodos de actividad tectónica, las edades termocronológicas registradas muestran exclusivamente un pulso de exhumación durante el Mioceno (Pérez-Consuegra et al., 2021). Esta disparidad se relaciona con la limitante de las técnicas de baja temperatura utilizadas en restaurar la historia termal de rocas precámbricas provenientes de la corteza inferior.

Se pretende a través de esta propuesta esclarecer la **historia termal (Objetivo específico 1)** de la cuenca Caguán-Putumayo mediante la integración de diversas técnicas petrocronológicas, termocronológicas e isotópicas, y determinar la proveniencia de los sedimentos que constituyen el relleno de la misma mediante un estudio de tipo source-to sink (S2S) permitiendo reconstruir **sistemas de transferencia de sedimentos (Objetivo específico 3**, y su correlación en subsuelo

mediante la aplicación del concepto de facies minerales como base fundamental para la prospección de trampas estratigráficas. Las variaciones mineralógicas presentes en la señal detrítica, podrían indicar periodos de erosión/exhumación, que probablemente fueron borrados en el último evento termal de exhumación durante el Mioceno (Van der Wiel, 1991; Pérez-Consuegra et al., 2021) impidiendo realizar reconstrucciones paleogeográficas más precisas para intervalos de interés p. ej: para el Cretácico- Cenozoico.

El acuñamiento de las unidades Cretácicas hacia los altos de basamento y la existencia de discordancias erosivas entre rocas del Aptiano y el basamento Proterozoico, demuestran la posible existencia de diferentes periodos de construcción de relieve, los cuales pueden ser dilucidados a partir del registro detrítico Cretácico, y a su vez estos eventos podrían indicar la posibilidad de formación de trampas estratigráficas previo al evento de generación del Mioceno (Saeid et al., 2017). **(Objetivo específico 4).**



Localización del área de cartografía escala 1:50000 y secciones propuestas, las áreas podrán ser modificadas según en el transcurso del proyecto se encuentren las mejores localidades para hacer los levantamientos estratigráficos.

Finalmente, aunque las edades termocronológicas reportadas indican una exhumación generalizada del Macizo de Garzón durante el Mioceno ca. 15 Ma posiblemente contemporánea a la formación de trampas estructurales, estos datos son escasos y tampoco tienen un control estructural o distribución espacial que permita realizar un modelamiento termal de la cuenca (Objetivo específico 7), por lo cual nuestros nuevos resultados tendrían un impacto significativo en los modelos de migración actuales que consideran que los crudos hallados en la Cuenca Caguán-Putumayo provienen del VSM (Saeid et al., 2017).

La investigación se enfocará principalmente en el piedemonte de la Cordillera Oriental entre los municipios de Mocoa y Belén de los Andaquíes donde se encuentran expuestas rocas marinas del Cretácico, para ello es necesario **realizar la actualización de la cartografía geológica de 2 planchas (412-430) a escala 1:50.000 (Objetivo específico 2)** integrando nueva información de superficie con información de subsuelo en un contexto estratigráfico y estructural mediante el levantamiento de columnas estratigráficas y secciones estructurales, cuyos constreñimientos temporales y ambientales se derivarán de la información geocronológica e isotópica, se pretende con esta información llevar a cabo una restauración cinemática del frente de deformación del piedemonte llanero. Adicionalmente se realizarán muestreos y análisis geocronológicos geoquímicos e isotópicos en otros sectores de la cuenca (La Uribe, Macarena E, San Vicente del Cagüán, La Lindosa) donde afloran rocas de edad Paleozoica Cretácica y Cenozoica, estas últimas en varias localidades impregnadas de hidrocarburos, lo cual permitirá comprender mejor los sistemas de transferencia de sedimentos en distintas épocas y plantear una correlación a nivel de cuenca, particularmente de estos niveles impregnados de hidrocarburos.

Información General

Estudios combinados en petrología, geocronología U-Pb y termocronología de baja temperatura, en rocas sedimentarias y de basamento, han permitido revolucionar por completo el entendimiento de múltiples procesos a nivel cortical, pues han permitido cuantificar de manera precisa las escalas de tiempo en las que ocurre la construcción de cadenas montañosas, magmatismo, metamorfismo, eventos de mineralización y evolución de cuencas sedimentarias, procesos muchas veces diacrónicos (Murphy and Nance, 2013; Nance et al., 2014; Liu et al., 2019) cuyas múltiples interacciones son un emergente campo de estudio en diferentes regiones del planeta debido a sus implicaciones en la evolución de la corteza terrestre y en la exploración de recursos minerales y energéticos (Carter and Bristow, 2003; Liu et al., 2019; Ault et al., 2019; Bernet et al., 2019).

El registro sedimentario preserva información detallada acerca de las regiones fuente del material detrítico, y en muchos casos la evolución de cuencas sedimentarias puede ser una respuesta termal tardía de procesos de exhumación de altos de basamento (Jiao et al., 2014; Mora et al., 2019; Buford Parks and McQuarrie, 2019).

En la actualidad, los macizos de basamento reciben una renovada atención por parte de la industria petrolera debido a recientes descubrimientos, (Peacock and Banks, 2020, y sus referencias), ya que los altos de basamento son fuente de los sedimentos, influencian los trayectos de sedimentación y migración de hidrocarburos, y forman trampas de fluidos, así mismo actúan como puntos de

nucleación para construcción de plataformas carbonatadas (*i.e alto el cicuco, alto el difícil*, Montes et al., 2010; Trice, 2014; Mora-Bohórquez et al., 2017). En consecuencia, los altos de basamento pueden influenciar de manera sustancial el sistema petrolífero (Saeid et al., 2017; Banks et al., 2019).

Los altos de basamento frecuentemente se encuentran cubiertos por unidades sedimentarias más jóvenes, a menudo con secuencias deposicionales condensadas, y en general limitados al menos por un sistema de fallas, presentan evidencias de levantamiento o menor subsidencia respecto a las cuencas que los circundan, por lo que se hallan frecuentemente en cercanías o adyacentes a las cuencas sedimentarias (Mora et al., 2009; Peacock and Banks, 2020).

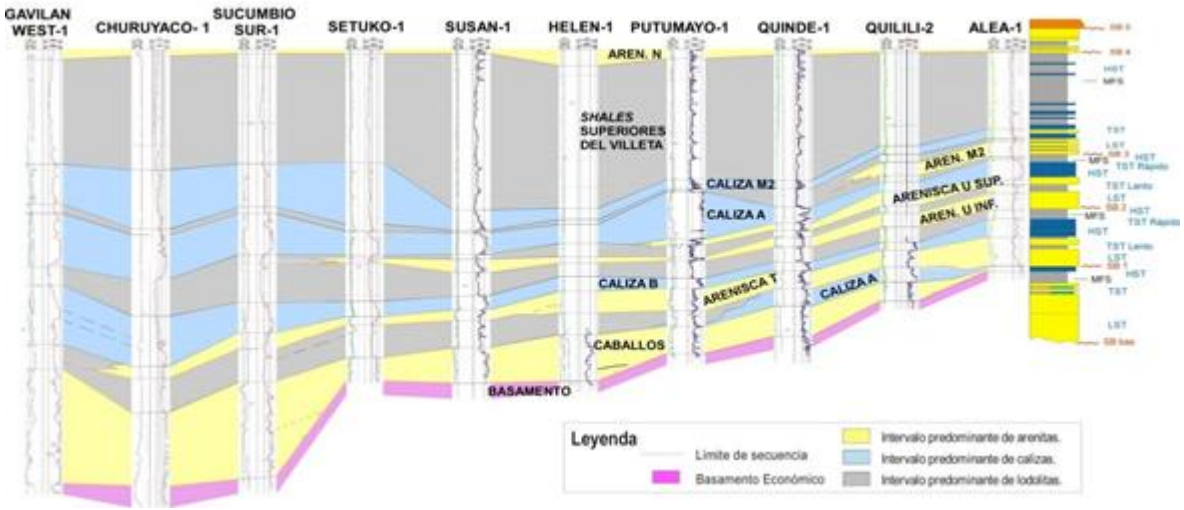
En la actualidad, estudios de proveniencia de las cuencas de Colombia aunque limitados, han conducido a resolver historias del levantamiento Andino, y se han desarrollado principalmente utilizando geocronología en circones (Horton et al., 2010a, y sus referencias). En la exploración de yacimientos en cuencas frontera es crucial establecer la calidad, temporalidad y distribución espacial de los reservorios, para este fin los estudios de tipo ***"source to sink"*** resultan ser una de las principales metodologías para establecer la sincronía entre procesos de meteorización, diagénesis y exhumación en cuencas sedimentarias, que pueden ser cuantificados mediante la datación de diferentes minerales accesorios con un contenido de isótopos radiogénicos aplicando diversas técnicas analíticas (Sircombe and Stern, 2002; Horton et al., 2010b; Gehrels, 2014; Malusà et al., 2016; Chew et al., 2020).

En la actualidad, la información petrocronológica existente del basamento de los Andes Colombianos, especialmente en el área de estudio es muy limitada, por esta razón los modelos de sistemas de transferencia de sedimentos "***source-to-sink***" presentan un sesgo inherente, por lo que se requiere el diseño de una aproximación metodológica y estadística multidimensional, que permita integrar información de superficie y subsuelo, con el propósito de cuantificar la participación de la roca fuente al registro detrítico mediante la estimación de las temperaturas de cierre de diferentes sistemas minerales Vs. el tiempo de residencia "***Lag time***" (Allen, 2017; Caracciolo, 2020). De esta manera es posible establecer sistemas de transferencia de sedimentos en diferentes épocas bajo un control estructural y sedimentológico, aspectos que son relevantes al considerar el potencial en hidrocarburos de una cuenca sedimentaria (Smyth et al., 2014b).

Aunque el enfoque planteado se centra en las características de las unidades clásticas, en esta segunda fase se propone además evaluar mediante métodos isotópicos y geocronológicos las características de otros elementos fundamentales del sistema petrolífero como la roca generadora utilizando geocronología Re-Os en materiales ricos en contenido orgánico (incluyendo, black shales y crudos), proporcionando un método novedoso para determinar el tiempo de depositación de rocas fuentes de hidrocarburos (Ravizza and Turekian, 1989; Creaser et al., 2002; Selby and Creaser, 2003) así como eventos de generación y migración de crudos en un sistema petrolífero (Selby and Creaser 2005, Selby et al., 2007; Finlay et al., 2010; Finlay et al., 2011).

Las edades Re-Os en rocas e hidrocarburos se determinan a través del método de la isócrona (Ravizza and Turekian, 1989; Creaser et al., 2002), el cual requiere que los materiales (rocas o crudos) estén separados espacialmente para garantizar una adecuada distribución isotópica. Este tipo de estudio

será clave para determinar la edad deposicional y el lag time entre depositación y generación de las rocas del Grupo villeta.



Correlación estratigráfica de pozos en el área de estudio (Putumayo) que muestra la sucesión cretácica de las formaciones Caballos y Villeta en las cuales se alternan niveles areníticos y niveles de shales los cuales podrán ser estudiados mediante análisis isotópicos y de proveniencia(fuente autores)

Si bien los estudios de proveniencia son claves para entender la calidad y distribución de los reservorios, es también fundamental estudiar mediante estas técnicas analíticas otros elementos del sistema petrolífero, lo cual brinda controles temporales además de suministrar información clave respecto a la temperatura, el tiempo de migración y acumulación de hidrocarburos.

3.5. MÉTODOS

Los métodos y materiales propuestos para la realización de los productos de esta propuesta tienen el más alto rigor técnico y científico propio del Servicio Geológico Colombiano (SGC), y que precisa el país para la adecuada caracterización de las sucesiones y los posibles yacimientos.

A continuación, se presenta una descripción resumida de los métodos con los cuales se llevará a cabo el proyecto.

a. Cartografía geológica a escala 1:50000 (Objetivo específico 2)

Como actividad pre-campo se realiza una interpretación de sensores remotos y se trazan en fotografías aéreas e imágenes de satélite los posibles contactos y estructuras a partir de la interpretación de las texturas y geoformas de las áreas en las fotografías. También se hacen coberturas de archivos vectoriales .SHP los cuales serán integrados a información preexistente y

disponible en las bases de datos del Servicio Geológico colombiano (SGC). Luego se realizan transectas en quebradas y caminos tomando datos en estaciones de campo. En las estaciones se lleva un orden de anotación de los datos, muestras y descripciones. Además, cada estación tendrá un registro fotográfico, de acuerdo con los estándares de calidad de cartografía del SGC. Se colectarán muestras con múltiples propósitos analíticos incluyendo, petrografía y geoquímica, petrocronología e isotopía, termocronología, análisis bioestratigráficos incluyendo micro y macrofósiles en las diferentes unidades de la zona de estudio, particularmente niveles fosilíferos del grupo Villeta.

b. Bases de Datos y SIG: (Aplica para todos y cada uno de los objetivos específicos)

Se diseñará una GeoDatabase que integre la información de superficie y subsuelo de una manera estandarizada siguiendo los estándares de cartografía del Servicio Geológico Colombiano (SGC), y que permita analizar los distintos productos propios del proyecto estableciendo que las temáticas y los objetos espaciales estén estandarizados y completos, para que en un futuro se faciliten las consultas del proyecto a través del libro índice. Para avanzar en las actividades de revisión, verificación y recopilación de la información es necesario el alquiler de licencias de *software* especializados en manejo de datos geofísicos del subsuelo, donde se puedan visualizar los datos de pozos y de la sísmica, y así lograr seleccionar la información clave para el proyecto.

Al recolectar, verificar y revisar metódicamente esta información con un buen control de calidad y que garantice buena certidumbre de los datos, se podrá evitar desgaste en manejo de datos y volúmenes de información y continuar eficientemente, con las siguientes fases necesarias del proyecto: Interpretación, integración y análisis.

c. Levantamientos estratigráficos en campo

Las secciones estratigráficas se realizarán a escala 1:100 previo levantamiento de poligonales para ubicar correctamente y calcular los espesores de los intervalos cubiertos y aflorantes. Además, se realizará bastoneo con bastón de Jacob de 1,5m, herramienta que es de gran ayuda en la realización precisa del dibujo a escala y la nominación correcta de las muestras para la ubicación de las capas que corresponde en la columna estratigráfica. Sistemáticamente se realiza un registro fotográfico de las secciones estudiadas que se encuentra también dentro de los anexos.

d. Análisis Paleoambiental

El análisis paleoambiental está basado en la interpretación de asociaciones de facies identificadas con base en la litología, estructuras sedimentarias, límites y geometría de las capas, contenido fósil y de minerales autigénicos, y la identificación de trazas fósiles y estimación del grado de bioturbación. La estimación del grado de bioturbación se basa en un esquema de 7 categorías según Reineck (1973), definido en términos de densidad y superposición de trazas, así como la preservación de estructuras sedimentarias primarias de trazas (Taylor y Goldring, 1993). A partir de la definición de facies se estudian los procesos sedimentarios que pueden dar lugar a cada tipo de

facies y luego se estudiarán las asociaciones de facies que representan subambientes de un sistema deposicional.

e. Interpretación del subsuelo

Datos geofísicos, geológicos y petrofísicos del Banco de Información Petrolera (BIP) del Servicio Geológico Colombiano (SGC) serán compilados junto con información de cartografías de planchas 1:100.000 del SGC y las cartografías 1:25000 realizadas durante las etapas de campo en un proyecto de interpretación. Se hace un control de calidad de las líneas y programas sísmicos para realizar la carga. Se cargarán las líneas sísmicas a ser interpretadas y los pozos para realizar el amarre sísmico en profundidad. Dicha interpretación se realiza de unidades estratigráficas luego de calibrar los pozos escogiendo los horizontes y reflectores que correspondan con los topes de las unidades litoestratigráficas. El modelo del subsuelo se realizará en un *software* especializado alquilado y licenciado para el Servicio Geológico Colombiano (SGC).

El amarre de los pozos se realiza vs información de velocidad. Para los pozos que no contaban con esta información se usa un criterio de asignación con los pozos vecinos que hayan perforado la misma secuencia estratigráfica y estuvieran dentro del mismo régimen estructural. Adicionalmente, se generarán sismogramas sintéticos a partir de los registros sónicos disponibles. Utilizando estos sismogramas sintéticos generados se realiza la calibración con la que se identificaron los topes de las unidades de interés; tope unidades Orteguaza, Rumiyaco, Pepino, Arenisca N, Villeta, Caballos y las unidades que se logren discriminar dentro de la Formación Villeta y dos (2) horizontes principales como son la discordancia asociada al Eoceno y la base de la mega-secuencia Cretácica.

f. Análisis petrográficos

El objetivo del análisis petrográfico es caracterizar textural y composicionalmente las rocas que conforman las unidades y los intervalos con potencial de generación de hidrocarburos. Dicha caracterización se realiza a partir de observación de las secciones delgadas, conteo de 300 puntos y teniendo en cuenta los diagramas de clasificación de rocas calcáreas de Folk (1962) y Dunham (1962), y el de Mount (1985) para rocas mixtas. A partir del conteo se establece el contenido aproximado de materia orgánica, su disposición dentro de la roca, de acuerdo con el origen y tipo de porosidad en la que esta se almacena, los procesos diagenéticos y su relación con la acumulación y migración de la misma. Se emplean las propuestas de Choquette y Pray (1970) para clasificación de porosidad de fábrica y secundaria selectiva o no. Adicionalmente, se definen microfacies cuyo análisis permite identificar procesos sedimentarios y aporta herramientas para la interpretación paleoambiental de las sucesiones objeto de estudio. Este análisis se basa en la propuesta de Flügel (2010) la cual emplea los siguientes parámetros: tipos de granos (aloquímicos o no) su abundancia y asociaciones, tipo de matriz y su contenido, fábrica del depósito, contenido fósil y tipo de textura deposicional. Además, se utilizarán los formatos de descripción de secciones delgadas con los estándares de calidad del Servicio Geológico Colombiano (SGC). Dichos formatos tienen todas las descripciones y conteos. Existen formatos diferentes según el tipo de roca: ígneas, metamórficas, volcánicas, arenitas o calcáreas.

g. Micropaleontología

Se realizará un análisis petrográfico enfocado en identificar especímenes con valor bioestratigráfico y con esto seleccionar los intervalos de interés, de los cuales se tomarán muestras de 150 gramos para ser procesadas y analizadas.

