

El Servicio Geológico Colombiano en el marco de la transición energética justa y de los retos de la crisis climática.

Julio Fierro Morales
Geólogo MSc Geotecnia
Director General

SERVICIO
GEOLOGICO
COLOMBIANO



2023

ASPECTOS GLOBALES QUE IMPULSAN TRANSICIÓN

With every increment of global warming, regional changes in mean climate and extremes become more widespread and pronounced

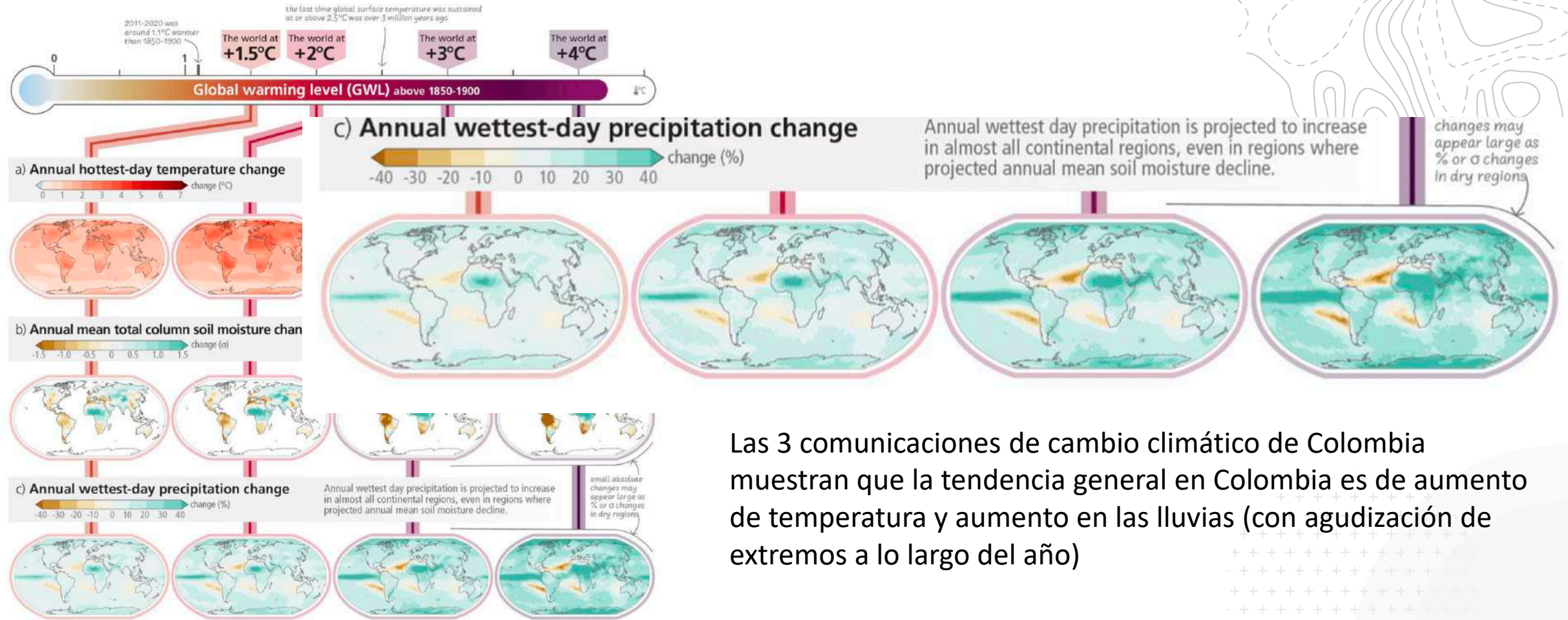
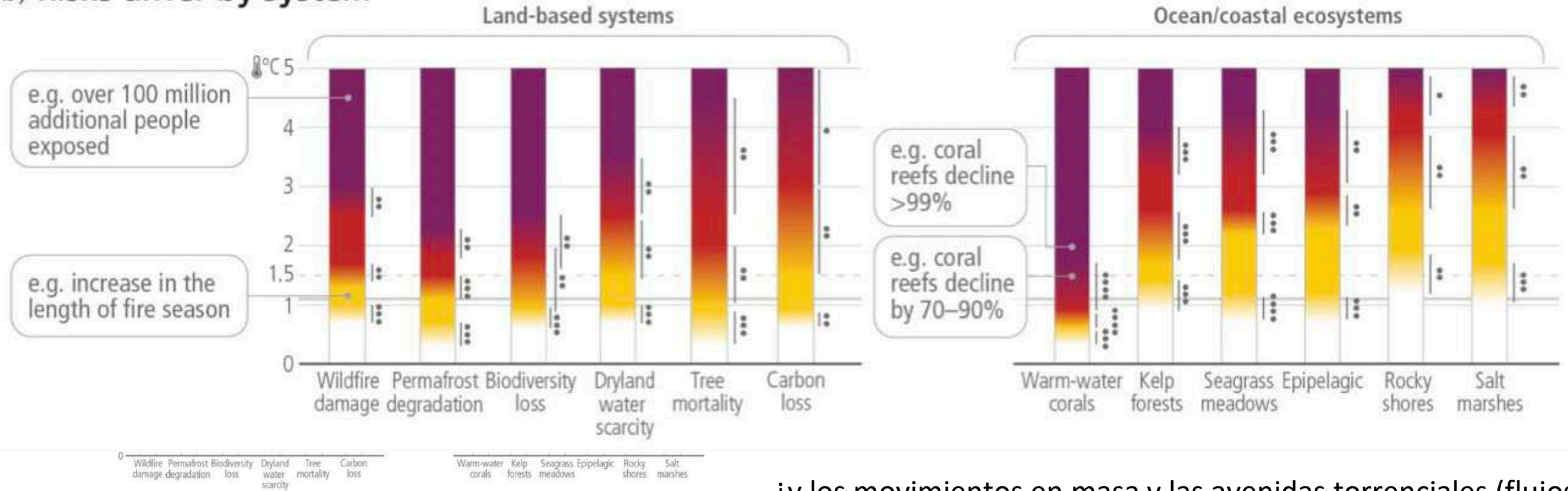


Figure SPM.2: Projected changes of annual maximum daily maximum temperature, annual mean total column soil moisture and annual maximum 1-day precipitation at global warming levels of 1.5°C, 2°C, 3°C, and 4°C relative to 1850–1900. Projected (a) annual maximum daily temperature change (°C), (b) annual mean total column soil moisture

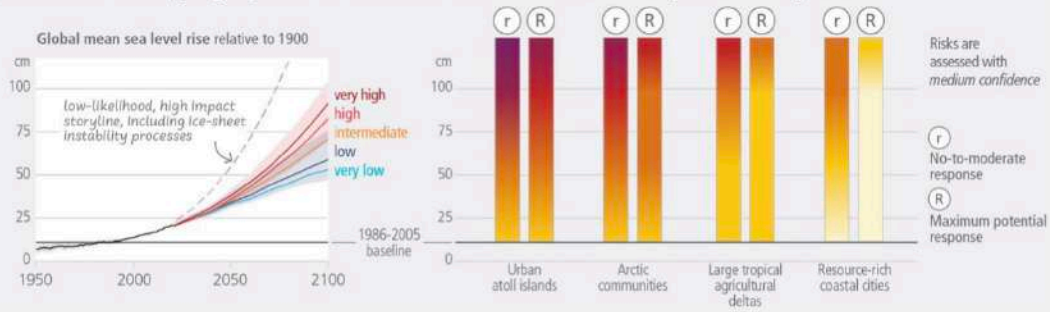
Las 3 comunicaciones de cambio climático de Colombia muestran que la tendencia general en Colombia es de aumento de temperatura y aumento en las lluvias (con agudización de extremos a lo largo del año)

ASPECTOS GLOBALES QUE IMPULSAN TRANSICIÓN

b) Risks differ by system



c) Risks to coastal geographies increase with sea level rise and depend on responses



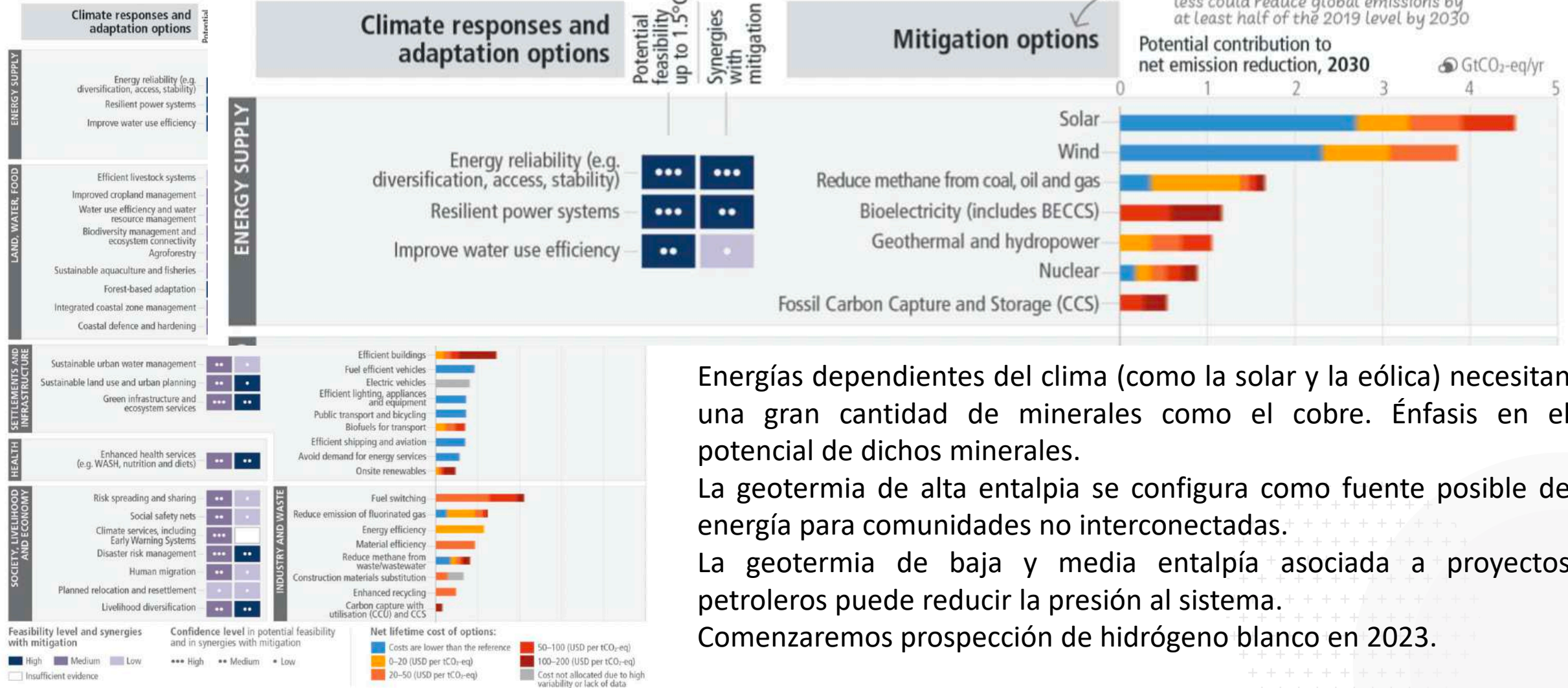
¿y los movimientos en masa y las avenidas torrenciales (flujos de escombros y lodos)? Colombia es el país con más muertes por este tipo de eventos, con relación a su área, en el mundo. Debemos investigar.

ASPECTOS GLOBALES QUE IMPULSAN TRANSICIÓN



There are multiple opportunities for scaling up climate action

a) Feasibility of climate response



Energías dependientes del clima (como la solar y la eólica) necesitan una gran cantidad de minerales como el cobre. Énfasis en el potencial de dichos minerales.

La geotermia de alta entalpia se configura como fuente posible de energía para comunidades no interconectadas.

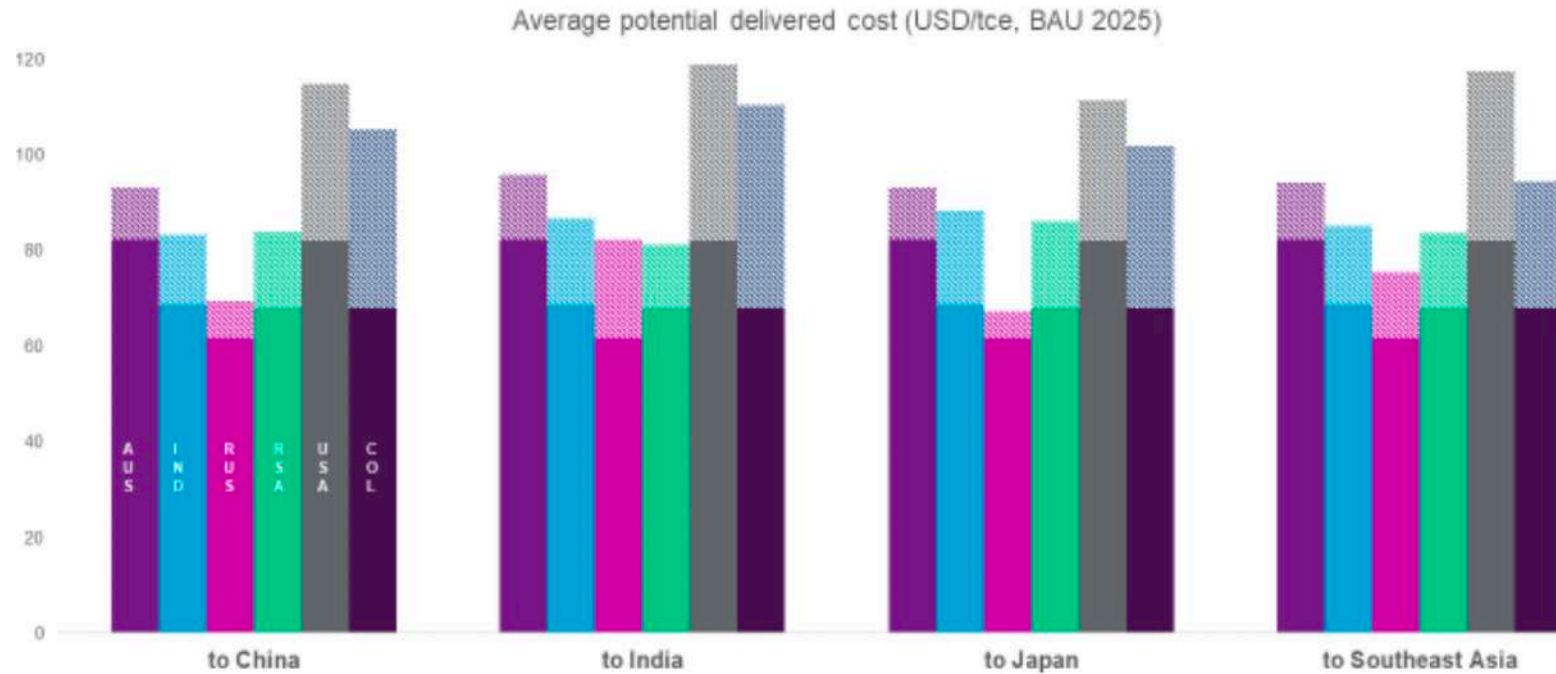
La geotermia de baja y media entalpía asociada a proyectos petroleros puede reducir la presión al sistema.

Comenzaremos prospección de hidrógeno blanco en 2023.

ASPECTOS GLOBALES QUE IMPULSAN TRANSICIÓN

Las incertidumbres respecto a los mercados internacionales de carbón – el papel de los fletes

Figure 8: Delivered cost of Colombian coal to Asian markets (BAU 2025)¹⁵⁵ (Colombian coal is on the right of each set of bars)



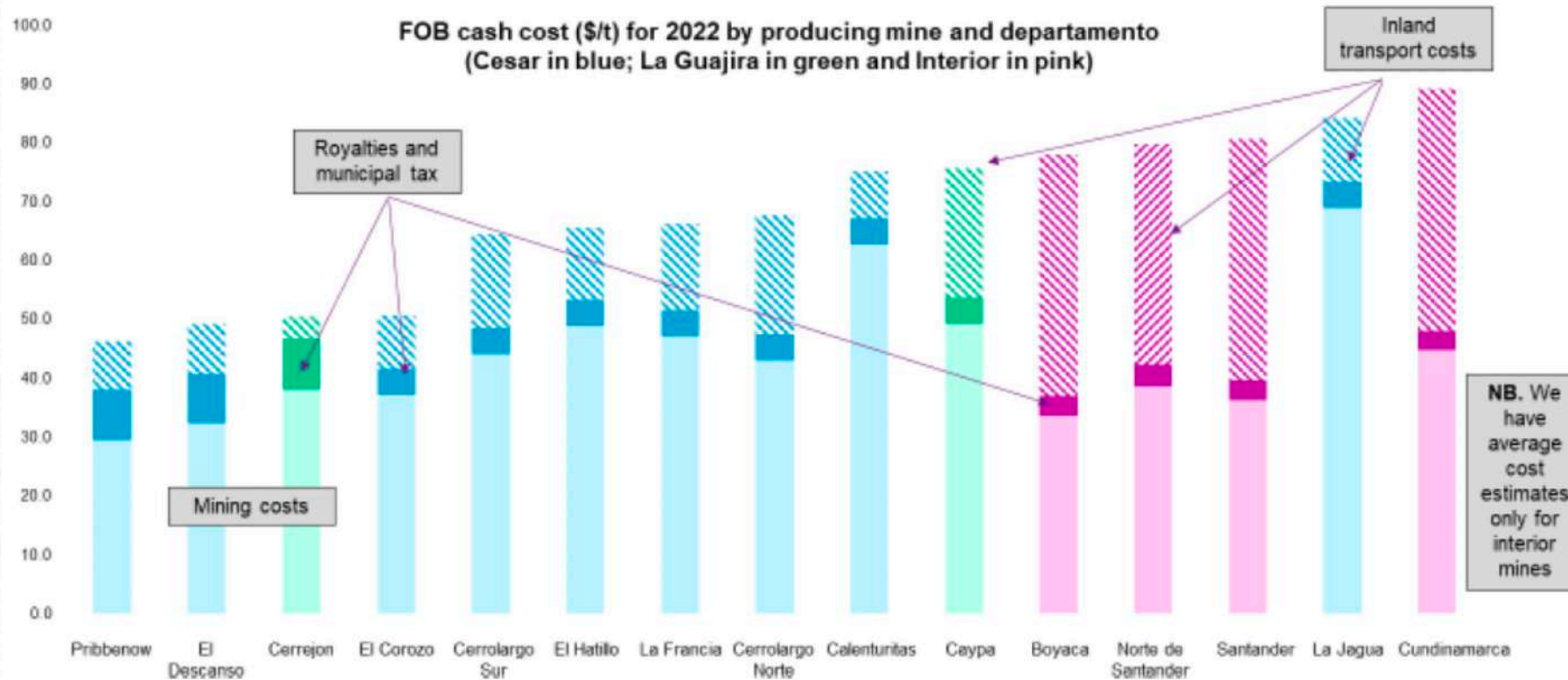
Fuente: Huxham & Anwar (en prensa)

ASPECTOS GLOBALES QUE IMPULSAN TRANSICIÓN

Las incertidumbres respecto a los mercados internacionales de carbón – los costos de extracción