Para la preparación de las muestras se requiere triturar con mortero hasta que las partículas tengan entre 3 y 4 mm, y de acuerdo con el material constituyente de la roca se realiza un ataque con Peróxido de Hidrógeno, Nitrógeno líquido, ácido acético o varsol y agua calentándola en repetidas ocasiones hasta que los fragmentos sean menores de 63 micras. El objetivo es obtener mínimo 300 ejemplares por muestra, los cuales luego son observados y clasificados con lupa binocular.

Posteriormente, se identifican y clasifican los especímenes y se realiza la biozonación y definición de rangos de edad, además de inferencias paleoecológicas y paleoambientales.

h. Análisis de Difracción de Rayos X

Para la caracterización mineralógica de los intervalos estratigráficos se realizan análisis de difracción de rayos X. Sistemáticamente se realizarán análisis BULK para la caracterización de la composición mineralógica sin discriminación de las arcillas. En algunas muestras se realiza el método con discriminación de arcillas para conocer los tipos de arcillas que se encuentran en algunos niveles estratigráficos o algunas capas con materiales para caracterizar por su importancia, como las capas verdes con minerales del grupo de la glauconita o capas arcillosas asociadas a caída de material volcánico.

Los especímenes seleccionados de las muestras BULK son molturados, homogenizados en un mortero de ágata. Posteriormente, son montados en porta muestras de polimetilmetacrilato (PMMA) mediante la técnica de llenado frontal y luego se registra el patrón de polvo (BULK).

Para llevar a cabo el análisis de la fracción de arcilla, las muestras se desagregan en 1L de agua, se adiciona 150 mg de pirofosfato de sodio y se agita por 30 minutos. Luego se controla la posible presencia de carbonatos y en caso de que exista se trata con HCL, posteriormente hasta llegar a pH que debe estar entre 5 -6. Si no hay carbonatos o una vez tratada la muestra se deposita agitada en suspensión y se deja sedimentar aproximadamente durante 90 minutos. Un porcentaje de la muestra sobrenadante se pone en un portaobjetos y se seca a 40°C (**muestra orientada normal**). Otra fracción de la muestra se seca igual y se le adiciona etilenglicol (**muestra glicolada**). Una tercera fracción es montada en un porta-objetos de vidrio, se seca y se calcina a 550°C durante 1 hora (**muestra calcinada**). Estos tres tipos de muestras se montan en PMMA y se registra el patrón de polvo. Para la toma de datos con el difractómetro se usa un rango de registro de 2o (2θ) a 70 o (2θ) según contenido orgánico de la muestra.

Finalmente, los datos serán graficados al lado de la descripción de la columna en un formato de barras según los resultados mineralógicos porcentuales.

i. Geoquímica orgánica

Para la caracterización de la cantidad y calidad de la materia orgánica de los intervalos estratigráficos estudiados se realizan análisis de TOC y Pirólisis Rock Eval de muestras en las unidades litoestratigráficas con mayor prospectividad como yacimientos en roca generadora. En el laboratorio se realiza la trituración primaria de las muestras para llevarlas a un tamaño de partícula de 1cm aproximadamente. Se realiza la trituración secundaria y tamizaje de la muestra, luego se macera la muestra para llevarla a tamaño polvo. Se lleva a cabo el procedimiento analítico según la prueba o ensayo requerido: carbono orgánico total (TOC), Pirolisis Rock Eval y Reflectancia de vitrinita (Ro).

Para la cuantificación en porcentaje del Carbono orgánico total (TOC) se utiliza un equipo analizador de carbono y azufre tipo LECO; para la realización de la pirólisis se utiliza un analizador de muestras de roca y suelo *Rock Eval*, este método analítico es un procedimiento donde la muestra es calentada en un horno en atmosfera inerte a una tasa rápida de calentamiento hasta alcanzar más de 500°C. Los productos que se obtienen a diferentes temperaturas van siendo medidos y así se obtienen unos picos cuyas relaciones nos sirven para interpretar tipos de materia orgánica, grado de evolución térmica, y potencial generador de petróleo. Para la cuantificación de la reflectancia de la vitrinita se ataca la muestra con HCl y/o HF para remover la materia orgánica se realizan los montajes y se observan en un microscopio de luz reflejada. Se realizan varias observaciones para tener varios datos y tener una población con valor estadístico.

Los resultados geoquímicos finalmente se cargan en softwares especializados de modelamiento geoquímico de cuenca junto con la interpretación de los horizontes en el subsuelo para realizar cálculos y modelamiento termal 1D en diferentes pozos o columnas de campo.

j. Isotopos estables de carbono y oxígeno

Las mayores acumulaciones de materia orgánica ocurren cuando la transición sedimento-agua es anóxica (0 ml/L O_2) o euxínica (0 ml/L O_2 y H_2S libre en la columna de agua). En el Cretácico, estos episodios de anoxía y euxínia están asociadas a cambios globales en el balance de dos isótopos de carbono (^{12}C y ^{13}C). Este desbalance es debido a que la materia orgánica enterrada está enriquecida en ^{12}C, mientras que el CO_2 disponible para formar carbono inorgánico y adicional carbono orgánico son enriquecidos en ^{13}C a través del tiempo. Estos cambios se expresan en la secuencia sedimentaria tanto en los substratos orgánicos (materia orgánica) como inorgánicos (carbonato) a manera de anomalías isotópicas positivas de carbono (APC). Estas APC son útiles para correlacionar secuencias de shales y calizas ricas en materia orgánica a escalas regionales y globales, permitiendo una calibración temporal de primer orden a las secciones de la cuenca Cagüán-Putumayo.

Las muestras para este tipo de análisis deben ser trituradas hasta un tamaño de partícula de 75µm en un molino planetario o de bolas o por medio de un mortero de ágata y tamizadas por malla 200. Para la eliminación de interferencias inorgánicas presentes (carbonatos) se realiza digestión ácida con HCl al 50% durante cuatro (4) horas en agitación constante. Posteriormente se deben realizar

lavados con agua desionizada tipo MilliQ hasta llegar a pH neutro, las muestras deben ser secadas a 60ºC o a temperatura ambiente hasta peso constante. Para las determinaciones isotópicas se deben tomar 0,2mg de la muestra seca y debe ser pesada en cápsulas de estaño (por triplicado), las cuales son introducidas en un analizador elemental donde sufren combustión a 1020ºC. El CO_2 resultante del proceso de combustión es analizado para su relación isotópica $^{12}C/^{13}C$ y reportada como $\sigma\ ^{13}C_{org}$ el cual es determinado con respecto a un material de referencia. Para las muestras de isótopos de carbono y oxígeno en carbonatos las muestras son introducidas en viales de borosilicato en presencia de H_3PO_4 para su posterior conversión a CO_2. El CO_2 resultante es analizado simultáneamente para su relación isotópica $^{12}C/^{13}C$ y $^{18}O/^{16}O$ y normalizados con materiales de referencia para ser reportados como $\sigma\ ^{13}C_{carb}$ y $\sigma^{18}O_{carb}$ (ver Coplen et al., 1983 para más detalles). En el caso de las medidas de isótopos de C en materia orgánica aún si las rocas están sobremaduras el registro isotópico (no así sus valores absolutos) se preservan. En el caso de los isótopos de C en carbonatos, procesos secundarios tales como la diagénesis en un sistema abierto hacen que estos sistemas y parte de su señal hayan sido obliterados por la acción de aguas meteóricas o diagénesis en el fondo marino. Por esta razón las muestras deben ser seleccionadas cuidadosamente y asistidas por petrografía sedimentaria para seleccionar las muestras con menor alteración diagenética.

k. Química mineral – EPMA

Para el desarrollo de estudios de petrología ígnea y metamórfica, el método usualmente utilizado para el análisis químico puntual rutinario en minerales es la microsonda electrónica. Inicialmente, se debe desarrollar un meticuloso análisis petrográfico en secciones delgadas pulidas o en montajes de roca sobre resina epóxica, es crucial tener una superficie de roca perfectamente pulida, ya que cualquier cambio en la geometría puede afectar los resultados de análisis, finalmente, se escoge la paragénesis mineral ideal, que muestra las condiciones de equilibrio que alcanzó la roca en su formación.

La microsonda electrónica, incluye unidades analizadoras, los espectrómetros dispersivos de longitud de onda (WDS, wavelength-dispersive spectrometer), y está especialmente diseñada para el análisis de química mineral cuantitativa.

Su principio fundamental, es bombardear un espécimen con un fino haz de electrones, con el fin de medir la longitud de onda e intensidad de los Rayos-X característicos emitidos, así como las intensidades de los electrones secundarios y electrones retrodispersados. Los Rayos-X característicos, generados en el espécimen, son detectados por los (WDS), que separan los Rayos X característicos por su longitud de onda, por medio de cristales analizadores para estas radiaciones, con base en la ley de Bragg, comparando y cuantificando estas intensidades de las líneas elementales características con aquellas emitidas por los estándares o materiales de referencia, que suelen ser elementos puros o minerales de composición ampliamente conocida, las diferencias en la longitud de onda, permiten conocer el tipo de elementos presentes, además, la intensidad de cada radiación se compara con la de los estándares para obtener la concentración.
El proyecto pretende realizar análisis de microsonda en secciones delgadas pulidas, recolectadas en la zona de estudio, con el fin de: obtener análisis químico cuantitativo de volúmenes muy pequeños

(del orden de 1 µm), sobre diferentes paragénesis minerales, lo que posibilita el análisis puntual sistemático de granos heterogéneos (zonados, exsoluciones). Los elementos que podemos analizar con este proceso son los de número atómico mayor que 4 (berilio hasta el uranio). Con base en los datos obtenidos de los minerales seleccionados, se obtienen fórmulas estructurales, calculadas a partir del porcentaje de óxido con base al número de oxígenos para cada mineral. Igualmente, se puede realizar la determinación de algunos elementos trazas, con un límite de detección entre 10 y 100 ppm, bajo condiciones de análisis extraordinarias. Además, la microsonda electrónica también permite realizar mapas de distribución de uno o varios elementos en un grano, este análisis ayuda a localizar elementos químicos de interés económico, o bien poner de manifiesto qué tipos de substituciones se dan en la estructura del cristal. Con los mapas de Rayos X WDS y EDS se determinan los tipos de zonación o enriquecimiento de algunos elementos en el mineral y es parte fundamental en el análisis de condiciones termodinámicas. Se puede cuantificar el comportamiento de algunos elementos en el contacto entre dos granos de minerales diferentes pero que tienen algunos elementos en común, la repartición de los elementos entre estos dos minerales suele suceder en función de las condiciones del medio en que cristalizan, de manera que los análisis de microsonda nos dan información sobre la petrogénesis de la roca.

Para la estimación correcta de P-T (Presión – Temperatura), se requiere equilibrio entre los minerales coexistentes. Para determinar una verdadera paragénesis mineral, ciertos criterios propuestos por Vernon (1977) deben aplicarse. Estos incluyen:

- Contactos de granos comunes entre minerales.
- Falta de evidencia de que un mineral reemplace a otro, de grano más fino.
- Agregados estables con límites definidos.
- La coincidencia entre P-T, de las estimaciones basadas en dos o más geotermobarómetros independientes.

Hay que tener en cuenta que estos termómetros se basan en intercambios estructurales y químicos que No son del todo aparentes. Estos termómetros solo pueden dar estimaciones aproximadas de temperatura, que dependen de las tasas de transformación mineral y son sensibles a los cambios de las condiciones termodinámicas, cantidad y composición de fluidos, etc.

I. Análisis de Núcleos

Serán seleccionados núcleos de perforación adquiridos durante la perforación de pozos estratigráficos y exploratorios que se encuentran en la Litoteca Nacional. Los núcleos escogidos para descripción y muestreo tendrán en cuenta el estado de confidencialidad, la cantidad y el estado de preservación de roca recuperada dentro de zonas de interés. En general se describirán y muestrearán 600ft de núcleos en total de rocas con características definidas de interés para su análisis dentro del proyecto. La descripción se realizará a escala 1:25 y se registrarán los mismos aspectos mencionados en las descripciones de afloramiento y se usarán igualmente formatos de descripción con los estándares establecidos por el SGC. Los estudios y trabajos realizados serán

entregados para su colección a la litoteca nacional una vez finalizado el proyecto. Además, de la descripción de los núcleos, se tomarán muestras para ser analizadas por petrografía, bioestratigrafía, difracción de Rayos X y geoquímica.

m. Geocronología U-Pb+LASS

Se llevarán a cabo dataciones U-Pb y análisis geoquímico en minerales accesorios como el circón, apatito, titanita y minerales pesados como granate, anfíboles, piroxenos, Cr-Espinelas, y aluminosilicatos mediante el uso de la técnica de Datación U-Pb (LA-ICP-MS) y LASS (Laser Ablation Split Stream), utilizando un espectrómetro de masas de acoplamiento inductivo a plasma (Sector Magnético y Cuádruplo) unido a un sistema de ablación láser, en sesiones analíticas donde se utilizarán materiales de referencia primarios y secundarios, y posterior reducción de datos para la obtención de edades y composición geoquímica de elementos traza.

Los minerales serán obtenidos de la fracción 100-200 µm mediante los métodos convencionales de separación, como triturado, tamizaje, separación magnética mediante el Frantz Isodinamic, y separación gravimétrica por líquidos de alta densidad (Politungstato de Litio). Para la medición de relaciones U/Pb y geoquímica de elementos traza, los cristales individuales de circón, apatitos, titanita y otros minerales, se separarán a mano y serán montados en resina epóxica junto con materiales de referencia.

n. Termocronología de baja temperatura (Huellas de fisión AFT, ZFT)

Dentro de la termocronología, una de las técnicas más usadas es la técnica de Huellas de fisión. En esta técnica se analizan especialmente dos especies minerales, apatitos y circones; minerales que presentan ubicuidad en la mayoría de los tipos de roca y además son de fácil separación. Los granos de apatitos previamente separados se montan en resina epóxica, se pulen y se atacan químicamente por 20s a 21°C con HNO_3 al 5.5 M. En el método del detector externo, el montaje de granos se cubre con una capa de mica libre de Uranio junto con estándares de edad conocida (Durango y Fish Canyon Tuff) y vidrios dosimétricos (IRMM540R), estos posteriormente se llevan a irradiar en un reactor nuclear. De forma similar, las alícuotas de circones son montadas en una lámina de Teflón® (~50-120 granos), se pulen y reciben un ataque químico (10 a 100 horas a 228°C) en un fundido eutéctico de NaOH-KOH. Las muestras de circones se cubren con detectores de micas y posteriormente son irradiados en un reactor nuclear, junto con estándares de edad conocida (Fish Canyon Tuff) y vidrios dosimétricos (IRMM541). Después de la irradiación los detectores de mica se atacan químicamente a 20°C con HF concentrado al 48%.

El conteo de huellas de fisión se realiza usando un microscopio óptico Olympus BX51 con una platina automatizada Kinetec XY y software FTStage 4.04. Cabe resaltar que actualmente solo existen dos laboratorios en el país con la capacidad de realizar este proceso, incluyendo a las instalaciones del SGC. El proceso completo (exceptuando la irradiación) se realiza en las instalaciones del SGC.

En el método alternativo de análisis de huellas de fisión por LA-ICP-MS, el contenido de uranio es determinado utilizando un espectrómetro de masas de acoplamiento inductivo a plasma (Sector Magnético y Cuádruplo) unido a un sistema de ablación láser. El proceso es el mismo que el desarrollado en el método del detector externo hasta el ataque químico de apatitos y circones. Posteriormente, se realiza el conteo de huellas de fisión en un área determinada tanto en estándares como en muestras desconocidas, en esta misma área se ubicará el punto de ablación, y donde se cuantificará el contenido de U^{238}, para el posterior cálculo de la edad..

o. Termocronología de baja temperatura (U-Th/He)

Las dataciones (U-Th)/He se realizarán en apatitos y circones, para esto es fundamental seleccionar cristales sin ninguna imperfección, fractura o inclusión en su estructura. Para calcular los factores de corrección FT (Farley et al., 1996), se debe fotografiar cada grano seleccionado y medir los parámetros morfométricos en tres dimensiones (prisma, longitud y ancho de la pirámide). Los granos de circón se envuelven individualmente en tubos de Nb, mientras que múltiples alícuotas de granos (2–3 granos, para mejorar las señales ^{4}He-U-Th-Sm) de apatitos o circones se envuelven en tubos de Pt. Los paquetes de muestra se colocan luego en una "planchette" de acero inoxidable de 42 agujeros para la medición de ^{4}He. Los apatitos de Durango (31.02 ± 2.0 Ma; McDowell et al., 2005) se utilizan como estándares de apatitos, y el estándar de circón Fish Canyon Tuff (28.29 ± 0.26 Ma; Hourigan et al., 2005) para apatitos y circones. Las mediciones para ^{4}He se realizan bajo condiciones de alto vacío, con paquetes individuales calentados con un láser de diodo a 7A para muestras de apatitos y 9A para circones. Los paquetes de circones y apatitos desgasificados se recuperan de la "planchette" para su dilución y la posterior medición ICP-MS de U, Th y Sm de la solución. Las edades finales (U-Th)/He se calculan utilizando el software HelioPlot® (Vermeesch, 2010).

p. Datación Rb-Sr en glauconita

La glauconita es una mica rica en hierro y potasio, cuya fórmula es $K_{(x+y)}(Si_{4-x},Al_x)$~$4(Fe^{3+},Al,Mg,Fe^{2+})_{\sim 2}O_{10}(OH)_2$, donde ***y***, correspondiente a la suma de los cationes divalentes, va de 0,4 a 0,6 y ***x*** de 0,2 a 0,6 (Hugget, 2020). Ésta se forma por la alteración de minerales arcillosos mezclados con materia orgánica en *pellets* fecales, presentes en la interfaz agua-sedimento en ambientes marinos someros (50-300 m; Dickin, 2005; Derkowski *et al.*, 2009). La glauconita representa una de las pocas posibilidades de datación directa en rocas sedimentarias mediante las técnicas de Rb-Sr y K-Ar (Dickin, 2005; Derkowski, 2009; Reiners *et al.*, 2018), y tiene la ventaja de hallarse en rocas de todas las edades desde el Precámbrico hasta el Holoceno (Morton y Long, 1980). Particularmente, los estudios de Rb-Sr han sido ampliamente usados ya que la glauconita suele exhibir relaciones muy altas de Rb/Sr que favorecen la producción sustancial de ^{87}Sr, lo que permite mitigar el efecto de las variaciones del Sr a la hora de la cristalización autigénica (Reiners *et al.*, 2018).