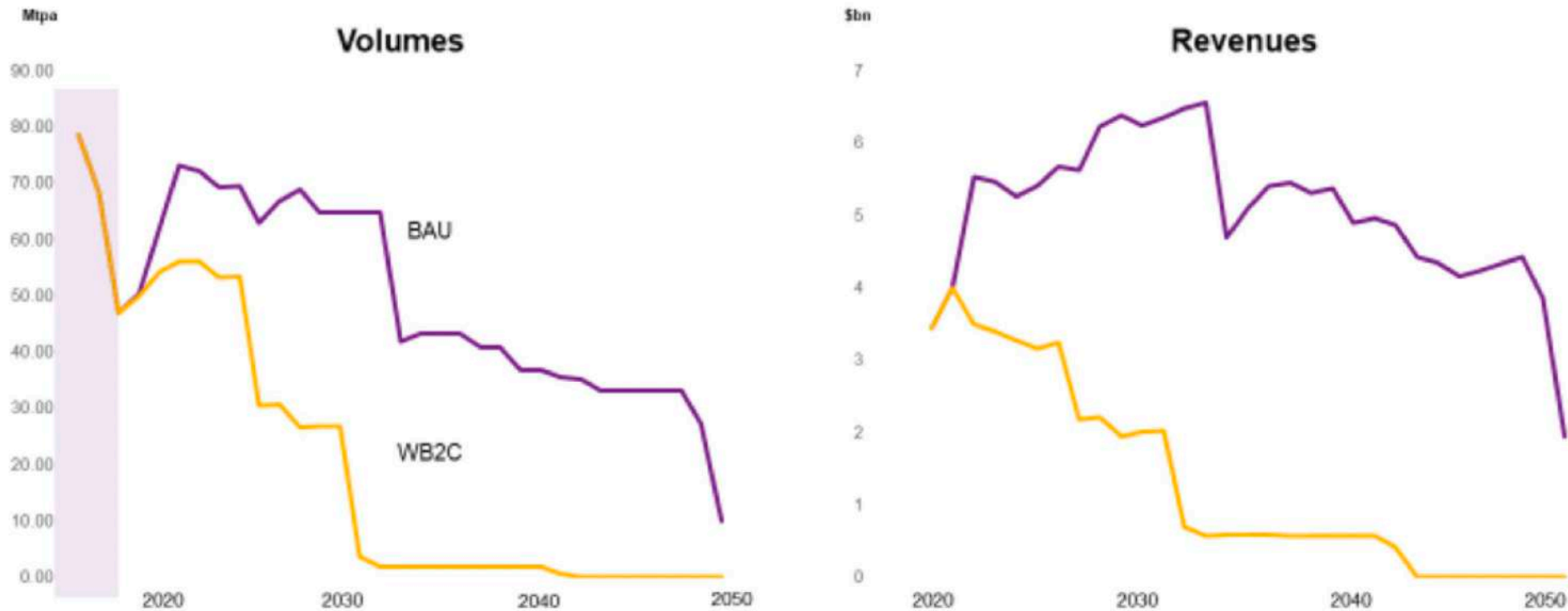
Figure 9: Mining costs vs. shipping costs for Colombian mines (WTW and UniAndes estimate, 2022)



Fuente: Huxham & Anwar (en prensa)

ASPECTOS GLOBALES QUE IMPULSAN TRANSICIÓN

Figure 7: Climate transition value at risk for thermal coal¹⁵¹



Fuente: Huxham & Anwar (en prensa)

ASPECTOS GLOBALES QUE IMPULSAN TRANSICIÓN

¿Que tan preparada esta Colombia para cierres mineros?

Table 45: Potential early closure of assets in WB2C scenario

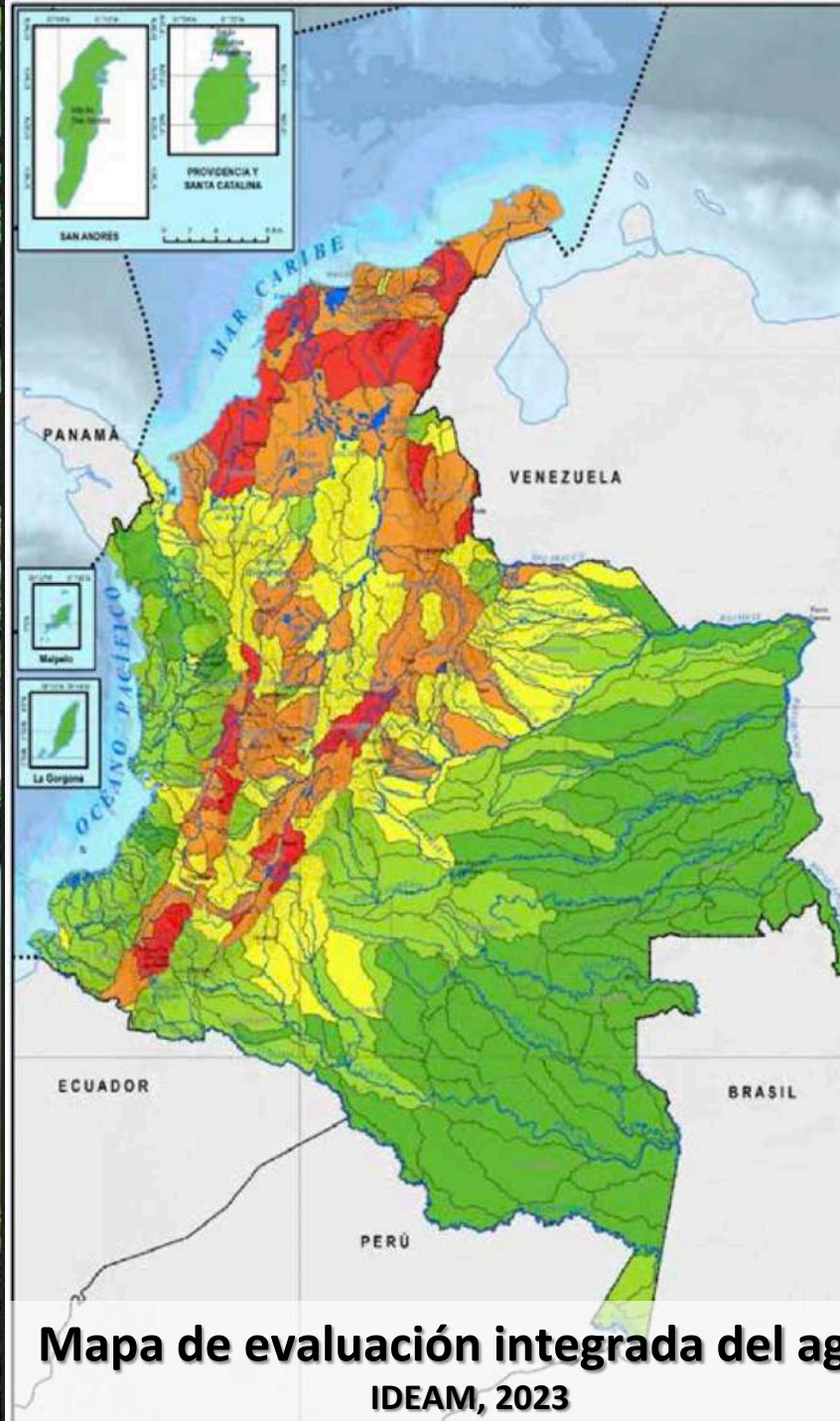
Asset	Industry	Potential closure date in WB2C
El Hatillo	Thermal coal mining	First half of 2020s
Calenturitas	Thermal coal mining	First half of 2020s
Cerrolargo Norte	Thermal coal mining	First half of 2020s
La Francia	Thermal coal mining	First half of 2020s
Caypa	Thermal coal mining	First half of 2020s
Quifa	Crude oil production	First half of 2020s
Vigia	Crude oil production	First half of 2020s
Sabanero	Crude oil production	First half of 2020s
El Descanso	Thermal coal mining	Second half of 2020s ²⁸⁷
El Corozo	Thermal coal mining	Second half of 2020s
La Jagua	Thermal coal mining	Second half of 2020s
Cerrolargo Sur	Thermal coal mining	First half of 2030s
Correjón	Thermal coal mining	First half of 2030s ²⁸⁸
Zopilote	Crude oil production	First half of 2030s
Coking plants	Metallurgical coke	Late 2030s / Early 2040s
Barrancabermeja	Oil refining	Early 2040s

Fuente: Huxham & Anwar (en prensa)

1. Caso Prodeco como ejemplo extremo de falta de preparación.
2. Vacíos legales para manejo de pasivos ambientales y sociales de minería, así como impactos a perpetuidad.
3. Regiones, empresas y autoridades se rehusan a asumir la realidad de posibles cierres en el mediano y largo plazo
4. El país no está preparado para que se repita a mayor escala lo sucedido en Prodeco.



ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2022



Mapa de evaluación integrada del agua
IDEAM, 2023



INSTITUTO DE HIDROLOGÍA,
METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS
AMBIENTALES - IDEAM
República de Colombia
ESTUDIO NACIONAL
DEL AGUA 2022
EVALUACIÓN INTEGRADA
DEL AGUA

LEYENDA Y CONVENCIONES

- Muy baja
 - Baja
 - Media
 - Alta
 - Muy alta
- Capital Departamental
 - Límite Departamental
 - Hidrografía
 - Cuerpo de Agua
 - Límite Marino

LOCALIZACIÓN



INFORMACIÓN DE REFERENCIA

Proyección: Transverso de Mercator
Eje Norte: OASIS
Latitud Origen: 4° N
Longitud Origen: 73° W
Punto Este: 5.000.000
Punto Norte: 2.000.000
Factor de escala: 0,9992
Unidades: Metros

0 50 100 200 km

Fuente: Subdirección de Hidrología
- IDEAM 2022
Cartografía Básica IGAC

Elaborado Por:
José Vile Triana García

Queda prohibida la reproducción total o
parcial sin autorización
expresa del IDEAM