De acuerdo con Dickin (2005), la glauconitización de los materiales precursores puede tomar cientos de miles de años en completarse, tiempo durante el cual la proporción de K_2O del mineral

incrementa hasta homogenizarse con la del agua de mar. Teniendo en cuenta que el material parental incluye micas o minerales arcillosos mezclados con otras sustancias, los estudios de Rb-Sr deben llevarse a cabo en glauconitas "maduras" o totalmente recristalizadas, para evitar contaminación del material antiguo que produciría edades considerablemente mayores (Derkowski *et al.*, 2009). Adicionalmente, Morton y Long (1980) indican que las glauconitas paleozoicas suelen arrojar edades de 10 a 20% más jóvenes que la real, posiblemente, debido a un intercambio iónico entre el ^{87}Sr del mineral y Fe de salmueras circulantes. Por lo tanto, Dickin (2005) asegura que se necesitan criterios rigurosos para confirmar que la glauconita a datar se comportó como un sistema cerrado; de no ser así, dicho autor sugiere que las glauconitas antiguas (ej., Paleozoico) deben emplearse como un monitor de procesos diagenéticos y no como un método confiable de datación. No obstante, la técnica ha dado resultados confiables en rocas sedimentarias del Cretácico y el Cenozoico (Morton y Long, 1980).

La metodología presentada en Derkowski *et al.* (2009) inicia con la separación y disolución del material en HNO_3+HF+HCl. Enseguida, el Sr y Rb son divididos en columnas cromatográficas rellenas con una resina AG 50W-X8 (*Bio-Rad Laboratories*, USA), y sus concentraciones son determinadas mediante dilución isotópica con una mezcla de los trazadores de ^{87}Rb y ^{84}Sr. Por último, las relaciones isotópicas se midien en un espectrómetro de masas multicolector. En contraste, Morton y Long (1980) emplean dos alícuotas para aplicar dilución isotópica independiente con trazadores de ^{87}Rb y ^{84}Sr. Posteriormente, realizan la purificación del Sr y Rb, y llevan a cabo las mediciones en el espectrómetro de masas. Cabe destacar que Morton y Long (1980) demostraron que la lixiviación con distintas sustancias, como: acetato de amonio, ácido clorhídrico o ácido acético permite la remoción del Rb y Sr en exceso, dejando así únicamente el Rb y Sr incorporado en sitios atómicos específicos dentro de la estructura del mineral a la hora del crecimiento en el medio marino..

q. Geocronología Re-Os en black shales y crudos

La obtención de una buena edad de depositación en black shales está estrechamente relacionada a la naturaleza y estado de las muestras, por lo tanto, es necesario que las rocas escogidas para datación sean: 1) cogenéticas (rocas del mismo horizonte o depositadas aproximadamente al mismo tiempo), y que 2) no hayan sido afectadas por meteorización o algún tipo de alteración. Se recomienda utilizar rocas frescas de núcleos de perforación, o rocas de afloramiento que no tengan evidencia de alteración a productos secundarios.

Se pesan alrededor de 0.2 g de roca pulverizada, o 0.5 g de crudos los cuales son transferidos a tubos sellados de vidrio (Carius Tubes). En el caso de crudos, estos pueden requerir el uso de solventes orgánicos para facilitar la transferencia a los Carius Tubes. Se agregan a los tubos soluciones trazadoras de ^{185}Re y ^{190}Os (spikes), así como una solución de agua regia inversa (1HCl:3HNO_3) y peróxido de hidrógeno (H_2O_2) para facilitar la disolución de la materia orgánica presente en las muestras. Posteriormente se sellan los tubos y se calientan progresivamente hasta ~200ºC por ~48h. El siguiente paso consiste en la separación del Re y el Os de la materia orgánica. Para el caso del Os se hace destilación fraccionada (Birck et al., 1997, Nagler and Frei 1997) y carga en filamentos de Pt con $Ba(OH)_2$. Para el caso del Re se emplean columnas de intercambio aniónico que garantizan la

purificación y separación efectiva del Re, el cual es finalmente cargado en filamentos de Ni con $Ba(NO_3)_2$. Las composiciones isótopicas tanto de Re como de Os son determinadas en un espectrómetro de masas de ionización termal negativa (Negative Thermal Ionization Mass Spectrometer, NTIMS) (Creaser et al., 1991; Volkening et al., 1991). Las edades Re-Os son calculadas utilizando el software Isoplot V. 4.15 (Ludwig, 2008).

3.6. PRODUCTOS (P) ESPECÍFICOS DEL PROYECTO

El proyecto se desarrollará de acuerdo con las siguientes etapas:

PRODUCTO 1- Cartografía Geológica (Vigencia 2021)

Actividades relacionadas

- Recopilación de información preexistente

Fase 2: De enero a julio del 2022

PRODUCTO 1- Cartografía Geológica (Objetivo específico 2)

Actividades relacionadas

- Realizar la cartografía geológica de la cobertera sedimentaria a escala 1:50.000 en las Planchas 412 (San Juan De Villalobos) y 430 (Mocoa), así como la resolución de las consistencias estructurales en los límites de estas planchas formaciones y miembros del cretácico y paleógeno en los márgenes de la cuenca Cagúan-Putumayo.

- Elaborar la memoria de la cartografía geológica obtenida.

PRODUCTO 2- Modelamiento estructural (Objetivo específico 4)

Actividades relacionadas

- Diez (10) cortes estructurales balanceados atravesando las áreas cartografiadas (2 planchas: 412 y 430).
- Un (1) Informe de geología estructural y medición de espesores de traversas cartográficas, análisis de indicadores cinemáticos, sistemas de fracturas, análisis microestructural de 20 secciones delgadas.

PRODUCTO 3- Estratigrafía (Objetivos específico 2, 4, 5, 6)

Actividades relacionadas

- Tres mil metros (3.000 m) de columnas estratigráficas compiladas a partir de datos cartográficos y medición de espesores, a escala 1:100 con la ubicación de muestras para análisis petro-termocronológicos, muestreo sistemático y construcción de curvas de composición mineralógica a partir de DRX, curvas de *gamma ray* espectral.
- Columnas estratigráficas a escala 1:25 de corazones y núcleos de perforación de 600ft con construcción de curvas de composición mineralógica a partir de DRX, curvas de gamma ray espectral, datos de TOC, S1, S2, Índice de hidrógeno, saturación *in-situ*, quimio estratigrafía de isótopos estables C y O, y análisis de proveniencia de unidades arenosas mediante petro-termocronología, de no haber disponibilidad de núcleos se completará la sección estratigráfica con muestras de zanja
- Mil metros (1.000 m) de columnas estratigráficas de secciones afloramiento a escala 1:500 y 1000 ft a escala 1:30 de núcleos de perforación con la correlación de las muestras analizadas, de no haber disponibilidad de núcleos se completará la sección estratigráfica con muestras de zanja.
- Informe de estratigrafía y geoquímica, análisis de facies y definición de ambientes de depósito. El cual incluirá todos los análisis realizados e integrados a la interpretación final.

PRODUCTO 4- Geología del Subsuelo (Objetivo específico 4)

Actividades relacionadas

- Realizar cinco (5) transectas sísmicas regionales con amarre a pozos y que incluyan interpretaciones en cubos sísmicos.
- Realizar cuatro (4) correlaciones estratigráficas regionales una N-S, otra E-W usando al menos 10 secciones de pozos o afloramientos teniendo en cuenta facies de minerales pesados basadas en su geoquímica y edad radiométrica U-Pb. Y realizar una correlación gráfica usando los datos bioestratigráficos e isotópicos entre secciones estudiadas.
- Realizar tres (3) mapas de subsuelo a profundidad de los intervalos de interés a partir de la interpretación sísmica y el amarre de registros de pozo en la cuenca.

PRODUCTO 5- Petrocronología e isotopía (Objetivo específico 1 y 7)

Actividades relacionadas

- Informe de resultados para la vigencia 2022, debido a que en los tiempos de análisis deben considerarse etapas como preparación de muestras, procesos de contratación y el envió de las muestras.

A continuación, en la tabla 1 se especifica el número de análisis proyectado a entregar en la vigencia 2022, por cada técnica planteada:

Tipo de Análisis	Cantidad a entregar P5.1 2022
Termocronologia U-TH-He	41
Termocronología AFT-ZFT LA-ICP-MS	40
Estudio isotópico de circones (U/Pb) detríticos	60
Geocronologia de circon en rocas cristalinas	60
Microsonda (EPMA)	496 horas
Datación Re-Os de Crudos bitumen y rocas ricas en materia orgánica	50
Datación Ar-Ar de Arcillas	40
Datación Ar Ar de rocas cristalinas (Bt+Hbl+Pl)	45
Datación Rb-Sr en Glauconita	30
Isotopos C y O	100
Secciones delgadas pulidas	49,5
Petrografia	135

Tabla 1. Cantidad de muestras a entregar P5.1 2022.
*Los valores totales a financiar en la propuesta están especificados en la **tabla 6**.*

1. Informe de modelamiento termal 1D, integrando datos de termocronología de baja temperatura, Ro y reconstrucción cinemática 2D en secciones balanceadas.
2. Tres (3) Mapas Paleogeográficos regionales a escala de figura en los intervalos Paleoceno-Eoceno-Mioceno.

PRODUCTO 6- Geología del Petróleo (Objetivo específico 5)

Actividades relacionadas (Vigencia 2021)

- Recopilación de información preexistente.

Actividades relacionadas (Vigencia 2022)

- Un (1) Informe sobre la historia termal de la cuenca determinando los sweet-spots de madurez termal a partir de análisis de TOC y TC, AVK, RockEval, pirolisis tanto de núcleos como de ripios análisis de macérales (Reflectancia de vitrinita), de los cuales se entregarán resultados, integrando las condiciones de generación y potencial de curso de la roca generadora, madurez e historia termal a partir de la construcción e interpretación de diagramas Tºmax - HI - %Ro. El número de análisis a entregar en la vigencia 2022 se especifica en la tabla 2, se especifica el número de análisis proyectado a entregar en la vigencia 2022 para cada uno de estos análisis:

Tipo de Análisis	Cantidad a entregar P6.1 2022
Petrografía orgánica, Ro	32
Petrografía	60
Análisis Crudos	4
Pirólisis -Rock-Eval	300
TOC	200
DRX	300
Bioestratigrafia micro	80
Petrofisica	14
Bioestratigrafia macro	20
Análisis Triaxiales compresion	14

Tabla 2. Cantidad de muestras a entregar P6.1 2022.

Los valores totales a financiar en la propuesta están especificados en la tabla 6.

- Un (1) informe sobre modelamiento de la cinética de la materia orgánica y modelamiento 1D de madurez térmica, generación, expulsión en las secuencias estratigráficas evaluadas (núcleos y secciones de afloramientos).

PRODUCTO 7- Caracterización Geoquímica (Objetivo específico 7)

Actividades relacionadas

1. Un (1) informe de resultados de caracterización geoquímica de muestras geológicas, geoquímica de roca total, Ro, DRX, junto con un catálogo de resultados normalizados de geoquímica de roca total y elementos traza. El número de análisis a entregar en la vigencia 2022 se especifica a continuación en la tabla 3:

Tipo de Análisis	Cantidad a entregar P7.1 2022
Preparación de muestras geológicas	700
Identificación y cuantificación de fases cristalinas por DRX	700
Discriminacion arcillas por DRX	700
Determinación Multielemental por ICP MS	700
Determinación de elementos mayores por FRX	700
Determinación de elementos menores y trazas por FRX	700
Determinación de hierro ferroso por volumetría ion selectivo	700
Determinación de pérdidas por calcinación	700

Tabla 3. Cantidad de muestras a entregar en P 7.1 2022.
Los valores totales a financiar en la propuesta están especificados en la tabla 8.

Los análisis detallados en la tabla 3 serán ejecutados por la Dirección de Laboratorios (DL).

Durante la Ejecución del Proyecto el Servicio Geológico Colombiano (SGC) deberá realizar y entregar:

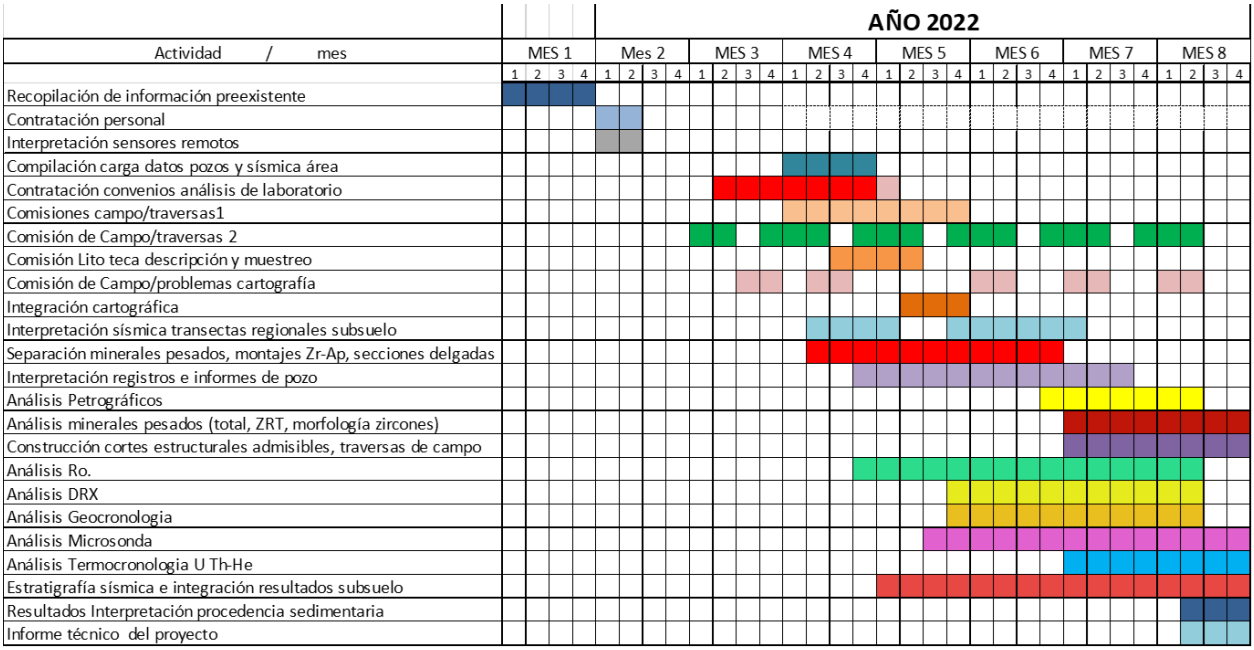
Todos los productos definidos anteriormente, adicional a los siguientes:

- Presentación técnica inicial del proyecto en la Vicepresidencia Técnica de la ANH y copia digital de la misma (archivo .pptx de Microsoft Power Point y PDF de Adobe Acrobat), en la cual deberá presentarse el cronograma de actividades, el equipo de profesionales y la metodología ajustada para el desarrollo del proyecto.
- Informes mensuales con la relación de las actividades y avances en la ejecución del proyecto.
- Informe final de cada producto. Los informes deben entregarse en dos copias en papel y digital. Se debe entregar el SIG, el Proyecto de interpretación sísmica en Petrel y todas las figuras en los formatos nativos.
- Proyecto GIS que incluya geodatabase asociada y validada de acuerdo con el modelo GDB corporativo utilizado por la Vicepresidencia Técnica ANH con toda la información espacial generada por el proyecto. La información espacial debe estar referida al datum magna sirgas.
- Un informe final integrador que recopile y sintetice los resultados relevantes de cada uno de los 7 productos propuestos. El cual incluirá un capítulo enfocado a analizar la respectividad de hidrocarburos teniendo en cuenta los resultados obtenidos de los siete productos. conclusiones y recomendaciones.
- Presentación técnica con los resultados finales del proyecto en el sitio y fecha acordado con el supervisor de la ANH.

NOTA: Los entregables seguirán las especificaciones del Manual de Entrega del EPIS

3.7. CRONOGRAMA

El cronograma propuesto para 8 meses



3.8. ALCANCE GENERAL

Este proyecto aumentará el conocimiento sobre la evolución tectónica del frente de deformación la cordillera oriental de Colombia a la altura del Macizo de Garzón y la adyacente cuenca del Caguán-Putumayo, la integración de diferentes disciplinas geocientíficas permitirá estudiar en detalle, procesos de construcción del relieve, transferencia de sedimentos, paleogeografía, evolución de cuencas sedimentarias, factores determinantes para el entendimiento de los sistemas petrolíferos convencionales y no convencionales enfocados en objetivos estratigráficos exploratorios con un énfasis en petrocronología e isotopía, cartografía, geología estructural y estratigrafía detallada Las interpretaciones sísmicas, correlaciones e interpretaciones serán de carácter regional y no buscan establecer recursos a nivel de prospectos, bloques o campos.

3.9. RECURSO HUMANO

El proyecto requiere de múltiples especialidades, éstas serán lideradas por profesionales con extensa experiencia, no solo en sus disciplinas sino en la geología de la roca generadora de la cuenca Caguán-Putumayo.

A continuación, se presentan los perfiles del personal mínimo que participará el proyecto:

Recurso humano (2021)

Personal 2021					
PERFIL TABLA DE LA ANH	ACTIVIDAD DENTRO DEL PROYECTO	TOTAL	TIEMPO PROYECTADO EN MESES	TOTAL DE HONORARIOS FIJOS MAS IVA (SI APLICA)	CANTIDAD
ASESOR 3	Geocronologia -Isotopia	$ 13.986.186	1	$ 55.944.744	4
PROFESIONAL 10	Geocronologia-Termocronologia-Cartografia	$ 8.930.741	1	$ 17.861.482	2
				$ 73.806.226	

Personal 2021					
PERFIL TABLA DE LA ANH	ACTIVIDAD DENTRO DEL PROYECTO	TOTAL	TIEMPO PROYECTADO EN MESES	TOTAL DE HONORARIOS FIJOS MAS IVA (SI APLICA)	CANTIDAD
Asesor 5	Cartógrafo senior	$ 17.621.232	1	$ 17.107.992	1
				$ 17.107.992	

Recurso humano (2022)

Personal					
PERFIL TABLA DE LA ANH	ACTIVIDAD DENTRO DEL PROYECTO	TOTAL	TIEMPO PROYECTADO EN MESES	TOTAL DE HONORARIOS FIJOS MAS IVA (SI APLICA)	CANTIDAD
ASESOR 7	Cartografía Estratigrafia y Estructural	$ 23.288.300	7	$ 173.497.602	1
ASESOR 7	Geocronologia-Termocronologia-Cartografia-superficie	$ 23.288.300	7	$ 173.497.602	1
ASESOR 6	Cartografía Estructural-Subsuelo	$ 19.853.820	7	$ 147.910.760	1
ASESOR 6	Cartografia	$ 19.853.820	7	$ 147.910.760	1
ASESOR 6	Subsuelo	$ 19.853.820	7	$ 147.910.760	1
ASESOR 5	logística y apoyo técnico	$ 17.621.232	7	$ 131.278.002	1
ASESOR 3	Geocronologia -Isotopia	$ 13.986.786	7	$ 625.208.508	6
ASESOR 4	Interpretación sismica	$ 15.544.406	7	$ 115.805.668	1
ASESOR 1	Cartografia	$ 10.896.061	7	$ 243.526.640	3
ASESOR 1	Cartografía Estructural	$ 10.896.061	7	$ 81.175.547	1
ASESOR 1	Cartografia-Estratigrafia	$ 10.896.061	7	$ 81.175.547	1
ASESOR 1	Geocronologia -Isotopia	$ 10.896.061	7	$ 243.526.640	3
ASESOR 1	Geocronologia-Isotopia-Cartografia	$ 10.896.061	7	$ 81.175.547	1
ASESOR 1	Subsuelo	$ 10.896.061	7	$ 162.349.132	2
ASESOR 1	Geocronologia-Termocronologia-Cartografia	$ 10.896.061	7	$ 162.349.132	2
PROFESIONAL 10	Geocronologia-Termocronologia-Cartografia	$ 8.930.741	7	$ 133.066.250	2
PROFESIONAL 10	Cartografia	$ 8.930.741	7	$ 66.533.125	1
PROFESIONAL 8	Geocronologia -Isotopia	$ 7.705.190	7	$ 57.402.897	1
PROFESIONAL 6	Cartografía Estructural	$ 6.532.326	7	$ 48.665.179	1
PROFESIONAL 6	Geocronologia -Isotopia	$ 6.532.326	7	$ 243.325.895	5
PROFESIONAL 6	Subsuelo	$ 6.532.326	7	$ 48.665.179	1
PROFESIONAL 5	Estratigrafia	$ 6.365.060	7	$ 47.419.061	1
PROFESIONAL 5	Geocronologia -Isotopia	$ 6.365.060	7	$ 189.676.229	4
PROFESIONAL 5	Geocronologia-Termocronologia-Cartografia	$ 6.365.060	7	$ 47.419.061	1
PROFESIONAL 5	subsuelo	$ 6.365.060	7	$ 47.419.061	1
PROFESIONAL 4	Cartografía Estructural	$ 6.110.458	7	$ 91.044.598	2
PROFESIONAL 5	Trabajo social	$ 6.365.060	7	$ 47.419.061	1
PROFESIONAL 5	SOCIOLOGO	$ 6.365.060	7	$ 47.419.061	1
PROFESIONAL 3	Cartografia	$ 5.855.855	7	$ 218.127.682	5
PROFESIONAL 2	Cartografía Estructural	$ 5.601.253	7	$ 208.643.869	5
PROFESIONAL 2	Geocronologia -Isotopia	$ 5.601.253	7	$ 208.643.869	5
PROFESIONAL 3	Geocronologia-Termocronologia-Cartografia	$ 5.855.855	7	$ 43.625.536	1
PROFESIONAL 1	Geocronologia -Isotopia	$ 5.346.650	7	$ 39.832.011	1
PROFESIONAL 2	Cartografia	$ 5.601.253	7	$ 41.728.774	1
PROFESIONAL 1	Cartografía Estructural	$ 5.346.650	7	$ 39.832.011	1

PROFESIONAL 2	Geocronologia -Isotopia	$ 5.601.253	7	$ 41.728.774	1
PROFESIONAL 2	Procesos Administrativos	$ 5.601.253	7	$ 41.728.774	1
ASISTENCIAL 5	Cartografia	$ 5.270.510	7	$ 39.264.772	1
ASISTENCIAL 5	subsuelo	$ 5.270.510	7	$ 38.422.018	1
ASISTENCIAL 3	Procesos Administrativos	$ 4.097.270	7	$ 29.090.617	1
Asesor 6	Director del proyecto	$ 19.853.820	7	$ 147.908.972	1
Asesor 5	Asesor Geóinformatica	$ 17.621.232	7	$ 131.276.414	1
Asesor 5	Interprete senior	$ 17.621.232	7	$ 131.276.414	1
Asesor 5	Cartógrafo senior	$ 17.621.232	7	$ 131.276.414	1
Asesor 5	Petrofísico senior	$ 17.621.232	7	$ 131.276.414	1
Asesor 5	Asesoría legal y contractual	$ 17.621.232	7	$ 131.276.416	1
Asesor 5	Asesoría planeación y presupuestal	$ 17.621.232	7	$ 131.276.416	1
Asesor 2	Geoquímico	$ 12.429.166	7	$ 92.596.047	1
Asesor 2	Estratígrafo	$ 12.429.166	7	$ 185.192.095	2
Asesor 2	SIG_cartografía	$ 12.429.166	7	$ 92.596.047	1
Profesional 9	Sedimentólogo	$ 8.379.250	7	$ 62.424.578	1
Profesional 9	Cartógrafo	$ 8.379.250	7	$ 62.424.578	1
Profesional 9	Interprete	$ 8.379.250	7	$ 62.424.578	1
Profesional 3	Geologo Jr	$ 5.855.855	7	$ 174.502.145	4
Profesional 0	Gestión administrativa y Técnica Laboratorio de Pulido	$ 5.033.214	7	$ 37.496.945	1
Técnico experto laboratorios	Análisis laboratorio	$ 3.660.553	7	$ 27.270.754	1
Tecnólogo 0	Gestión administrativa Laboratorios	$ 3.660.553	7	$ 27.270.754	1
Profesional 1	Gestión administrativa Laboratorios	$ 5.948.077	7	$ 44.312.579	1
Profesional 3	Análisis mineralógico	$ 9.151.199	7	$ 68.175.516	1
Profesional 0	Análisis laboratorio	$ 5.033.214	7	$ 299.975.556	8
Profesional 3	Gestión calidad	$ 9.151.199	7	$ 68.175.516	1
Profesional 1	Análisis laboratorio	$ 5.948.077	7	$ 132.939.342	3
Profesional 2	Análisis laboratorio	$ 7.320.738	7	$ 163.616.307	3
Tecnólogo 2	Análisis laboratorio	$ 4.575.416	7	$ 34.086.800	1
Técnico 0	Análisis laboratorio	$ 2.608.167	7	$ 58.292.455	3
Tecnóloga 0	Análisis laboratorio	$ 3.660.553	7	$ 27.270.754	1
Tecnólogo 0	Análisis laboratorio	$ 3.660.553	7	$ 54.542.167	2
Tecnólogo 1	Análisis laboratorio	$ 4.117.984	7	$ 122.714.285	4
Profesional 1	Gestión calidad - metrología	$ 5.948.077	7	$ 44.313.114	1
Profesional 3	Análisis laboratorio	$ 9.151.199	7	$ 136.351.947	2
Laboratorio experto	Análisis laboratorio	$ 3.660.553	7	$ 27.270.754	1
				$ 7.866.244.284	125

3.10. ANÁLISIS DE LABORATORIO

Para la consecución de los objetivos de esta investigación y sus productos derivados y de los entregables, se requiere realizar numerosos análisis de laboratorio que se realizan tanto en los laboratorios externos como en los laboratorios del SGC, dando prioridad a la red nacional de laboratorios.

3.10.1. ANÁLISIS POR PRODUCTO

	Analisis	valor unitario	cantidad	subtotal	DAN Y DL	DH	DL
P5	Termocronologia U-TH-He	$3.500.000,00	41	$143.500.000	$143.500.000		
P5	Termocronología AFT-ZFT LA-ICP-MS	$6.000.000,00	40	$240.000.000	$240.000.000		
P5	Estudio isotópico de circones (U/Pb) detríticos	$6.500.000,00	60	$390.000.000	$390.000.000		
P5	Geocronologia de circon en rocas cristalinas	$6.500.000,00	60	$390.000.000	$390.000.000		
P5	Datación Re-Os de Crudos bitumen y rocas ricas en materia orgánica	$6.139.736	50	$306.986.787	$306.986.787		
P5	Datación Ar-Ar de Arcillas	$3.700.000,00	40	$148.000.000	$148.000.000		
P5	Datación Ar Ar de rocas cristalinas (Bt+Hbl+Pl)	$3.700.000,00	45	$166.500.000	$166.500.000		
P5	Datación Rb-Sr en Glauconita	$4.200.000,00	30	$126.000.000	$126.000.000		
P5 y P7	Secciones delgadas pulidas	$1.000.000,00	195	$195.000.000	$49.545.455		$ 145.454.545
P3 y P6	Petrografía orgánica, Ro	$2.125.000,00	64	$136.000.000	$ 68.000.000	$ 68.000.000	
P5 y P6	Petrografía	$800.000,00	195	$156.000.000	$ 108.000.000	$ 48.000.000	
P6	Analisis Crudos	$9.500.000,00	4	$38.000.000		$ 38.000.000	
P6	Pirólisis	$450.000,00	300	$135.000.000		$ 135.000.000	
P6	TOC	$400.000,00	200	$80.000.000		$ 80.000.000	
P6	DRX	$518.000,00	300	$155.400.000		$ 155.400.000	
P3	Bioestratigrafia micro	$700.000,00	100	$70.000.000	$ 14.000.000	$ 56.000.000	
P5	Isotopos C y O	$150.000,00	100	$15.000.000	$15.000.000		
P6	Petrofisica	$1.000.000,00	14	$14.000.000		$ 14.000.000	
P6	Bioestratigrafia macro	$750.000,00	20	$15.000.000	0	$ 15.000.000	
P6	Análisis Triaxiales compresion	$2.500.000,00	14	$35.000.000	0	$ 35.000.000	
P5	Microsonda (EPMA)	$310.000,00	496 horas	$153.760.000	$153.760.000		
P3	Polen, dinoflagelados, esporas (preparación, análisis)	$1.495.000,00	100	$149.500.000	$149.500.000		
P3	Foraminíferos bentónicos, planctónicos (preparación, análisis)	$1.428.000,00	100	$142.800.000	$142.800.000		
P3	Nanofósiles calcáreos (preparación, análisis)	$1.428.000,00	100	$142.800.000	$142.800.000		
P3	ostracodos dinoflagelados	$1.200.000,00	100	$120.000.000	$120.000.000		
			Total	$3.664.246.787	$ 2.874.392.242	$ 644.400.000	$ 145.454.545

Tabla 6. Relación de análisis proyectados para ejecución en laboratorio con proyección de costos

3.10.2. ANÁLISIS CONTRAPARTIDA

- En la Dirección de Asuntos Nucleares: Se contempla que los laboratorios, para el termino de 7 meses, ejecuten 513 análisis, distribuidos en las técnicas analíticas de geocronología U-Pb+LASS, termocronología, microscopía electrónica de barrido, isótopos estables e irradiación en reactor, tal como se evidencia en la tabla 7.

Análisis	valor unitario	cantidad	subtotal
Geocronología U-Pb+LASS	5.500.000	67	366.666.667
Preparacion muestras Termocronologia	500.000	67	33.333.333
minerales pesados	700.000	67	46.666.667
Microscopia electronica de barrido	190.000	147	27.866.667
Isotopos estables C y O	180.000	67	12.000.000
Reactor (operacion, irradiacion muestras Huellas de Fision Activacion Neutronica)		100	533.333.333
TOTAL Análisis DAN		**513**	**$1.019.866.667**

Tabla 7. Relación de análisis de laboratorio con proyección de costos realizados en los laboratorios de la Dirección de Asuntos Nucleares-DAN.

- La Dirección de Laboratorio-DL, se hará cargo de la ejecución de un total global de 5.900 análisis repartidos en las diferentes técnicas discriminadas en la siguiente tabla.

Análisis complementarios	valor unitario	cantidad	subtotal
Preparación de muestras geológicas	$ 85.000	700	$ 59.500.000
Identificación y cuantificación de fases cristalinas por DRX	$ 600.000	700	$ 420.000.000
Discriminacion arcillas por DRX	$ 600.000	700	$ 420.000.000
Determinación Multielemental por ICP MS	$ 160.000	700	$ 112.000.000
Determinación de elementos mayores por FRX	$ 120.000	700	$ 84.000.000
Determinación de elementos menores y trazas por FRX	$ 150.000	700	$ 105.000.000
Determinación de hierro ferroso por volumetría ion selectivo	$ 85.000	700	$ 59.500.000
Determinación de pérdidas por calcinación	$ 47.000	700	$ 32.900.000
Elaboración de sección delgada	$ 163.000	100	$ 16.300.000
Elaboración de sección delgada pulida	$ 200.000	100	$ 20.000.000
Concentración de circones por medio magnético para datación	$ 326.000	50	$ 16.300.000
Separación en vidrio picking y elaboración de probeta para datación	$ 185.000	50	$ 9.250.000
Total		**5900**	**$ 1.354.750.000**

Tabla 8. Relación de análisis de laboratorio con proyección de costos realizados en los laboratorios de la Dirección de Laboratorios-DL. .