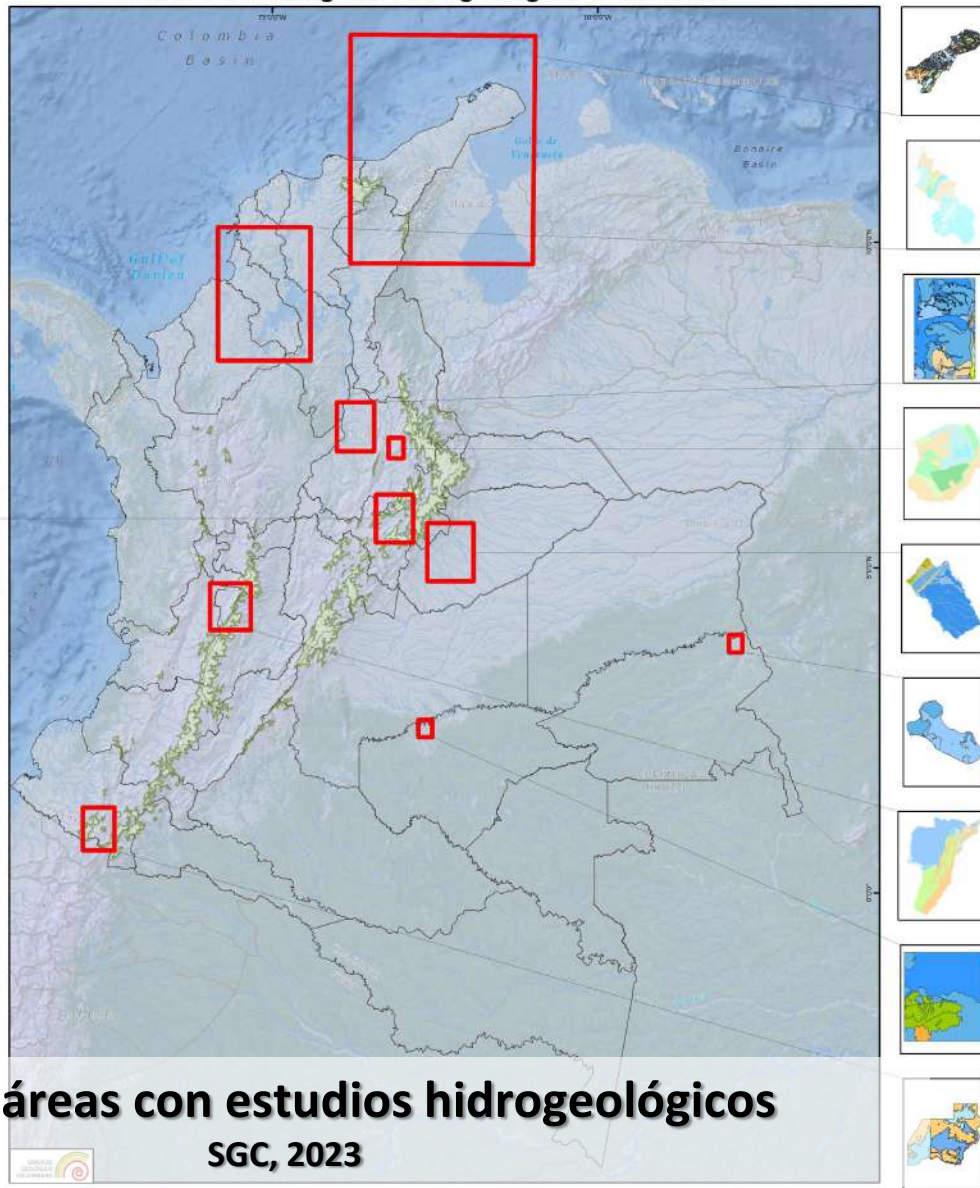


CARTOGRAFÍAS HIDROGEOLÓGICAS

SERVICIO
GEOLÓGICO
COLOMBIANO



Estado de la Cartografía Hidrogeológica en Colombia



Sector de Boyacá



Mapa de áreas con estudios hidrogeológicos
SGC, 2023

Guajira departamental

Sucre departamental (Morroa)

VMM Puerto Wilches

Mesa de Los Santos

Yopal municipal

Puerto Inírida municipal

Quindío departamental

San José del Guaviare municipal

Pasto municipal.

PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2022-2026 COLOMBIA

POTENCIA MUNDIAL DE LA VIDA



ARTÍCULO 1. OBJETIVOS DEL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO. (...) el cambio de nuestro relacionamiento con el ambiente y una transformación productiva sustentada en el conocimiento y en armonía con la naturaleza.

ARTÍCULO 3. EJES DE TRANSFORMACIÓN DEL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO. (...)

1. Ordenamiento del territorio alrededor del agua. Busca un cambio (...) donde la protección de los determinantes ambientales y de las áreas de especial interés para garantizar el derecho a la alimentación sean objetivos centrales (...) donde las voces de las y los que habitan los territorios sean escuchadas e incorporadas.

PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2022-2026 COLOMBIA

POTENCIA MUNDIAL DE LA VIDA



ARTÍCULO 3. EJES DE TRANSFORMACIÓN DEL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO. (...)

4. Transformación productiva, internacionalización y acción climática. (...) uso de energías limpias, que sean intensivas en conocimiento e innovación, que respeten y garanticen los derechos humanos, y que aporten a la construcción de la resiliencia ante los choques climáticos. Con ello, se espera una productividad que propicie el desarrollo sostenible y la competitividad del país, aumentando la riqueza al tiempo que es incluyente, dejando atrás de manera progresiva la dependencia de actividades extractivas y dando paso a una economía reindustrializada con nuevos sectores soportados en las potencialidades territoriales en armonía con la naturaleza.

PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2022-2026 COLOMBIA

POTENCIA MUNDIAL DE LA VIDA



ARTÍCULO 184. FORMULACIÓN DE **PLAN DE CONOCIMIENTO GEOCIENTÍFICO** Y ÁREAS DE RESERVA ESTRATÉGICA MINERA PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS ASOCIATIVOS. El Ministerio de Minas y Energía junto con el SGC estructurarán el Plan Nacional de Conocimiento Geocientífico, con el objeto de proveer conocimiento e información geocientífica a escalas adecuadas para la planificación y uso del suelo y el subsuelo, el cuidado y la gestión del agua, la evaluación y monitoreo de amenazas de origen geológico, la investigación y prospección de los recursos minerales estratégicos para la transición energética, la industrialización, la seguridad alimentaria y la infraestructura pública.

En desarrollo del Plan Nacional de Conocimiento Geocientífico, la autoridad minera nacional podrá delimitar y otorgar a pequeños y medianos mineros organizados bajo las figuras asociativas previstas en la ley, áreas de reserva estratégica minera con alto potencial para minerales estratégicos necesarios para la transición energética, la industrialización, la seguridad alimentaria y la infraestructura pública, de conformidad con lo previsto en el artículo 20 de la Ley 1753 de 2015.

En el contexto global de crisis climática y en el contexto político, social, cultural y ambiental de Colombia, se propone que la transición sea JUSTA.

¿QUÉ ES JUSTA?

- Conocimiento geocientífico integral para la toma de decisiones.
 - Información de geología económica y geología ambiental.
 - Prospectivas de impactos, pasivos y daños socioambientales (potencial de acidificación, liberación de EPP, abatimiento niveles freáticos, etc.)
 - Gestión de desechos (relaves, escombros, emisiones, etc.)
 - Esquemas costo/beneficio (decisiones sobre viabilidad de proyectos)
 - Consideraciones sobre el cierre y el uso futuro de los territorios.
- El agua como eje del ordenamiento del territorio.
- Respeto por las comunidades, tanto campesinas como étnicamente diferenciadas, en términos de sus derechos sobre el territorio.