- La Dirección de Hidrocarburos, se hará cargo de la ejecución de análisis repartidos en las diferentes técnicas discriminadas en la siguiente tabla:

LITOTECA	UNIDAD	SALA CONSULTA	TOTAL
SALA	30	230.000	6.900.000
MOV CAJA	100	16.000	1.600.000
MUESTREO NUCLEO	276	21.000	5.796.000
MUESTREO RIPIOS	90	7.000	628.117
SUB TOTAL			$ 14.924.117

Tabla 9. Relación de análisis de laboratorio con proyección de costos realizados en la Dirección de Hidrocarburos

3.11. VALOR DEL CONVENIO

El valor acordado entre las partes es de TREINTA Y DOS MIL SETECIENTOS MILLONES QUINIENTOS SESENTA Y SEIS MIL QUINIENTOS OCHENTA Y SIETE PESOS MONEDA CORRIENTE ($32.700.566.587) Incluido todos los impuestos y gastos de administración y que serán aportados por las partes así:

RUBROS - TOTAL APORTE ANH	ANH 2021	ANH 2022	TOTAL ANH 2021 - 2022	CONTRAPARTIDA SGC	TOTAL
INFORMACIÓN TÉCNICA		$ 3.664.246.787	$ 3.664.246.787	$ 2.374.616.667	$ 6.038.863.454
RECURSOS HUMANOS	$ 90.914.218	$ 7.866.244.284	$ 7.957.158.502	$ 1.382.120.041	$ 9.339.278.543
RECURSOS LOGÍSTICOS		$ 16.750.833.808	$ 16.750.833.808	$ 571.590.782	$ 17.322.424.590
TOTAL	$ 90.914.218	$ 28.281.324.879	$ 28.372.239.097	$ 4.328.327.490	$ 32.700.566.587

Detalle por dirección técnica SGC:

RUBROS - TOTAL APORTE ANH	DAN 2021	DAN 2022	TOTAL DAN 2021-2022	DH 2021	DH 2022	TOTAL DH 2021-2022	DL 2022	TOTAL
INFORMACIÓN TÉCNICA		$ 2.874.392.242	$ 2.874.392.242		$ 644.400.000	$ 644.400.000	$ 145.454.545	$ 3.664.246.787
RECURSOS HUMANOS	$ 73.806.226	$ 4.824.441.213	$ 4.898.247.439	$ 17.107.992	$ 1.667.727.528	$ 1.684.835.520	$ 1.374.075.543	$ 7.957.158.502
RECURSOS LOGÍSTICOS		$ 12.811.816.307	$ 12.811.816.307		$ 1.008.646.103	$ 1.008.646.103	$ 2.930.371.398	$ 16.750.833.808
TOTAL	$ 73.806.226	$ 20.510.649.762	$ 20.584.455.988	$ 17.107.992	$ 3.320.773.631	$ 3.337.881.623	$ 4.449.901.486	$ 28.372.239.097

APORTES DE LA ANH

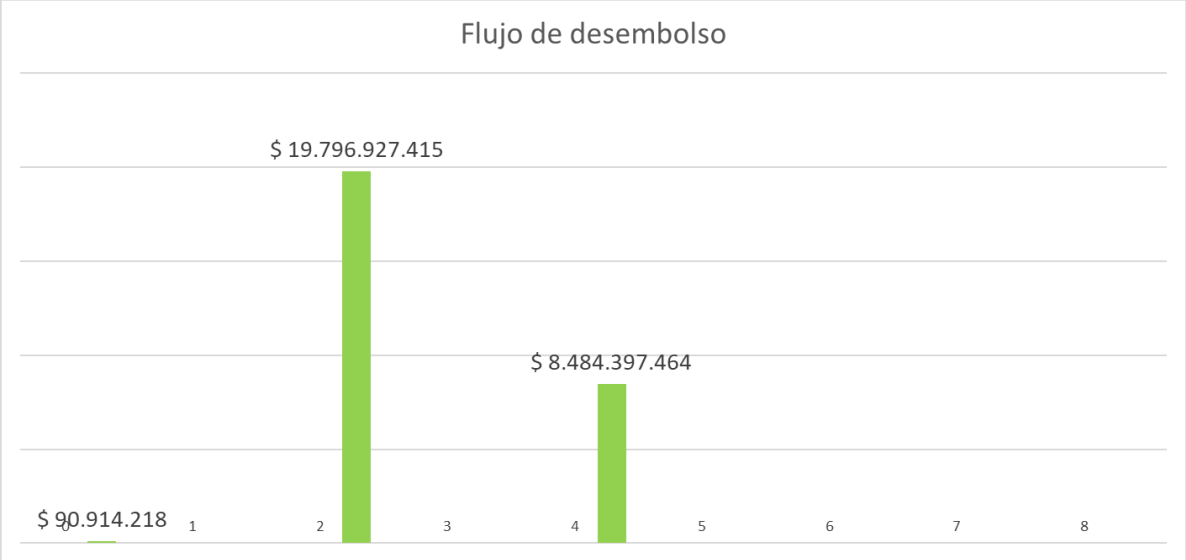
Por parte de **LA AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS**, el aporte en dinero asciende a la suma de **VEINTIOCHO MIL TRESCIENTOS SETENTA Y DOS MILLONES DOSCIENTOS TREINTA Y NUEVE MIL OCHOCIENTOS NOVENTA Y SIETE PESOS MONEDA CORRIENTE ($28.372.239.097),** todos los impuestos y costos directos e indirectos están incluidos en los aportes que se estime para la ANH.

El costo por productos se discrimina en el siguiente cuadro:

PRODUCTOS	APORTE ESTIMADO ANH POR PRODUCTO		APORTE ESTIMADO SGC POR PRODUCTO	COSTO TOTAL DEL PRODUCTO
	2021	2022		
P1 Cartografía Geológica	$73.806.226	$4.155.922.639		$4.229.728.865
P2 Modelamiento Estructural		$1.204.068.599		$1.204.068.599
P3 Estratigrafía		$1.195.517.991		$1.195.517.991
P4 Geología del Subsuelo		$1.412.006.078	$23.333.333	$1.435.339.411
P5 Petro-termocronología e Isotopía		$12.543.134.455	$1.497.525.241	$14.040.659.696
P6 Geología del Petroleo	$17.107.992	$3.320.773.631	$102.149.021	$3.440.030.644
P7 Caracterización Geoquímica		$4.449.901.486	$2.705.319.895	$7.155.221.381
TOTAL APORTES INDIVIDUALES	$28.372.239.097		$4.328.327.490	
TOTAL PORTE EN CONJUNTO				$32.700.566.587

La ANH desembolsará al SGC el valor correspondiente a su aporte, de la siguiente manera:

MES	DIA 0	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTALES
GASTO EN $	$ 90.914.218		$ 19.796.927.415		$ 8.484.397.464					$ 28.372.239.097
% DE GASTO	0,32%		70%		100%					
HITOS	Firma del convenio	Documento de recopilacion de informacion preexistente	Contratacion del personal necesario para inicio de actividades. Convenio enterritorio		Programacion de salidas a campo asociado a las actividades de los productos					
			Convenio de contratos de oficinas		Informe tecnico de avance de actividades: trabajo de campo, toma de muestras y avances de analisis. (10%)					
			Inicio de Proceso de adquisicion de equipos de computo, licencias temporales, impresoras, Plotter.		Informe de avance de adquisicion de equipos de computo, licencias temporales, impresoras, Plotter.					
			Inicio de Proceso de convenios analisis de laboratorio		Informe de avance de convenios para realizacion de analsis de laboratorio					
			Inicio de Proceso de adquisicion de equipos de analisis		Informe de avance de adquision y compra de equipos de analisis					



Los aportes del SGC serán en especie con la participación de profesionales calificados de la Dirección de Asuntos Nucleares-DAN, Dirección de Hidrocarburos-DH y Dirección de Laboratorios-DL, con su infraestructura y producción de análisis de laboratorio, la información que existe en la Litoteca Nacional, cuyo cálculo asciende a la suma de **CUATRO MIL TRESCIENTOS VEINTIOCHO MILONES**

TRESCIENTOS VEINTISIETE MIL CUATROCIENTOS NOVENTA PESOS MONEDA CORRIENTE ($4.328.327.490).

Item aporte SGC	total
Personal SGC	$1.382.120.041
Análisis	$2.374.616.667
Información LITOTECA	$38.257.450
Uso de Laboratorios	$533.333.332
Total contrapartida	$4.328.327.490

La contrapartida del Servicio Geológico Colombiano puede ser definida en términos de su potencial de investigación, capacidad instalada, y competencia en el desarrollo y consolidación de técnicas analíticas únicas en el contexto nacional:

- Herramientas petrotécnicas y el software utilizado por los contratistas.
- Funcionarios de planta, expertos en geocronología, termocronología técnicas nucleares, geología isotópica El personal de contrato debe reunir un perfil mínimo y tener conocimiento en geología y geoquímica isotópica, estratigrafía, geología estructural, interpretación sísmica y cartografía geológica de campo y preferiblemente conocer la complejidad del área de estudio.
- Información sísmica 2D, 3D y pozos del BIP, EPIS y la Litoteca Nacional.
- Infraestructura de la Dirección de Asuntos Nucleares del SGC, laboratorios únicos en el País:
- Reactor Nuclear IAN-R1
- Laboratorio U-Pb (Sistema Thermo Element 2+Quadrupolo)
- Laboratorio de Microscopia electrónica (SEM)
- Laboratorio de Huellas de Fisión
- LIES Isotopos estables en muestras solidas
- LIEL Isotopos estables en muestras liquidas
- LAAN Laboratorio de Análisis de Activación Neutrónica


Microscopia Electrónica
Isotopos Estables
Huellas
De Fisión
Reactor
IAN-R1
Laboratorio Geocronología U-Pb
LA-ICP-MS+ LASS
Thermo Element 2
Excite
Photon-Machines

Resumen por producto

Productos Especificos / Actividad		Detalle del Producto	Cantidad/Unidad	Costo	PRODUCTO
P1.1	Mapeo de Transectas Geologicas 1:50.000	Realizar la cartografía geológica de la cobertera sedimentaria a escala 1:50.000 en las Planchas 412 (San Juan De Villalobos) y 430 (Mocoa), así como la resolución de las consistencias estructurales en los limites de estas planchas formaciones y miembros del	3200 km2	$ 3.515.405.020	Cartografía P1
P1.2		Elaborar la memoria de la cartografía geológica obtenida.	Memoria Cartografica		
P2.1	Cortes Estructurales	Diez (10) cortes estructurales balanceados atravesando las áreas cartografiadas (2 planchas: 412 y 430).	10 Cortes	$ 1.405.035.949	Estructural P2
P2.2	Informe geología estructural	Un (1) Informe de geología estructural y medición de espesores de traversas cartográficas, análisis de indicadores cinemáticos, sistemas de fracturas, análisis microestructural de 20 secciones delgadas.	1 Informe		
P3.1	Columnas compiladas regionales informe estratigrafía	Tres mil metros (3.000 m) de columnas estratigráficas compiladas a partir de datos cartográficos y medición de espesores, a escala 1:100 con la ubicación de muestras para análisis petro-termocronológicos, muestreo sistemático y construcción de curvas de composición mineralógica a partir de DRX, curvas de gamma ray espectral.	3000 metros	$ 1.179.639.987	Estratigrafía P3
P3.2	Columnas estratigráficas muestreos de nucleos	Columnas estratigráficas a escala 1:25 de corazones y núcleos de perforación de 600ft con construcción de curvas de composición mineralógica a partir de DRX, curvas de gamma ray espectral, datos de TOC, S1, S2, Índice de hidrógeno, saturación in-situ, quimio estratigrafía de isótopos estables C y O, y análisis de proveniencia de unidades arenosas mediante petro-termocronología, de no haber disponibilidad de núcleos se completará la sección estratigráfica con muestras de zanja	600 pies		
P3.3		Mil metros (1.000 m) de columnas estratigráficas de secciones afloramiento a escala 1:500 y 1000 ft a escala 1:30 de núcleos de perforación con la correlación de las muestras analizadas, de no haber disponibilidad de núcleos se completará la sección estratigráfica con muestras de zanja	1000m		
P3.4		Informe de estratigrafía y geoquímica, análisis de facies y definición de ambientes de depósito. El cual incluirá todos los análisis realizados e integrados a la interpretación final.	1 Informe		

P4.1	Interpretación subsuelo	Realizar cinco (5) transectas sísmicas regionales con amarre a pozos y que incluyan interpretaciones en cubos sísmicos.	5 Transectas	$ 1.532.262.272	Geologia del Subsuelo P4
P4.2	Correlacion estratigráfica	Realizar cuatro (4) correlaciones estratigráficas regionales una N-S, otra E-W usando al menos 10 secciones de pozos o afloramientos teniendo en cuenta facies de minerales pesados basadas en su geoquímica y edad radiométrica U-Pb. Y realizar una correlación gráfica usando los	4 correlaciones		
P4.3	Actualizacion mapas de subsuelo	Realizar tres (3) mapas de subsuelo a profundidad de los intervalos de interés a partir de la interpretación sísmica y el amarre de registros de pozo en la cuenca.	3 mapas de subsuelo		
P5.1	Informe Geocronología e Isotopia	Informe de resultados para la vigencia 2022, debido a que en los tiempos de análisis deben considerarse etapas como preparación de muestras, procesos de contratación y el envió de las muestras.	1 informe	$ 14.472.971.336	Petro-Termocronología e isotopía P5
P5.2	Informe Termocroolgia	Informe de modelamiento termal 1D, integrando datos de termocronología de baja temperatura, Ro y reconstrucción cinemática 2D en secciones balanceadas.	1 informe		
P5.3	Mapas paleogeograficos	Tres (3) Mapas Paleogeográficos regionales a escala de figura en los intervalos Paleoceno-Eoceno-Mioceno.	3 mapas Paleogeograficos		
P6.1	Informe final	Un (1) Informe sobre la historia termal de la cuenca determinando los sweet-spots de madurez termal a partir de análisis de TOC y TC, AVK, RockEval, pirolisis tanto de núcleos como de ripios análisis de macérales (Reflectancia de vitrinita), de los cuales se entregarán resultados, integrando las condiciones de generación y potencial de curso de la roca generadora, madurez e historia termal a partir de la construcción e interpretación de diagramas Tºmax - HI - %Ro.	1 Informe	$ 3.440.030.643	Geologia del Petroleo P6
P6.2	Informe final	Un (1) informe sobre modelamiento de la cinética de la materia orgánica y modelamiento 1D de madurez térmica, generación, expulsión en las secuencias estratigráficas evaluadas (núcleos y secciones de afloramientos).	1 Informe		
P7.1	Informe de Caracterización Geoquímica	Un (1) informe de resultados de caracterización geoquímica de muestras geológicas, geoquímica de roca total, Ro, DRX, junto con un catálogo de resultados normalizados de geoquímica de roca total y elementos traza	1 informe	$ 7.155.221.380	Caracterización Geoquímica P7
P7.2		Analisis de materiales geológicos			
P8	Informe final	Elaboración manuscritos cientificos procedencia,presentacion en eventos ANH y eventos internacionales	3 contribuciones a seminarios y o congresos y 1 manuscrito en borrador	$ 0	Publicaciones P8
TOTAL			$ 32.700.566.587		

4. ACTIVIDAD: Unificación de la información geológica de superficie en un sistema integral basado en la cartografía, adquisición de un programa de geofísica, viabilidad y perforación de pozos *slim holes* y estratigráficos en la zona noroccidental de la Cuenca del Valle Inferior del Magdalena y Norte del Sinú San Jacinto y de la Cuenca del Chocó

4.1. OBJETO DEL CONVENIO

Aunar esfuerzos técnicos, humanos, administrativos, financieros y logísticos para aportar técnicamente en la adquisición y procesamiento de información técnica para la evaluación de las cuencas sedimentarias.

4.2. IDENTIFICACIÓN DEL CONTRATO A CELEBRAR

Suscripción de un convenio interadministrativo específico entre la Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH y el Servicio Geológico Colombiano SGC.

4.3. OBJETIVO GENERAL

Realizar la integración de la cartografía geológica con la información del subsuelo a escala 1:50.000 de la zona noroccidental de la Cuenca del Valle Inferior del Magdalena y norte del Sinú San Jacinto y, de la Cuenca del Chocó.

4.3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

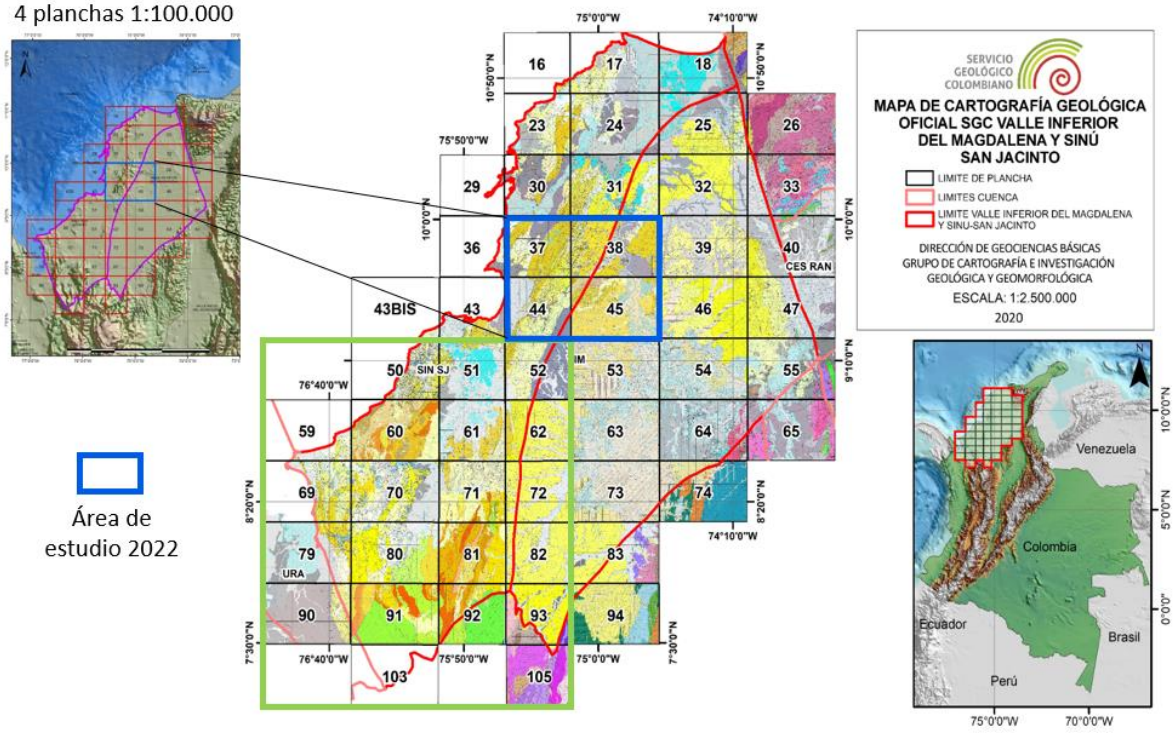
- Recopilar, analizar e integrar toda la información geocientífica disponible en la zona noroccidental de la Cuenca del Valle Inferior del Magdalena y norte del Sinú San Jacinto y, de la Cuenca del Chocó para disponerla de manera organizada en una plataforma geomática.
- Identificar, corregir e interpretar mediante el uso de sensores remotos la geología de las zonas de estudio, con énfasis en las áreas que carecen de continuidad y/o presentan una interpretación cartográfica contradictoria.
- Identificar las áreas con problemas de empalme y continuidad geológica.
- Realizar el levantamiento geológico, mediante transectas cartográficas que permitan la adquisición de nueva y relevante información de campo, aumentando la densidad de estaciones de control y datos relevantes para la representación a escala 1:50.000.
- Realizar levantamientos detallados de información estratigráfica y estructural en afloramientos con alta exposición, como puntos de referencia de amarre de información.

- Realizar muestreos sistemáticos de afloramientos de campo y muestras de pozos (presentes en la Litoteca Nacional) para adelantar análisis de laboratorio en técnicas de caracterización de las propiedades físicas, químicas, ambientes de depósito, y la edad relativa, de tal manera que se establezca una distribución y densidad adecuada para la escala de trabajo en las cuencas del VIM SSJ.
- Realizar muestreos sistemáticos de afloramientos de para adelantar análisis de laboratorio en técnicas de caracterización de las propiedades físicas, químicas, ambientes de depósito, y la edad relativa, de tal manera que se establezca una distribución y densidad adecuada para la escala de trabajo en la cuenca del Chocó.
- Elaborar el levantamiento de las columnas estratigráficas detalladas a partir de la información del registro litológico de pozos seleccionados y de la información colectada en campo.
- Elaborar las cartas de correlación lito y crono estratigráficas con el fin de evaluar y determinar las características evolutivas de distribución y control del sistema de relleno.
- Definir la nomenclatura oficial de las unidades litoestratigráficas presentes en la región de estudio, para el uso unificado en todos los proyectos de las cuencas en estudio.
- Elaborar el mapa de integración cartográfica y la memoria técnica a escala 1:50.000 de la zona estudio.
- Elaborar los términos de referencia para adelantar el diseño y la localización de una perforación tipo slim hole, con recuperación total de núcleo de por lo menos 2000 pies para las cuencas de VIM SSJ.
- Elaborar los términos de referencia para adelantar el diseño, localización y adquisición de dos (2) secciones de levantamiento de información magnetotelúrica procesada e integrada con la información geofísica existente del área de estudio para las cuencas de VIM SSJ.
- Realizar las actividades de gestión y socialización de los resultados del proyecto, para transmitir el conocimiento geocientífico a la comunidad científica, a las autoridades y comunidades presentes en la zona de interés.

4.4. LUGAR DE EJECUCIÓN Y GENERALIDADES

En el marco de la iniciativa de integración cartográfica se centrará en el estudio de dos cuencas sedimentarias. Por una parte, se estudiará un área de 3.747.37 Km^2 en la parte Noroccidental de la cuenca Valle Inferior del Magdalena y un área de 4.640.83 Km^2 en la parte norte de la cuenca Sinú San Jacinto, involucrando los departamentos de Bolívar, Córdoba, Magdalena y Sucre, incluyendo los municipios de Chalán, Coloso, Córdoba, Carmen de Bolívar, Los palmitos, Magangué, María La Baja, Ovejas, Plato, San Jacinto, San Onofre, San Pedro, Santa Bárbara de Pinto, Sincelejo, Tenerife, Tolú, Tolú Viejo y Zambrano, conforme a la siguiente figura denominada: Ubicación de la zona de estudio de la Cuenca VIM SSJ.

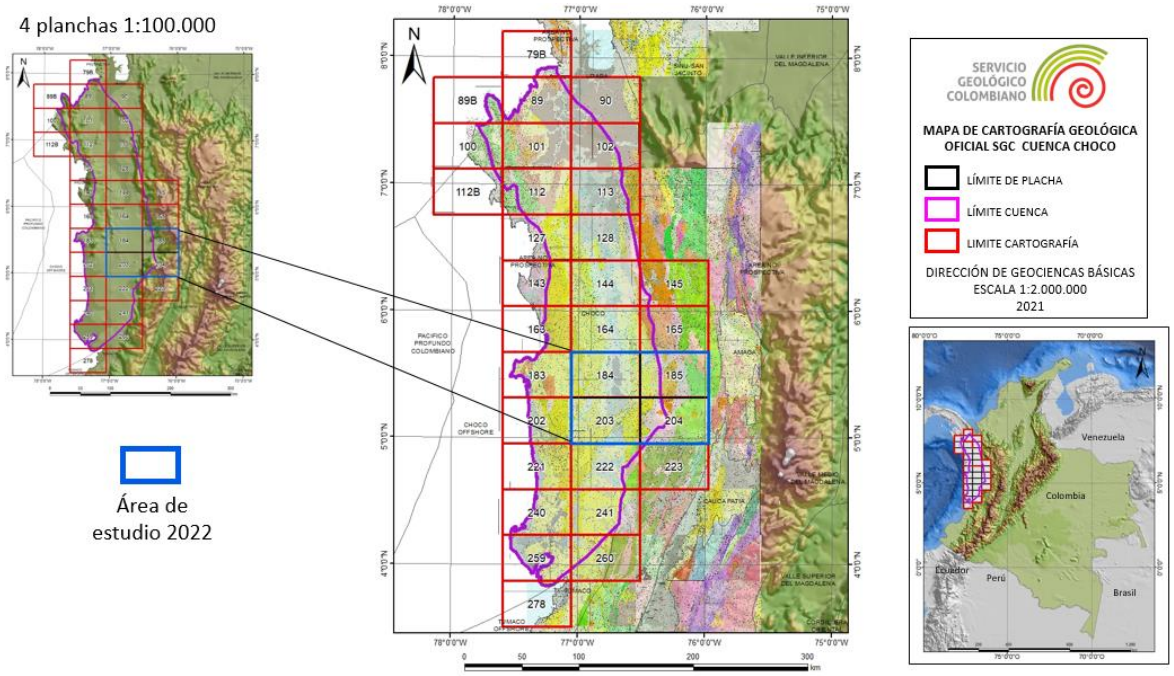
/



Ubicación de la zona de estudio de la Cuenca VIM SSJ

A su vez, se estudiará la parte suroriental con un área de 6159.31 Km^2 propiamente en la cuenca Chocó, involucrando los departamentos del Chocó y de Risaralda incluyendo los municipios de Atrato (Yuto), Condoto, Certegui, El Cantón de San Pablo, Lloró, Bagadó, Alto y Medio Baudó, Tadó, Pueblo Rico, Mistrató, San José del Palmar, Unión Panamericana, Rio Quito, Rio Iró, conforme se presenta en la siguiente imagen denominada *Ubicación de la zona de estudio de la Cuenca Chocó*

.



Ubicación de la zona de estudio de la Cuenca Chocó

Información General

En el marco del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 “Pacto por Colombia, pacto por la equidad”, se han orientado acciones para implementar políticas nacionales que impulsen el sector espacial, reconociendo que su gestión debe responder a la articulación de políticas de productividad, competitividad y comprensión del territorio de una manera integral. Para ello, es preciso definir estrategias e inversiones que fijen su interés en la caracterización y fortalecimiento de las capacidades científicas y tecnológicas del país.

En ese sentido y considerando el desafío actual para la investigación e implementación de estrategias y herramientas que permitan el uso y disposición de información geográfica nacional de manera efectiva, acorde a las necesidades y retos que afronta el país, resulta fundamental proporcionar herramientas a los tomadores de decisiones del orden nacional, regional, departamental y municipal, que les permita acceder de manera oportuna a la información geológica y temática sectorial de interés.

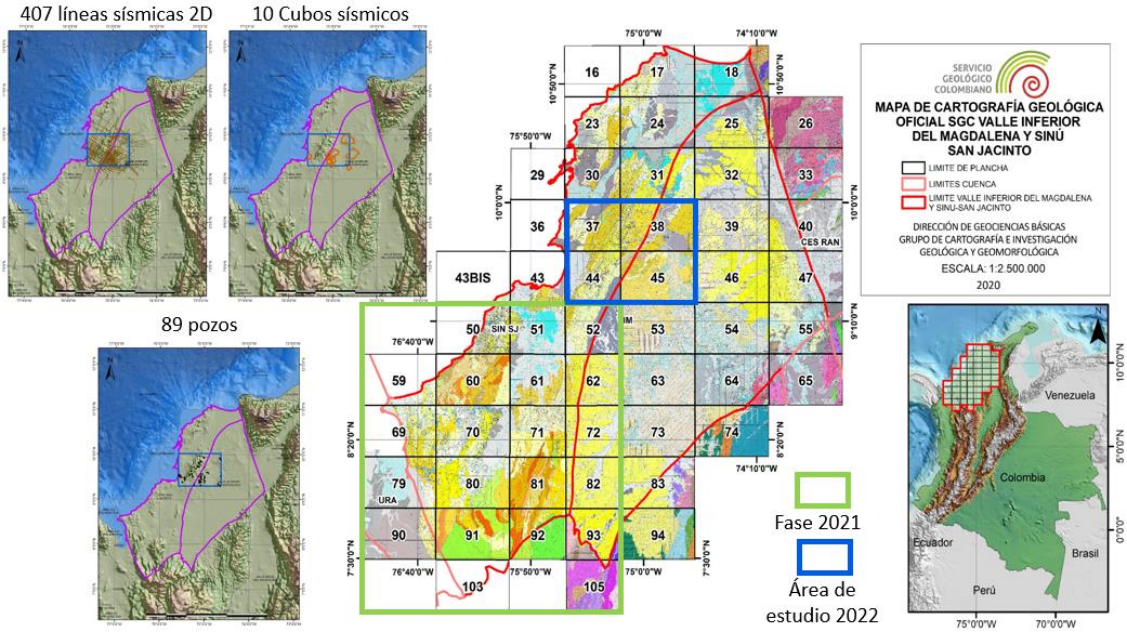
El Servicio Geológico Colombiano (SGC) gestiona el estudio de las geociencias para contribuir al logro del Plan Nacional de Desarrollo y busca satisfacer las necesidades socioeconómicas del país; para el ejercicio de sus funciones tiene en su estructura a la Dirección de Geociencias Básicas (DGB), mediante la cual se proponen planes, programas y proyectos en materia de investigación geocientífica básica regional. Bajo este enfoque, la generación de cartografía geológica se ha

convertido en la base del conocimiento y caracterización de la evolución, la composición y los procesos que determinan la actual morfología, estructura y dinámica del subsuelo colombiano.

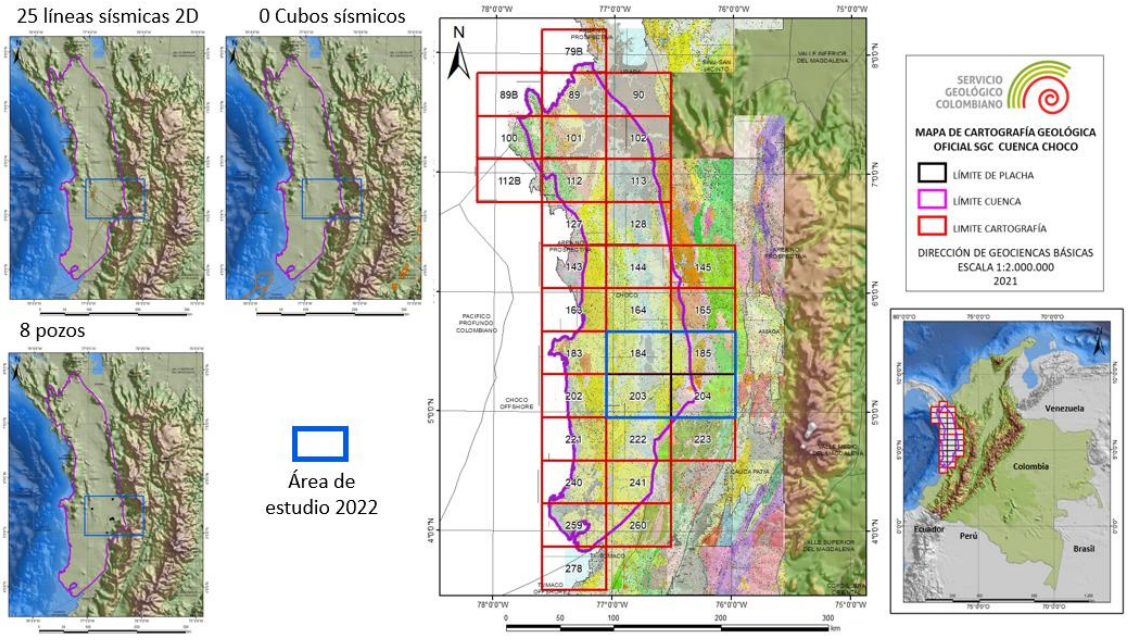
El estudio de las cuencas sedimentarias de Colombia en su concepto integral con respecto a su génesis, desarrollo, límites físicos, sistemas de relleno, áreas fuente, capacidad y restricción ha sido históricamente ilustrado desde el punto de vista de la Industria y la academia. Este conocimiento ha sido parcial y se ha enfocado en aspectos locales de interés particular. El SGC ha realizado en su mayoría el cubrimiento cartográfico a escala 1:100.000 y adelantado innumerables proyectos detallados de estratigrafía, geología estructural, neotectónica etc. en lugares con buena exposición de afloramientos para el levantamiento de unidades litoestratigráficas o para la caracterización de fenómenos particulares.

De esta manera, no existe una versión integrada del concepto geológico de las cuencas del VIM-SSJ y de la cuenca del Chocó, que se pueda considerar como información oficial, que le permita al estado colombiano gestionar el conocimiento de los recursos y amenazas, en pro de la homogenización y estandarización conceptual de todos los aspectos geológicos que definen un sistema de cuenca sedimentaria. Siendo el VIM-SSJ y el Chocó unas regiones del país con una innegable importancia social y económica por su posición geográfica y geológica estratégica para el desarrollo del país, urge tener información básica de referencia de consulta obligatoria para inversionistas, compañías operadoras, grupos poblacionales y académicos y a toda la comunidad científica, que permita unificar todos los resultados, observaciones y modelos presentados, en un marco de referencia único y oficial, que se integre a su vez con la información histórica y del Banco de Información Petrolera (BIP) bajo la administración el SGC.

Para llevar a cabo este propósito, es necesario crear una infraestructura y protocolos de integración de información de superficie y subsuelo bajo los conceptos modernos de geomática. En este proyecto se plantea la creación de una plataforma de integración de información en escala 1:50.000 con relaciones vinculantes de toda la información contenida en bases de datos y bibliografía generada históricamente en la región del VIM-SSJ (figura *Cartografía geológica en escala 1:100.000 de las cuencas Valle Inferior del Magdalena y Sinú-San Jacinto)* y en la región de la cuenca del Chocó (figura Cartografía geológica en escala 1:100.000 de la cuenca Chocó).



Cartografía geológica en escala 1:100.000 de las cuencas Valle Inferior del Magdalena y Sinú-San Jacinto

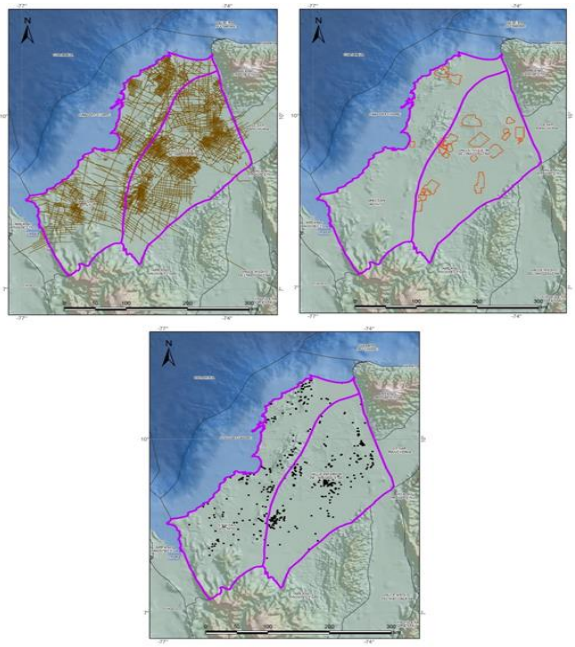


Cartografía geológica en escala 1:100.000 de la cuenca Chocó

La aplicación de las tecnologías geoespaciales más modernas permiten el fortalecimiento de los procesos de interpretación y el análisis de sensores remotos, mediante el uso de software especializado y su disposición a un Sistema de Información Geográfica, que optimiza la consolidación de los requerimientos y especificaciones técnicos para la elaboración de la cartografía geológica y geomorfológica a escalas apropiadas del territorio nacional con la integración de la información (sísmica y pozos) del BIP .

La implementación de nuevas tecnologías para la captura, adquisición, gestión, análisis, interpretación, representación, almacenamiento y difusión de información geológica facilita el diseño e implementación de las estrategias, metodologías e instrumentos, para la transición adecuada de los procesos análogos actualmente vigentes en la DGB, a procesos digitales más exactos, para la adquisición de información geológica y geomorfológica, acordes con los estándares y lineamientos institucionales de nivel mundial.

El fortalecimiento de las capacidades institucionales se fundamenta en la correcta articulación del conocimiento experto en diversas áreas y la reducción de la duplicidad de esfuerzos y de procesos en los proyectos de cartografía y de investigación que se adelanten en la DGB con la integración de la información sísmica y pozos del BIP. De esta manera, se busca optimizar los tiempos y recursos en las fases de recopilación, fotogeología, elaboración de mapas para el desarrollo de los proyectos de cartografía y de investigación de la DGB, como se observa en la siguiente figura.



3 figuras información sísmica 2D (1944 líneas), 3D (26 cubos sísmicos) y 656 pozos disponibles en el BIP de las Cuencas VIM-SSJ.