DIRECCIÓN GENERAL

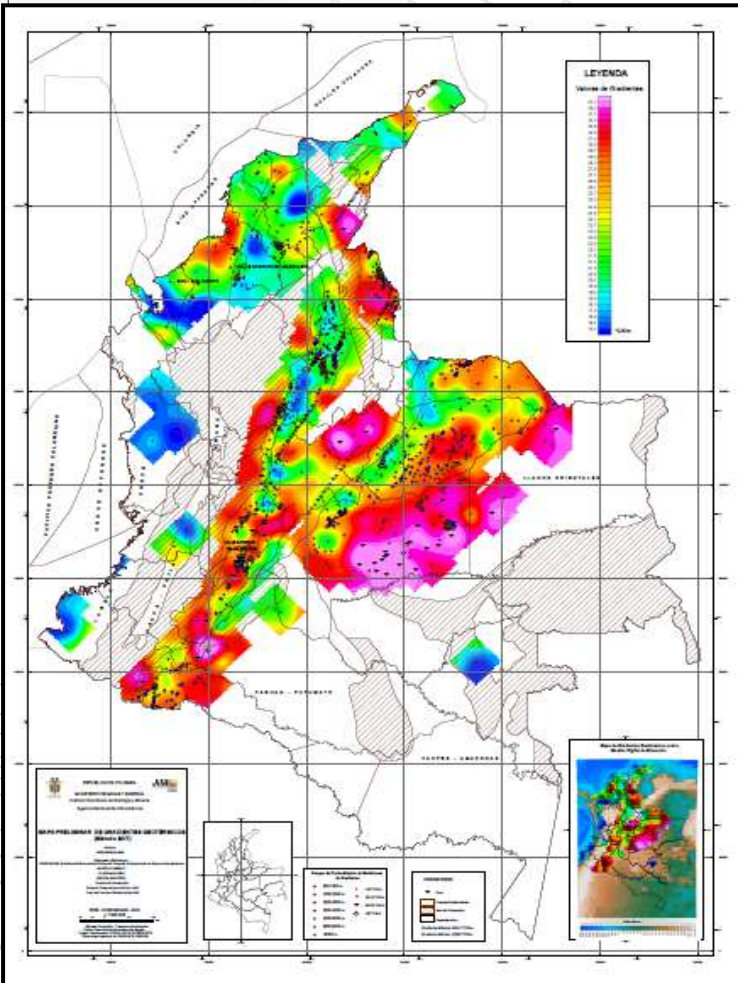
SERVICIO
GEOLÓGICO
COLOMBIANO



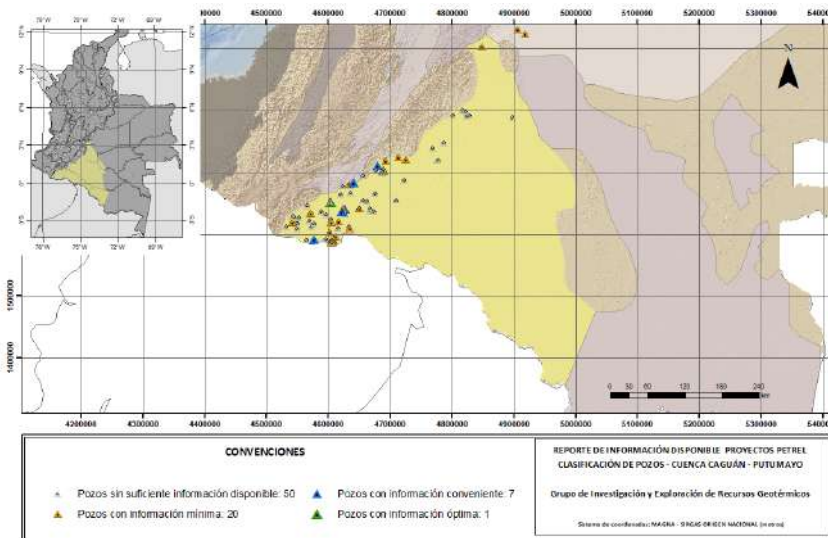
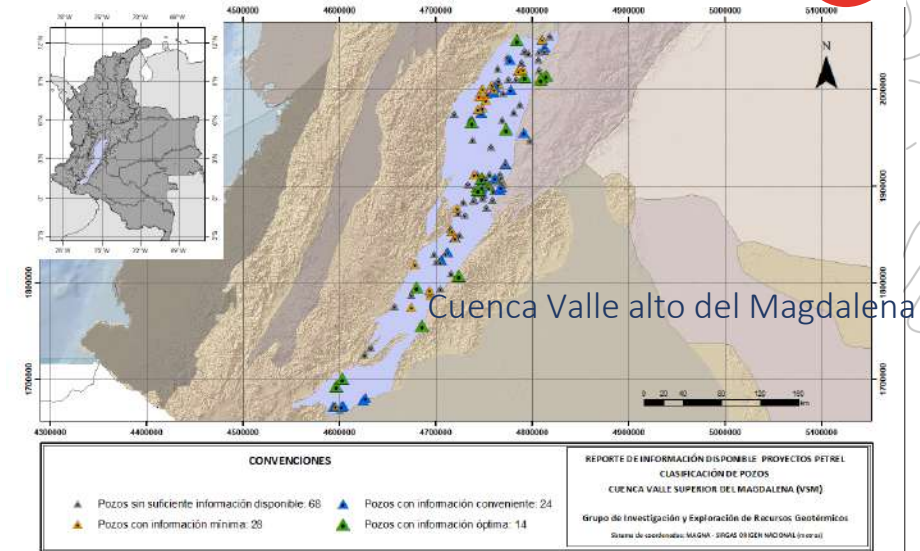
GEOCIENCIAS BÁSICAS



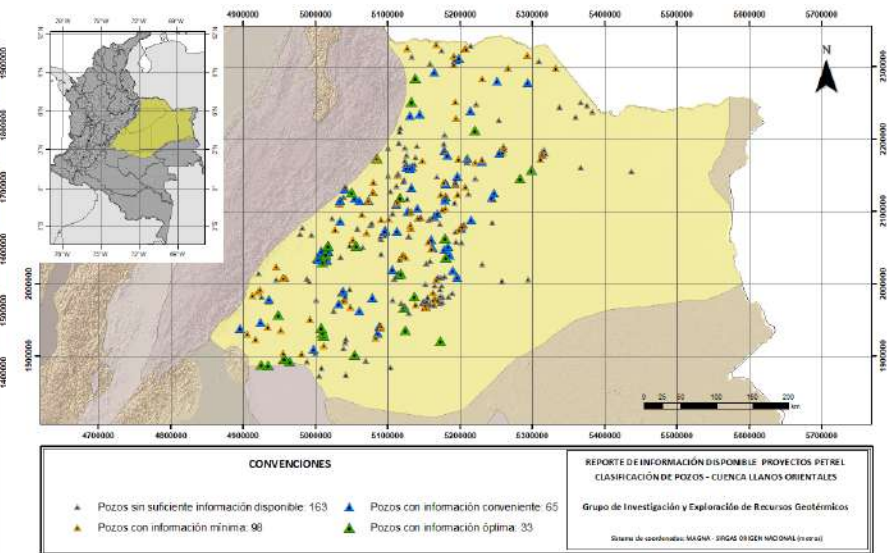
Flujo de calor y gradiente geotérmico



Objetivo: Generar mapas de gradiente y flujo de calor para Colombia, que permitan mejorar la estimación del recurso geotérmico del País.



Cuenca Caguán-Putumayo



Cuenca Llanos orientales

Geotermia en Colombia con fines de producción eléctrica

SERVICIO
GEOLOGICO
COLOMBIANO



Bloque Huila – Sucubún

0,1 MWe Huila
25 MWe Caldera Gabriel López
118 MWe Caldera Paletará
17 MWe Sotará - Sucubún

Bloque Las Ánimas - Chiles

38 MWe Doña Juana – Las Animas
29 MWe Galeras – Morazurco
10 MWe Sibundoy
Azufral **82 MWe**
Cumbal 16 MWe
Chiles - Cerro Negro 24 MWe

Paipa **22 MWe**
Iza 12 MWe

Bloque Paipa - Iza

San Diego **142 MWe**

Bloque San Diego

Cerro Bravo **80 MWe**
Villamaria Termales **39 MWe**
Nereidas Botero Londoño **100 MWe**
Hacienda Granates **67 MWe**
Santa Rosa **137 MWe**
Laguna de Otún 0,1 MWe
Nevado del Tolima 83 MWe
Cerro Machín **130 MWe**

Bloque Cerro Bravo

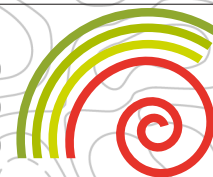
¿Dónde se encuentra el recurso de media a alta entalpia en Colombia para producción eléctrica?

Paipa gradiente de 180 °C/km

Nereidas-1 con profundidad de 1469 m en el SE de Manizales a 3450 msnm. T reservorio 200 °C.

Área Geotérmica de Paipa

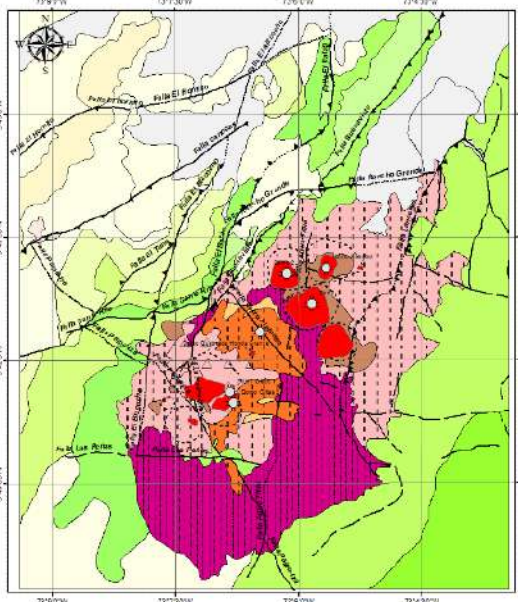
SERVICIO
GEOLOGICO
COLOMBIANO



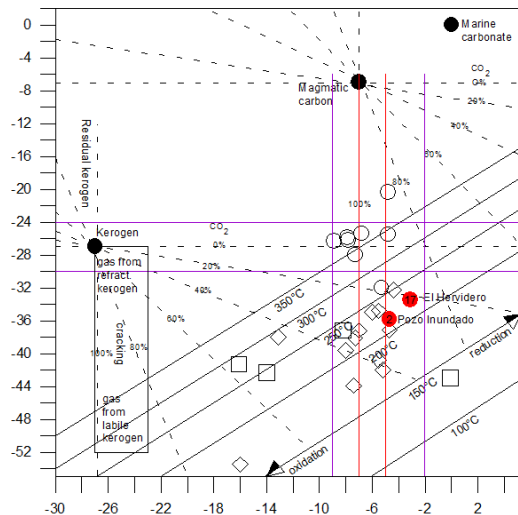
YA SE HIZO

Geología, geoquímica, geofísica, modelo conceptual, perforaciones, mediciones de conductividades térmica en núcleos de perforación.

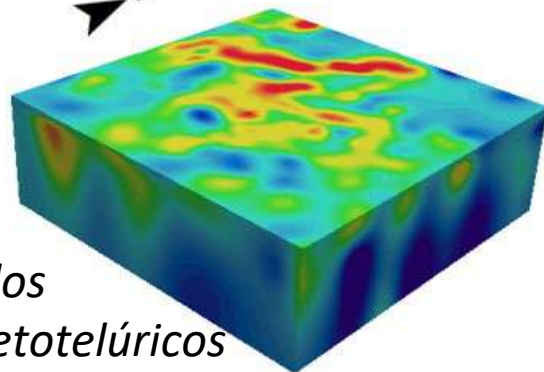
Composición isótopo ^{13}C
 CO_2 y CH_4



Geología

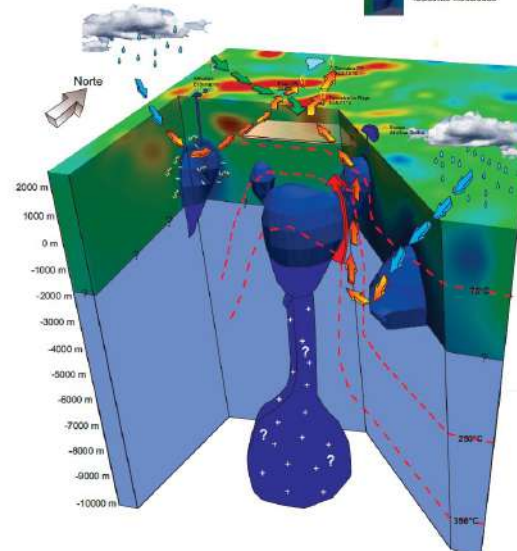


Modelos
magnetotelúricos



FALTA POR HACER

Cálculo de gradiente térmico, conductividad térmica y flujo de calor.