4.5. MÉTODOS

Los métodos propuestos para la realización de los productos de esta propuesta tienen el más alto rigor técnico y científico propio del Servicio Geológico Colombiano (SGC). A continuación, se presenta una descripción resumida de los métodos con los cuales se llevará a cabo el proyecto.

a. Cartografía geológica a escala 1:50000

Como actividad pre-campo se realiza una interpretación de sensores remotos y se trazan en fotografías aéreas e imágenes de satélite los posibles contactos y estructuras a partir de la interpretación de las texturas y geoformas de las áreas en las fotografías. También se hacen coberturas de archivos vectoriales .SHP los cuales serán integrados a información preexistente y disponible en las bases de datos del Servicio Geológico Colombiano (SGC). Luego se realizan transectas en quebradas y caminos tomando datos en estaciones de campo. En las estaciones se lleva un orden de anotación de los datos, muestras y descripciones. Además, cada estación tendrá un registro fotográfico, de acuerdo con los estándares de calidad de cartografía del SGC. Se colectarán muestras con múltiples propósitos analíticos incluyendo, petrografía y geoquímica, análisis palino y bioestratigráficos incluyendo micro y macrofósiles en las diferentes unidades de la zona de estudio.

b. **Bases de Datos y SIG:**

Se diseñará una GeoDatabase que integre la información de superficie y subsuelo de una manera estandarizada siguiendo los estándares de cartografía del Servicio Geológico Colombiano (SGC), y que permita analizar los distintos productos propios del proyecto estableciendo que las temáticas y los objetos espaciales estén estandarizados y completos, para que en un futuro se faciliten las consultas del proyecto a través del libro índice. Para avanzar en las actividades de revisión, verificación y recopilación de la información es necesario el alquiler o compra de licencias de software especializados en manejo de datos geofísicos del subsuelo, donde se puedan visualizar los datos de pozos y de la sísmica, y así lograr seleccionar la información clave para el proyecto.

Al recolectar, verificar y revisar metódicamente esta información con un buen control de calidad y que garantice buena certidumbre de los datos, se podrá evitar desgaste en manejo de datos y volúmenes de información y continuar eficientemente, con las siguientes fases necesarias del proyecto: Interpretación, integración y análisis.

c. **Levantamientos estratigráficos en campo**

Las secciones estratigráficas se realizarán a escala 1:100 previo levantamiento de poligonales para ubicar correctamente y calcular los espesores de los intervalos cubiertos y aflorantes. Además, se realizará bastoneo con bastón de Jacob de 1,5m, herramienta que es de gran ayuda en la realización precisa del dibujo a escala y la nominación correcta de las muestras para la ubicación de las capas que corresponde en la columna estratigráfica. Sistemáticamente se realiza un registro fotográfico de las secciones estudiadas que se encuentra también dentro de los anexos.

d. Interpretación del subsuelo.

Datos geofísicos, geológicos y petrofísicos del Banco de Información Petrolera (BIP) del Servicio Geológico Colombiano (SGC) serán compilados junto con información de cartografías de planchas 1:100.000 del SGC y las cartografías 1:25000 realizadas durante las etapas de campo en un proyecto de interpretación. Se hace un control de calidad de las líneas y programas sísmicos para realizar la carga. Se cargarán las líneas sísmicas a ser interpretadas y los pozos para realizar el amarre sísmico en profundidad. Dicha interpretación se realiza de unidades estratigráficas luego de calibrar los pozos escogiendo los horizontes y reflectores que correspondan con los topes de las unidades litoestratigráficas. El modelo del subsuelo se realizará en un software especializado alquilado y licenciado para el Servicio Geológico Colombiano (SGC). Esta interpretación permitirá establecer un mejor control del estilo estructural, la distribución de las secuencias aflorantes y la geometría de las estructuras para la elaboración de la cartografía geológica. Para esta actividad no se contempla la elaboración de proyectos de interpretación, ni generación de mapas de horizontes para su oficialización.

e. Análisis petrográficos

El objetivo del análisis petrográfico es caracterizar textural y composicionalmente las rocas que conforman las unidades y los intervalos con potencial de generación de hidrocarburos. Dicha caracterización se realiza a partir de observación de las secciones delgadas, conteo de 300 puntos y teniendo en cuenta los diagramas de clasificación de rocas calcáreas de Folk (1962) y Dunham (1962), y el de Mount (1985) para rocas mixtas. A partir del conteo se establece el contenido aproximado de materia orgánica, su disposición dentro de la roca, de acuerdo con el origen y tipo de porosidad en la que esta se almacena, los procesos diagenéticos y su relación con la acumulación y migración de la misma. Se emplean las propuestas de Choquette y Pray (1970) para clasificación de porosidad de fábrica y secundaria selectiva o no. Adicionalmente, se definen microfacies cuyo análisis permite identificar procesos sedimentarios y aporta herramientas para la interpretación paleoambiental de las sucesiones objeto de estudio. Este análisis se basa en la propuesta de Flügel (2010) la cual emplea los siguientes parámetros: tipos de granos (aloquímicos o no) su abundancia y asociaciones, tipo de matriz y su contenido, fábrica del depósito, contenido fósil y tipo de textura deposicional. Además, se utilizarán los formatos de descripción de secciones delgadas con los estándares de calidad del Servicio Geológico Colombiano (SGC). Dichos formatos tienen todas las descripciones y conteos. Existen formatos diferentes según el tipo de roca: ígneas, metamórficas, volcánicas, arenitas o calcáreas.

f. Geoquímica orgánica

Para la caracterización de la cantidad y calidad de la materia orgánica de los intervalos estratigráficos estudiados se realizan análisis de TOC y Pirólisis Rock Eval de muestras en las unidades litoestratigráficas con mayor prospectividad como yacimientos en roca generadora. En el laboratorio se realiza la trituración primaria de las muestras para llevarlas a un tamaño de partícula de 1cm aproximadamente. Se realiza la trituración secundaria y tamizaje de la muestra, luego se macera la muestra para llevarla a tamaño polvo. Se lleva a cabo el procedimiento analítico según la

prueba o ensayo requerido: carbono orgánico total (TOC), Pirolisis Rock Eval y Reflectancia de vitrinita (Ro).

Para la cuantificación en porcentaje del Carbono Orgánico Total (TOC) se utiliza un equipo analizador de carbono y azufre tipo LECO; para la realización de la pirólisis se utiliza un analizador de muestras de roca y suelo Rock Eval, este método analítico es un procedimiento donde la muestra es calentada en un horno en atmosfera inerte a una tasa rápida de calentamiento hasta alcanzar más de 500°C. Los productos que se obtienen a diferentes temperaturas van siendo medidos y así se obtienen unos picos cuyas relaciones nos sirven para interpretar tipos de materia orgánica, grado de evolución térmica, y potencial generador de petróleo. Para la cuantificación de la reflectancia de la vitrinita se ataca la muestra con HCl y/o HF para remover la materia orgánica se realizan los montajes y se observan en un microscopio de luz reflejada. Se realizan varias observaciones para tener varios datos y tener una población con valor estadístico.

g. Análisis de Núcleos

Serán seleccionados núcleos de perforación adquiridos durante la perforación de pozos estratigráficos y exploratorios que se encuentran en la Litoteca Nacional. Los núcleos escogidos para descripción y muestreo tendrán en cuenta el estado de confidencialidad, la cantidad y el estado de preservación de roca recuperada dentro de zonas de interés. En general se describirán y muestrearán núcleos de rocas con características definidas de interés para su análisis dentro del proyecto. La descripción se realizará a escalas adecuadas y se registrarán los mismos aspectos mencionados en las descripciones de afloramiento y se usarán igualmente formatos de descripción con los estándares establecidos por el SGC. La descripción de los núcleos, se tomarán muestras para ser analizadas por petrografía, bioestratigrafía, difracción de Rayos X y geoquímica.

h. Magnetotelúrica

El método magnetotelúrico es una técnica electromagnética de exploración que permite obtener información de las propiedades geoeléctricas del subsuelo mediante las fluctuaciones temporales del campo electromagnético natural generadas en la Ionosfera (campo telúrico), debido principalmente a la actividad solar. La conductividad eléctrica del suelo y la frecuencia son los responsables de la distribución de los campos, ya que los medios conductores dificultan más la penetración que los medios resistivos. Además, como las frecuencias bajas se atenúan a mayor profundidad que las frecuencias altas, las medidas para diferentes frecuencias darán información de la distribución de resistividades en profundidad. Esta distribución es determinada por la relación entre las componentes de la variación del campo eléctrico y magnético medidos. Finalmente se obtiene una sección de resistividades en profundidad, pudiéndose alcanzar profundidades de investigación a nivel de manto superficial.

Las perspectivas técnicas, son amplias, ya que este método tiene aplicaciones muy diversas:

- Definición de contacto entre materiales.
- Detección del basamento rocoso.
- Detección del nivel freático.

- Identificación de zonas fracturadas y discontinuidades.
- Identificación de zonas contaminadas con lixiviados.
- Definición de zonas afectadas por intrusión salina.
- Estudios geotérmicos.
- Localización y monitoreo de reservorios geológicos para el almacenamiento de CO2.
- Exploración del subsuelo (industria petrolera).

i. Slim hole

La tecnología slim hole es una nueva opción aplicada en la exploración de hidrocarburos, especialmente en zonas lejanas, de difícil acceso y con restricciones ambientales. Una buena definición de slim hole es un pozo donde el 90% o más de su longitud es perforado con brocas de menos de 7 pulgadas de diámetro.

La tecnología de perforación slim hole ha estado activa desde principio de los años 20 y fue estudiado en profundidad en los años 50, cuando se desarrolló en respuesta a la creciente demanda de petróleo durante la Segunda Guerra Mundial, al alto consumo de combustibles durante ella, debido a esto diferentes compañías petroleras perforaron más de mil pozos slim hole en este tiempo. En la década de los 50, varias compañías operaron plataformas de perforación slim hole a profundidades de 7.500 pies, con tubería de perforación de 2 7/8", todos ellos en busca y aumento de producción petróleo. Con base en esta campaña de perforación, las compañías concluyeron que esta tecnología es un método viable que genera un ahorro de costos en el área de perforación de hasta un 35% e indicando que los diámetros menores de 7 pulgadas eran lo suficientemente grande como para producir aceite y gas.

En los últimos años la estricta legislación ambiental, el nuevo panorama económico, el aumento en el precio del petróleo y los importantes avances tecnológicos, han posibilitado que la industria ahora aborde satisfactoriamente problemas que en el pasado presentó la tecnología slim hole, razón por la cual esta tecnología resulta como alternativa frente a la operación convencional ya que permite reducir significativamente costos de perforación (equipos, brocas, lodo, personal) y minimizan el impacto ambiental (residuos, ruido, emisión de gases) en las operaciones de pozos de exploración y desarrollo. Además, permite mejorar las condiciones de trabajo y facilita la movilización del equipo de perforación a cualquier sitio.

En la búsqueda de innovación, las compañías han revisado muchas técnicas de perforación para implementarlas, tal como la aplicación de slim hole en la industria minera, para lo cual se han diseñado equipos prácticos, sencillos y adecuados para todo tipo de formación, con el objetivo principal de reducir costos e incrementar la confiabilidad permitiendo obtener mejores resultados.

4.6. PRODUCTOS (P) ESPECÍFICOS DEL PROYECTO

PRODUCTO 1- Mapa de integración cartográfica en escala 1:50.000 de la zona noroccidental de la Cuenca del Valle Inferior del Magdalena y Norte del Sinú San Jacinto y de la Cuenca del Chocó.

Mapa geológico en presentación tipo atlas a escala 1:50.000, con columnas estratigráficas detalladas de cada unidad de roca diferenciada, 1 informe del modelo morfotectónico regional, y 3 secciones estructurales regionales para las cuencas de VIM-SSJ (zona nororiental) y 2 secciones estructurales regionales para la Cuenca del Chocó.

(Un) 1 INFORME de memoria ejecutivo que explica de manera clara y concisa los aspectos geológicos relevantes para comprender los productos gráficos presentados en el atlas de cada área de estudio

Actividades relacionadas

- Integrar la información geológica disponible en el VIM-SSJ en una plataforma geomática diseñada para la escala 1:50.000.
- Analizar e Integrar toda la información obtenida de los "proyectos integrados de núcleos" desarrollados por la ANH con Universidades y empresas de servicios.
- Realizar un diagnóstico de distribución de información existente, para identificar faltantes, bajas densidades, problemas de amarre, errores cartográficos y posibilidades operativas.
- Identificar, corregir y reinterpretar mediante el uso de sensores remotos los elementos geológicos en áreas que carecen de continuidad y/o interpretación cartográfica contradictoria.
- Analizar e integrar los resultados de sensores remotos, datos de campo, análisis de laboratorio, líneas sísmicas e información de pozos, y toda la información presentada en informes de caracterización realizados previamente por la ANH para los pozos estratigráficos de la zona, denominados Estudios Integrados de Núcleos.
- Realizar el levantamiento de información cartográfica de control en lugares de la cuenca donde se requiera información estratigráfica o estructural de mayor detalle, a través de transectas de control.
- Realizar el levantamiento de información estratigráfica detallada de control en lugares de la cuenca donde se requiera información de mayor detalle para la definición y correlación de unidades litoestratigráficas.
- Realizar análisis de control bioestratigráfico y preparar las muestras colectadas para posteriormente (en la fase 3) realizar análisis de petrografía, litogeoquímica (MEB-EDAX), DRX, geocronología, Bioestratigrafía, geoquímica orgánica e inorgánica, utilizando tanto la infraestructura de la Red Nacional de Laboratorios como laboratorios nacionales e internacionales certificados, que permitan soluciones robustas y adecuadas para la estratigrafía de la región del VIM SSJ.
- Realizar análisis de petrografía, litogeoquímica (MEB-EDAX), DRX, bioestratigrafía, geocronología, geoquímica orgánica e inorgánica, utilizando tanto la infraestructura de la Red Nacional de Laboratorios como laboratorios nacionales e internacionales certificados, que permitan soluciones robustas y adecuadas para la estratigrafía de la región del Chocó.
- Elaborar la memoria técnica para la información de cartografía geológica obtenida.
- Realizar actividades de gestión de socialización, para transmitir el conocimiento geocientífico a la comunidad científica, a las autoridades y comunidades presentes en la zona de interés.

PRODUCTO 2- Carta de correlación estratigráfica y bioestratigráfica de información de superficie y pozos de la zona.

(Un) 1 INFORME que contiene una propuesta de correlación de unidades geológicas, superficies limitantes regionales como hitos de correlación, una carta de predicción facial y bioestratigráfica para cada unidad, a partir de columnas estratigráficas estandarizadas, con base en los pozos más representativos de las cuencas, integrados con información de registros eléctricos y columnas de superficie para las cuencas de VIM-SSJ (zona nororiental) y la Cuenca del Chocó.

Actividades relacionadas

- Elaboración de columnas estratigráficas detalladas a partir de la información del registro litológico de columnas de campo y pozos escogidos en posiciones estratégicas en la cuenca con el fin de identificar características de distribución diferencial de facies y control en el sistema de relleno. En las cuencas de VIM SSJ, se integran los resultados de descripción de muestreo y análisis realizados previamente por la ANH en sus proyectos de Estudios Integrados de Núcleos.
- Informe de elaboración de cartas de correlación lito y crono estratigráficas en diferentes posiciones de las Cuencas (en superficie y subsuelo) con el fin de evaluar y determinar las características evolutivas de distribución y control del sistema de relleno. Estas cartas representarán la nomenclatura oficial de unidades litoestratigráficas para uso unificado en todos los proyectos de la Cuenca. En las cuencas de VIM SSJ, estas cartas se integrarán todos los resultados de los estudios integrados de núcleos y certificación, adelantados por la ANH a sus pozos slim hole y estratigráficos profundos perforados en la cuenca. Por su parte, en la cuenca de Chocó, las cartas representarán la nomenclatura oficial de unidades litoestratigráficas para uso unificado en todos los proyectos de la Cuenca.

PRODUCTO 3- Diseño, localización y conformación de términos de referencia para la perforación de un pozo tipo slim hole para la obtención de datos estratigráficos en la cuenca de VIM SSJ.

(Un) 1 INFORME que contiene los términos de referencia para la perforación de 1 pozo estratigráfico tipo slim hole con recuperación total de núcleo de por lo menos 2000 pies en la cuenca de VIM SSJ. Incluye aspectos de viabilidad ambiental y técnica (PMA y PMS y si es necesario una consulta previa), los puntos de perforación y puntos contingentes con su respectiva prognosis geológica básica.

PRODUCTO 4- Diseño, localización y conformación de términos de referencia para la adquisición 300 km (900 estaciones aprox) de levantamiento de información magnetotelúrica para ser procesada e integrada en un modelo geofísico del subsuelo a partir de la información geofísica existente (Sísmica de reflexión, Gravimetría y Magnetometría) en la cuenca VIM SSJ.

(Un) 1 INFORME que contiene los términos de referencia para la adquisición, procesamiento y análisis de dos (2) secciones que se pretenden realizar a través del método geofísico de Magnetotelúrica en la cuenca VIM SSJ.

Estas secciones buscan delimitar la interface sedimentaria con su basamento rígido, permitiendo entender la relación geométrica del espacio de acomodación y los diferentes pulsos de llenado, así como el control de estructuras de primer orden en el proceso de distribución de facies sedimentarias.

Durante la Ejecución del Proyecto el SGC deberá realizar y entregar, todos los productos P1, P2, P3 y P4 definidos el numeral B, adicional a los siguientes:

- Presentación técnica inicial del proyecto en la Vicepresidencia Técnica de la ANH y copia digital de la misma (archivo .PPTX de Microsoft Power Point y PDF de Adobe Acrobat), en la cual deberá presentarse el cronograma de actividades, el equipo de profesionales y la metodología ajustada para el desarrollo del proyecto.
- Informes mensuales con la relación de las actividades y avances en la ejecución del proyecto.
- Informe final P1, P2, P3 y P4. Los informes deben entregarse en dos copias en papel y digital. Se debe entregar el SIG, el Proyecto de interpretación sísmica en Petrel y todas las figuras en los formatos nativos.
- Proyecto GIS que incluya geodatabase asociada y validada de acuerdo al modelo GDB corporativo utilizado por la Vicepresidencia Técnica ANH con toda la información espacial generada por el proyecto. La información espacial debe estar referida al datum magna sirgas con origen central.
- Presentación técnica con los resultados del proyecto en el sitio y fecha acordados con el supervisor de la ANH.