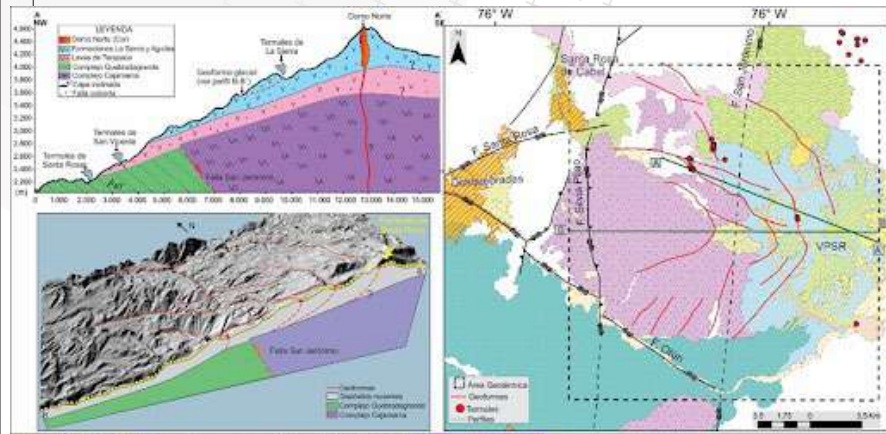
Modelo Conceptual



Perforaciones de gradiente
térmico

Área Geotérmica de Santa Rosa

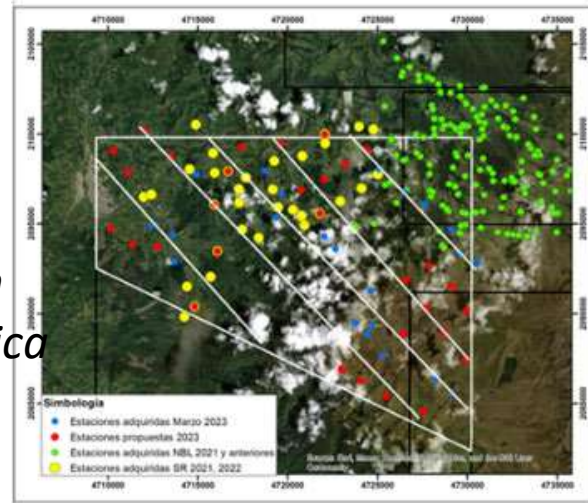
Geología



Geología
Estructural y
alteración
hidrotermal



Avance en la adquisición
geofísica (magnetotelúrica
y campos potenciales)

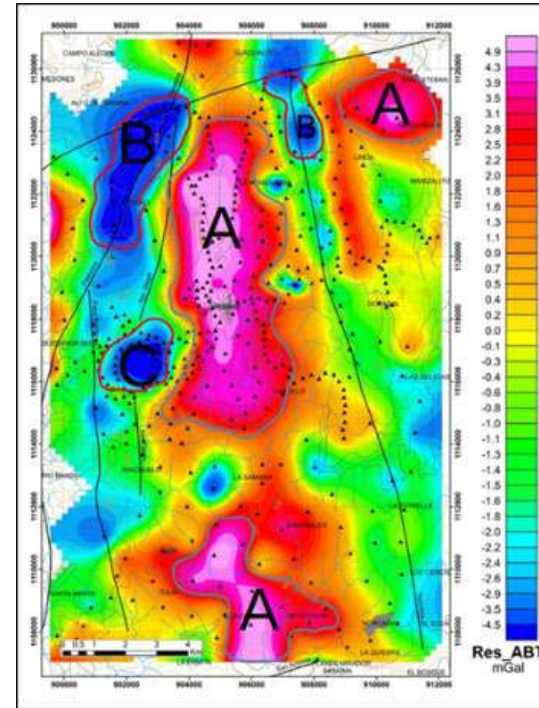


Geoquímica, Concluir la geofísica, Modelo
conceptual y Perforaciones de gradiente

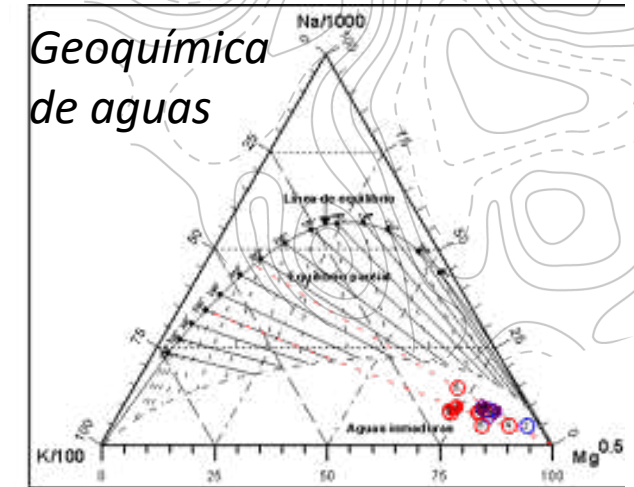
FALTA POR HACER

Área Geotérmica de San Diego

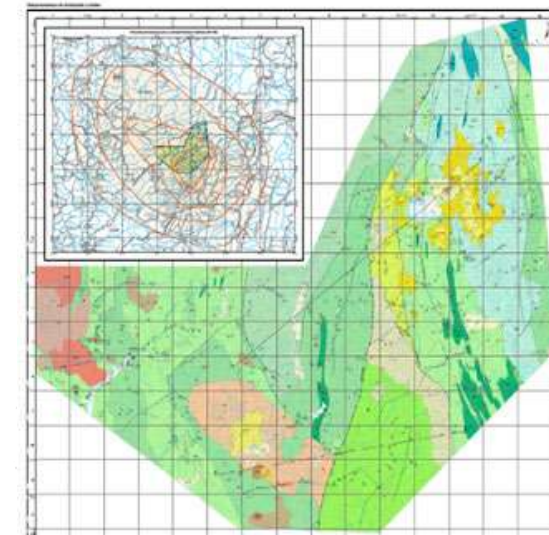
Geología, Geoquímica, Geofísica.



Anomalia de Bouguer
Residual



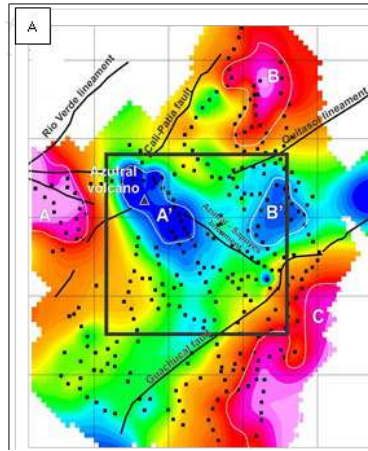
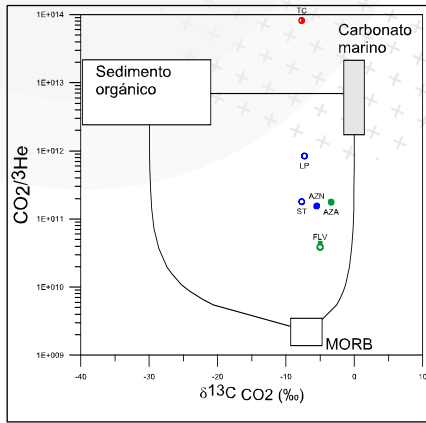
Geología



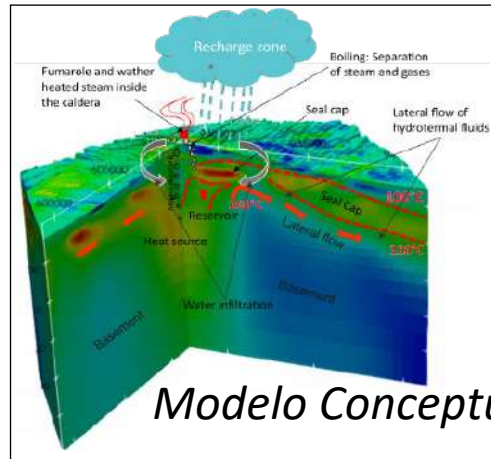
Modelo Conceptual y Perforaciones de gradiente

Área Geotérmica del Volcán Azufral

Geología, Geoquímica, Geofísica y
Modelo conceptual.



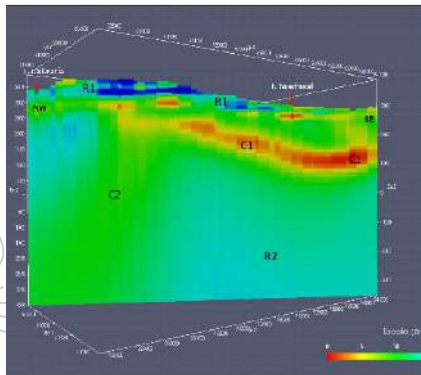
Campos Potenciales



Modelo Conceptual

FALTA POR HACER

Geoquímica de fluidos



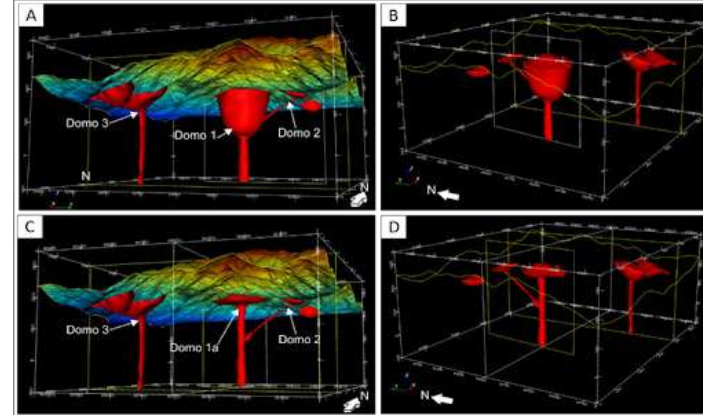
Modelo magnetotelúrico 3D

Perforaciones de gradiente térmico y conocimiento geológico (PGT-CG)