NOTA: Los entregables seguirán las especificaciones del Manual de Entrega del EPIS

4.7. CRONOGRAMA

PRODUCTO OBJETIVO	ACTIVIDAD								
		Revisión bibliográfica de las zonas de estudio							
P1	A1	Plataforma Geomatica							
	A2	Empalmes							
	A3	Integración cartografica							
	A5	Socialización							
P1	B1	Levantamiento secciones cartografia							
	B2	Levantamiento columnas							
	B3	Analisis Laboratorio							
P3	C1	Términos de referencia Slim Hole							
	C2	Descripción Nucleos							
	C3	Analisis Laboratorio							
P2	D1	Elaboración Columnas							
	D2	Cartas de Correlación							
P2	E1	Curvas de subsidencia							
	E2	Cartas de eventos							
P4	F1	Interpretación de superficies geofisicas							
	F2	Modelos de propiedades							
	F3	Secciones MT							
P1	H1	GERENCIA DEL PROYECTO							
	H2	OPERADOR LOGISTICO							

4.8. ALCANCE GENERAL

Para la puesta en marcha del proyecto, durante el mes de diciembre se desarrollarán actividades administrativas que permitan realizar el montaje logístico que soportarán las labores técnicas durante el primer semestre del año 2022. Estas actividades consisten en la preparación de la vinculación del personal, alquiler de las locaciones, compra y/o alquiler de software y hardware que requiere el proyecto, entre otros. A su vez, en este periodo se realizará una revisión bibliográfica de la información tecnocientífica existente del área de trabajo, la cual se condensará en un informe tipificado como entregable y presentado al terminar la vigencia 2021

Por su parte, en el año 2022 la investigación incluirá la integración cartográfica en escala 50.000 de 4 planchas actualmente en escala 1:100.000, que corresponden a la parte nororiental de la zona de las cuencas VIM-SSJ, y de 4 planchas actualmente en escala 1:100.000, que corresponden a la parte sur de la cuenca Chocó. Esta actividad se apoyará en controles y levantamiento de campo, muestreo y análisis sistemático de propiedades físicas, químicas, ambientes de depósito y edad relativa, para llevar a cabo el amarre y correlación estratigráfica de información de superficie y subsuelo, (especialmente los estratigráficos perforados por la ANH). De igual manera, se plantea la elaboración de un (1) documento de avance que incluya la descripción de cartas bio y cronoestratigráficas, como base para la propuesta de unidades litoestratigráficas de referencia de las dos cuencas involucradas en el estudio. Adicionalmente, se propone, el diseño, prognosis factibilidad social - ambiental y conformación de términos de referencia para una perforación de un pozo estratigráfico tipo slim hole. Así mismo, se conformarán los términos de referencia para el diseño, localización y adquisición de 300 km de registro de la técnica magnetotélurica, en donde se obtenga información para posteriormente ser procesada e integrada con la información MT adquirida en la fase 1 y en los proyectos previos realizados por la ANH, en un modelo geofísico del

subsuelo con la información geofísica existente basada en otros métodos (Gravimetría, Magnetometría, Sísmica).

4.9. RECURSO HUMANO

A continuación, se presenta la composición del personal requerido para el desarrollo del proyecto, con una dedicación del 100%.

CARGO	CATEGORIA	TOTAL MESES	VALOR /MES 2021 – 2022 IVA INCLUIDO	CANTIDAD	VALOR TOTAL CONTRATOS 2021-2022
Asesor del proyecto	ASESOR NACIONAL / INTERNACIONAL	7	40.000.000	1	333.200.000
Asesor Nacional / Internacional	ASESOR NACIONAL / INTERNACIONAL	6,5	40.000.000	1	309.400.000
Profesional senior	ASESOR 7	7	19.000.000	1	158.270.000
Profesional senior	ASESOR 7	7	19.000.000	1	158.270.000
Coordinador técnico	ASESOR 7	7	19.000.000	1	158.270.000
Gerente	ASESOR 7	8	19.000.000	1	180.880.000
Coordinador administrativo	ASESOR 7	7	19.000.000	1	158.270.000
Coordinador jurídico	ASESOR 7	7	19.000.000	1	158.270.000
Coordinador financiero	ASESOR 7	7	19.000.000	1	158.270.000
Coordinador financiero	ASESOR 7	7	19.000.000	1	158.270.000
Profesional senior	ASESOR 7	7	19.000.000	1	158.270.000
Profesional senior	ASESOR 7	7	19.000.000	1	158.270.000
Profesional senior	ASESOR 7	7	19.000.000	1	158.270.000
Profesional senior	ASESOR 7	8	19.000.000	1	180.880.000
Profesional senior	ASESOR 7	7	19.000.000	1	158.270.000

Profesional senior	ASESOR 7	7	19.000.000	1	158.270.000
Profesional senior	ASESOR 7	7	19.000.000	1	158.270.000
Profesional senior	ASESOR 7	7	19.000.000	1	158.270.000
Profesional senior	ASESOR 7	7	19.000.000	1	158.270.000
Profesional senior	ASESOR 7	7	19.000.000	1	158.270.000
Profesional senior	ASESOR 7	7	19.000.000	1	158.270.000
Profesional senior	ASESOR 7	7	19.000.000	1	158.270.000
Profesional senior	ASESOR 7	7	19.000.000	1	158.270.000
Profesional senior	ASESOR 7	7	19.000.000	1	158.270.000
Profesional senior	ASESOR 7	7	19.000.000	1	158.270.000
Profesional senior	ASESOR 7	7	19.000.000	1	158.270.000
Profesional senior	ASESOR 7	7	19.000.000	1	158.270.000
Profesional senior	ASESOR 6	6,5	16.197.944	1	125.291.101
Profesional senior	ASESOR 6	6,5	16.197.944	1	125.291.101
Profesional senior	ASESOR 6	6,5	16.197.944	1	125.291.101
Profesional senior	ASESOR 6	6,5	16.197.944	1	125.291.101
Profesional senior	ASESOR 6	6,5	16.197.944	1	125.291.101
Profesional senior	ASESOR 6	6,5	16.197.944	1	125.291.101
Profesional senior	ASESOR 6	6,5	16.197.944	1	125.291.101
Profesional senior	ASESOR 6	6,5	16.197.944	1	125.291.101
Profesional semi senior	ASESOR 4	6,5	12.682.064	1	105.641.599
Profesional senior	ASESOR 6	6,5	16.197.944	1	125.291.101
Profesional semi senior	ASESOR 5	6,5	14.376.464	1	119.755.951
Profesional senior	ASESOR 6	6,5	16.197.944	1	125.291.101

Profesional semi senior	ASESOR 5	6,5	14.376.464	1	119.755.951
Profesional semi senior	ASESOR 5	6,5	14.376.464	1	119.755.951
Profesional semi senior	ASESOR 5	6,5	14.376.464	1	119.755.951
Profesional semi senior	ASESOR 5	6,5	14.376.464	1	119.755.951
Profesional semi senior	ASESOR 5	6,5	14.376.464	1	119.755.951
Profesional semi senior	ASESOR 5	6,5	14.376.464	1	119.755.951
Profesional semi senior	ASESOR 5	6,5	14.376.464	1	119.755.951
Profesional semi senior	ASESOR 5	6,5	14.376.464	1	119.755.951
Profesional semi senior	ASESOR 5	6,5	14.376.464	1	119.755.951
Profesional semi senior	ASESOR 5	6,5	14.376.464	1	119.755.951
Profesional semi senior	ASESOR 4	6,5	12.682.064	1	105.641.599
Profesional semi senior	ASESOR 4	8	12.682.064	1	120.733.256
Profesional semi senior	ASESOR 4	6,5	12.682.064	1	105.641.599
Profesional semi senior	ASESOR 4	6,5	12.682.064	1	105.641.599
Profesional Junior	PROFESIONAL 6	6,5	5.329.466	1	44.394.455
Profesional Junior	PROFESIONAL 6	6,5	5.329.466	1	44.394.455
Profesional Junior	PROFESIONAL 10	6,5	7.386.237	1	61.527.361
Profesional Junior	PROFESIONAL 10	6,5	7.386.237	1	61.527.361
Profesional Junior	PROFESIONAL 10	6,5	7.386.237	1	61.527.361
Profesional Junior	PROFESIONAL 10	6,5	7.386.237	1	61.527.361

Profesional Junior	PROFESIONAL 6	6,5	5.329.466	1	44.394.455
Profesional Junior	PROFESIONAL 6	6,5	5.329.466	1	44.394.455
Profesional Junior	PROFESIONAL 6	6,5	5.329.466	1	44.394.455
Profesional Junior	PROFESIONAL 6	6,5	5.329.466	1	44.394.455
Profesional Junior	PROFESIONAL 6	6,5	5.329.466	1	44.394.455
Profesional Junior	PROFESIONAL 6	6,5	5.329.466	1	44.394.455
Profesional senior	ASESOR 6	6,5	16.197.944	1	125.291.101
Profesional Junior	PROFESIONAL 10	7	7.386.237	1	61.527.361
Profesional senior	ASESOR 6	7	16.197.944	1	134.928.878
Profesional senior	ASESOR 6	7	16.197.944	1	134.928.878
Profesional Junior	PROFESIONAL 10	8	7.386.237	1	70.316.984
Profesional Junior	PROFESIONAL 6	6,5	5.329.466	1	44.394.455
Auxiliar	ASISTENCIAL 5	6,5	4.300.000	1	35.819.000
Auxiliar	ASISTENCIAL 2	6,5	2.957.843	1	24.638.838
Auxiliar	ASISTENCIAL 2	6,5	2.957.843	1	24.638.838
Auxiliar	ASISTENCIAL 2	6,5	2.957.843	1	24.638.838
Auxiliar	ASISTENCIAL 2	6,5	2.957.843	1	24.638.838
Profesional senior	ASESOR 7	7	19.000.000	1	158.270.000
Profesional senior	ASESOR 7	7	19.000.000	1	158.270.000
Profesional senior	ASESOR 7	7	19.000.000	1	158.270.000
Profesional senior	ASESOR 7	7	19.000.000	1	158.270.000
Profesional senior	ASESOR 7	7	19.000.000	1	158.270.000
Profesional senior	ASESOR 7	7	19.000.000	1	158.270.000
Profesional semi senior	ASESOR 4	6,5	12.682.064	1	105.641.599
Profesional semi senior	ASESOR 5	6,5	14.376.464	1	119.755.951

Profesional semi senior	ASESOR 5	8	14.376.464	1	136.863.944
Profesional semi senior	ASESOR 4	7	12.682.064	1	105.641.599
Profesional semi senior	ASESOR 4	7	12.682.064	1	105.641.599
Profesional semi senior	ASESOR 4	7	12.682.064	1	105.641.599
Profesional Junior	PROFESIONAL 6	7	5.329.466	1	44.394.455
Profesional Junior	PROFESIONAL 10	7	7.386.237	1	61.527.361
Profesional Junior	PROFESIONAL 10	7	7.386.237	1	61.527.361
Profesional Junior	PROFESIONAL 10	7	7.386.237	1	61.527.361

4.10. ANÁLISIS DE LABORATORIO

CONCEPTO	CANTIDAD APROX	VALOR UNITARIO BASADO EN PRECIOS HISTORICO	VALOR TOTAL
Polen, dinoflagelados, esporas (preparación, análisis)	584	$ 1.495.000	**$ 873.080.000**
Foraminíferos bentónicos, planctónicos (preparación, análisis)	584	$ 1.428.000	**$ 833.952.000**
Nanofósiles calcáreos (preparación, análisis)	584	$ 1.428.000	**$ 833.952.000**
ostracodos dinoflagelados	350	$ 1.200.000	**$ 420.000.000**
Análisis petrográfico (elaboración de secciones más análisis)	1.280	$ 1.000.000	**$ 1.280.000.000**
Muestras para análisis petrofísicos (muestreo, cortes, porosidad, permeabilidad)	1280	$ 1.000.000	**$ 1.280.000.000**
Análisis cuantitativos DRX	964	$ 350.000	**$ 337.400.000**
Análisis petrográficos rocas cristalinas	90	$ 700.000	**$ 63.000.000**
Contenido de materia orgánica TOC	294	$ 250.000	**$ 73.500.000**
Contenido de azufre total	294	$ 250.000	**$ 73.500.000**
contenido de carbono total	294	$ 150.000	**$ 44.100.000**

CONCEPTO	CANTIDAD APROX	VALOR UNITARIO BASADO EN PRECIOS HISTORICO	VALOR TOTAL
Estudio de reflectancia de la vitrinita (Ro)	294	$ 800.000	**$ 235.200.000**
Muestras para pirolisis (preparación, análisis)	295	$ 300.000	**$ 88.621.952**
extracción de bitumen y crudo	96	$ 400.000	**$ 38.400.000**
Biomarcadores	92	$ 2.300.000	**$ 211.600.000**
Análisis SARA	92	$ 3.000.000	**$ 276.000.000**
total			**$ 6.962.305.952**

4.11. VALOR DEL CONVENIO

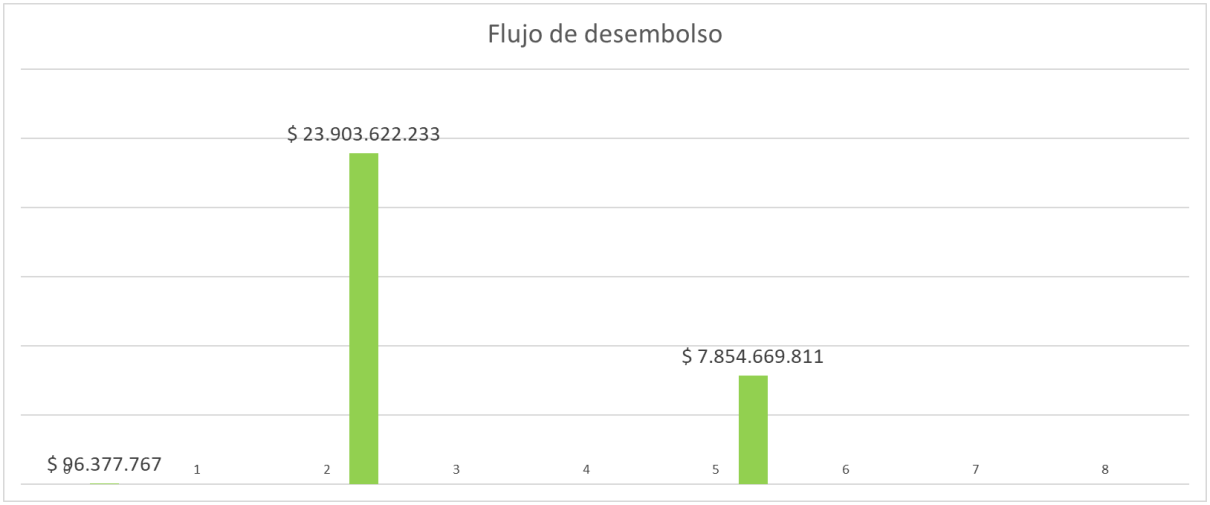
Para la investigación a desarrollar en el periodo comprendido entre diciembre de 2021 y julio de 2022, el valor acordado entre las partes es de $37.598.280.715 incluido IVA que serán aportados por las partes así:

RUBRO GENERAL	ANH	SGC	TOTAL
INFORMACIÓN TÉCNICA	$ 10.780.000.000	$ 580.616.000	$ 11.360.616.000
RECURSOS HUMANOS	$ 12.575.560.000	$ 282.575.510	$ 12.858.135.510
RECURSOS LOGÍSTICOS	$ 8.499.109.811	$ 4.880.419.394	$ 13.379.529.205
TOTAL	**$ 31.854.669.811**	**$ 5.743.610.904**	**$ 37.598.280.715**

La ANH desembolsará al SGC el valor correspondiente a su aporte, de la siguiente manera:

FLUJO DE DESEMOLSOS PARA EL PROYECTO INTEGRACIÓN CERTOGRÁFICA DE LA ZONA NOROCCIDENTAL DE LAS CUENCAS VIM SSJ Y DEL CHOCÓ

	DESEMBOLSO 1		DESEMBOLSO 2			DESEMBOLSO 3				
MES	**DIA 0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	TOTALES
GASTO EN $	**$ 96.377.767**		**$ 23.903.622.233**			**$ 7.854.669.811**				$ 31.854.669.811
% DE GASTO	0,30%		75%			100%				
HITOS	Firma del acta de inicio	Informe de revisión bibliográfica de información tecnocientífica existente de las áreas de estudio.	Contratación del personal necesario para el desarrollo de actividades			P1: Informe de actividades de campo, diseño y Armado de la plataforma geomática, elaboración de la base topográfica			P1: Informe de elaboración de mapas geológicos integrados	
						P2:Muestreo detallado del 7% de los pies de núcleo, preparación y envío de 200 muestras, Elaboración de formatos y plantillas para la presentación de productos finales.			P2: muestreo detallado del 15% de los pies de núcleo, Informe de preparación de muestras, Informe de elaboración de columnas y cartas	
						P3: Elaboración de términos de referencia para la contratación de la perforación de un pozo Slim hole. Elaboración de prepliegos de licitación de perforación.			P3: Aprobación de estudios previos de contrato de para la perforación de un pozo Slim hole. Informes PMA y PMS, diseño de consulta previa.	
						P4: Elaboración de términos de referencia para la contratación de adquisición MT. Inicio de pliegos de contratación para adquisición MT.			P4: Aprobación de estudios previos de contrato e inicio de fase de adquisición MT.	


Flujo de desembolso
$ 23.903.622.233
$ 7.854.669.811
$ 96.377.767
0
1
2
3
4
5
6
7
8