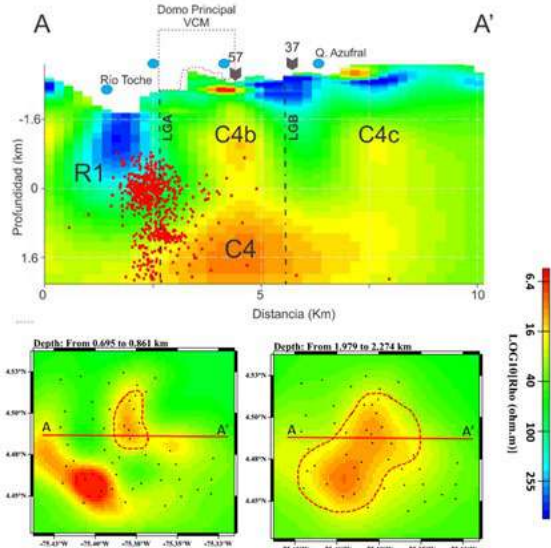
Área Geotérmica del Cerro Machín

YA SE HIZO

Geología, Geoquímica, Geofísica



Modelo geológico 3D



Modelo Magnetotelúrico



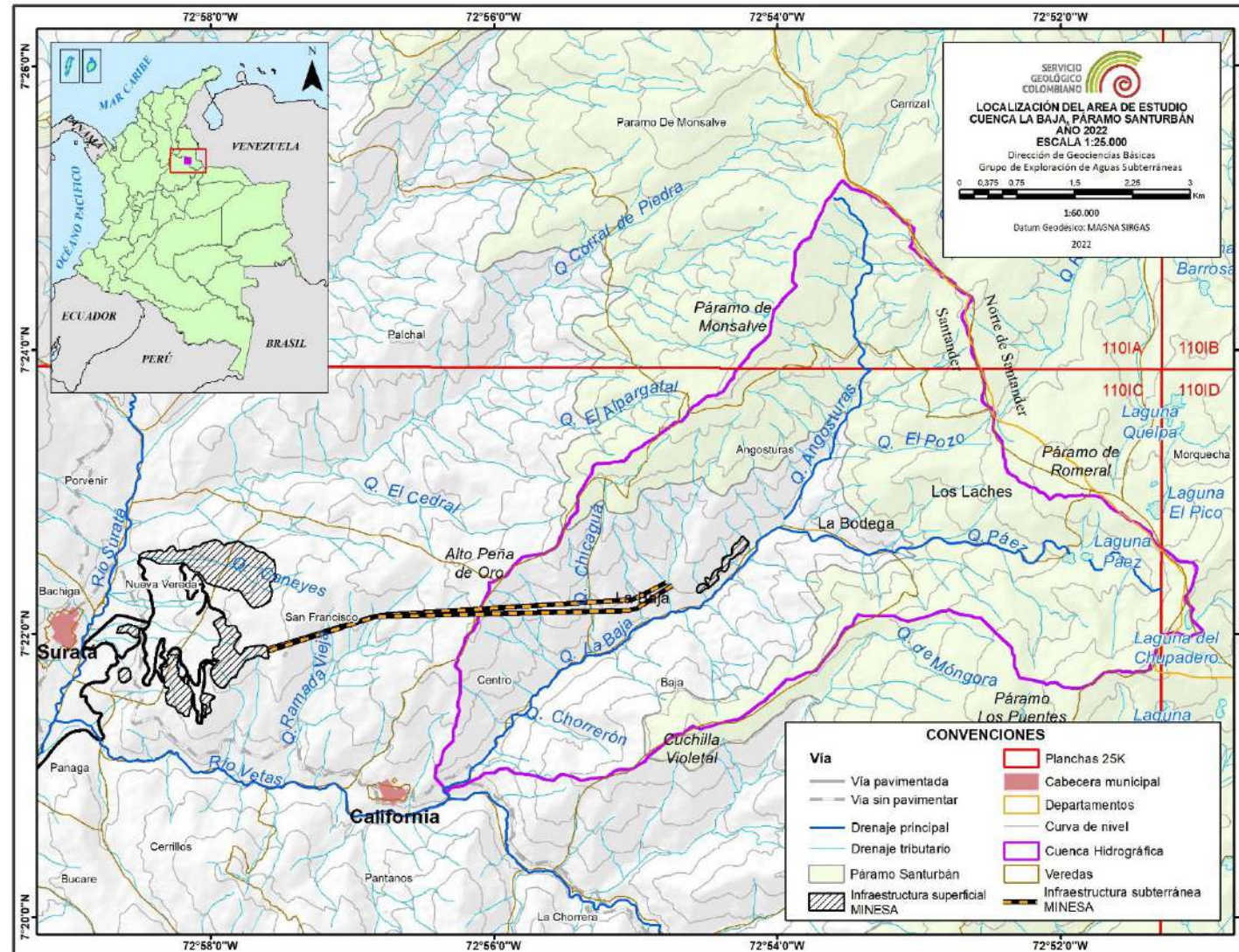
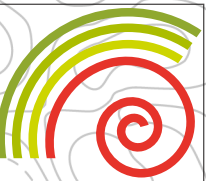
Geoquímica de fluidos

Modelo Conceptual y PGT-CG



Criterios para la delimitación de páramos:
El SGC genera datos geo y el Minambiente toma
las decisiones.

Hidrogeología del Páramo de Santurbán



Área de estudio, cuenca La Baja 34,5 km²



Cuenca quebrada La Baja en perspectiva frente al Páramo de Santurbán

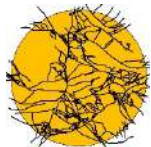
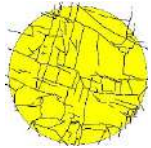
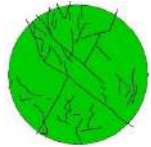


Área de estudio, cuenca La Baja 34,5 km²
Área del páramo de Santurbán: 1426 km²

Hidrogeología del Páramo de Santurbán

*Intensidad del
fracturamiento*

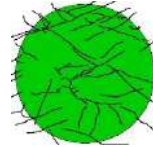
Espaciamiento promedio



*Densidad del
fracturamiento*

*Número de fracturas
por área*

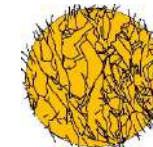
Baja



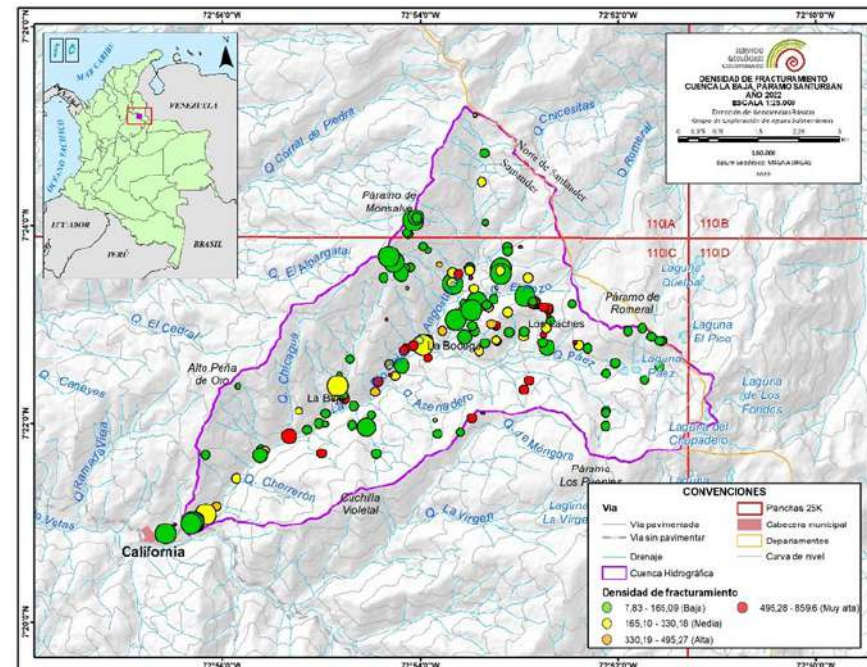
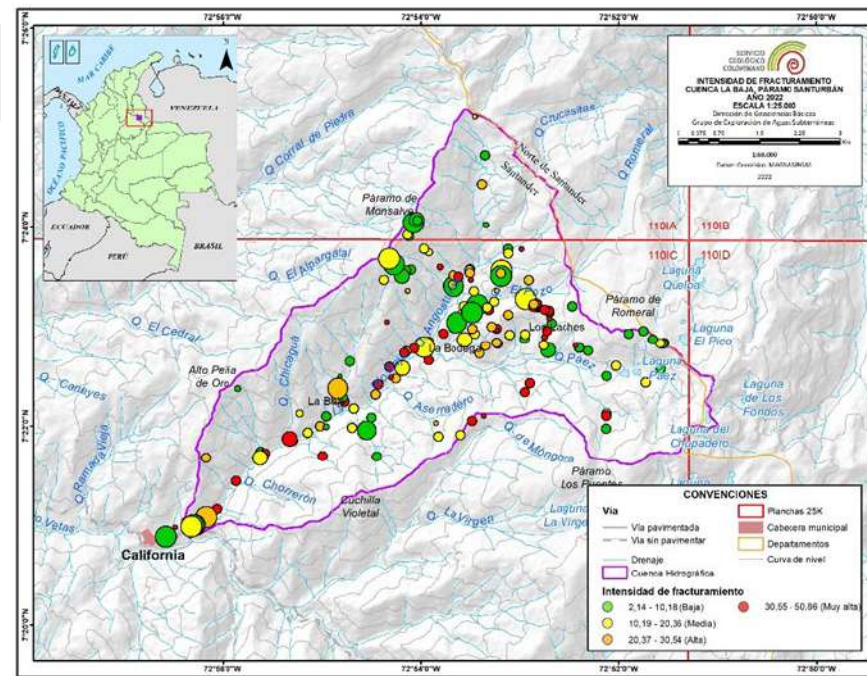
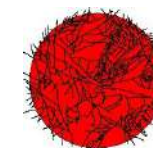
Media



Alta



*Muy
alta*



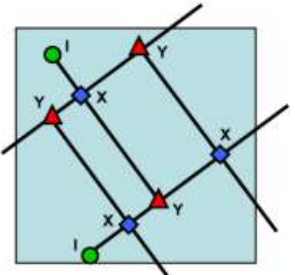
SERVICIO
GEOLOGICO
COLOMBIANO



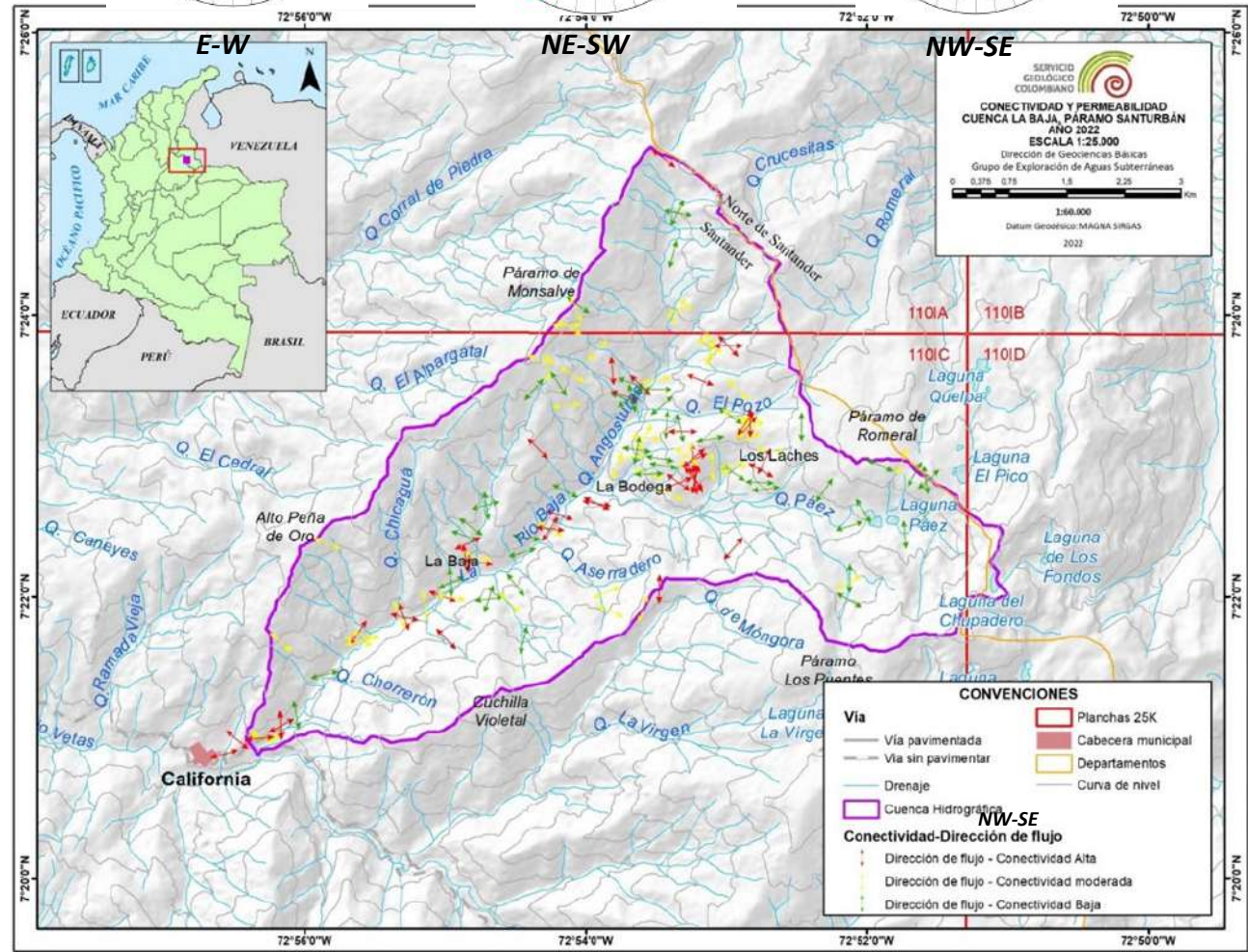
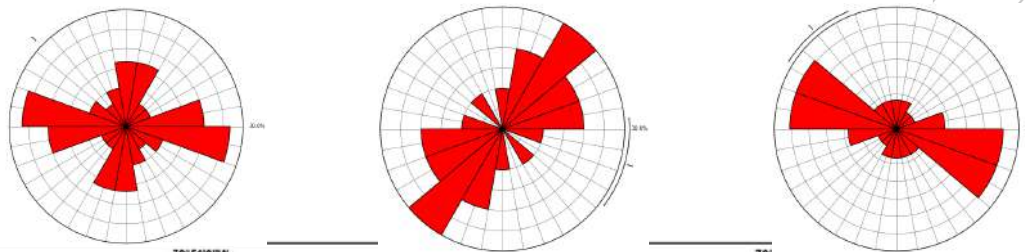
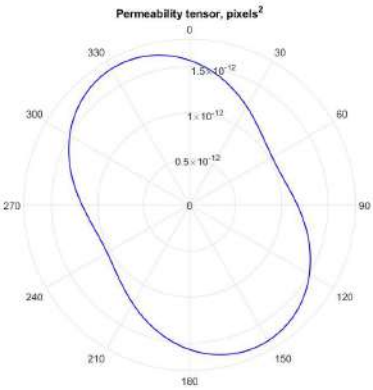
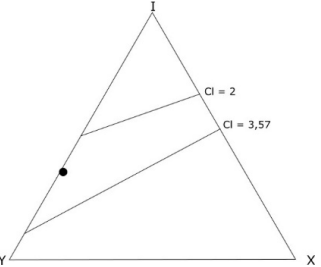
Análisis cuantitativo
del fracturamiento

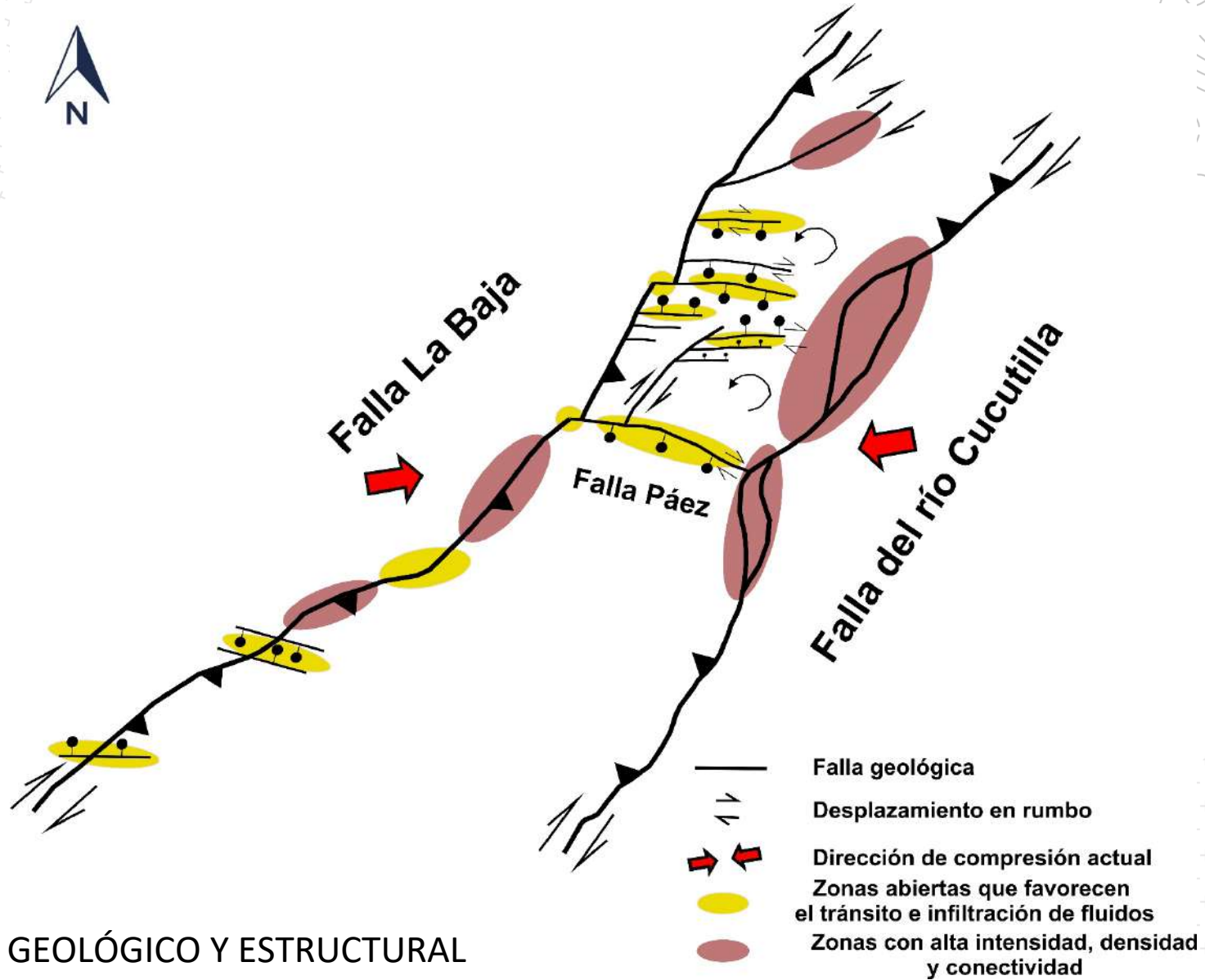
Hidrogeología del Páramo de Santurbán

Capacidad de un volumen de roca para transportar efectivamente fluidos



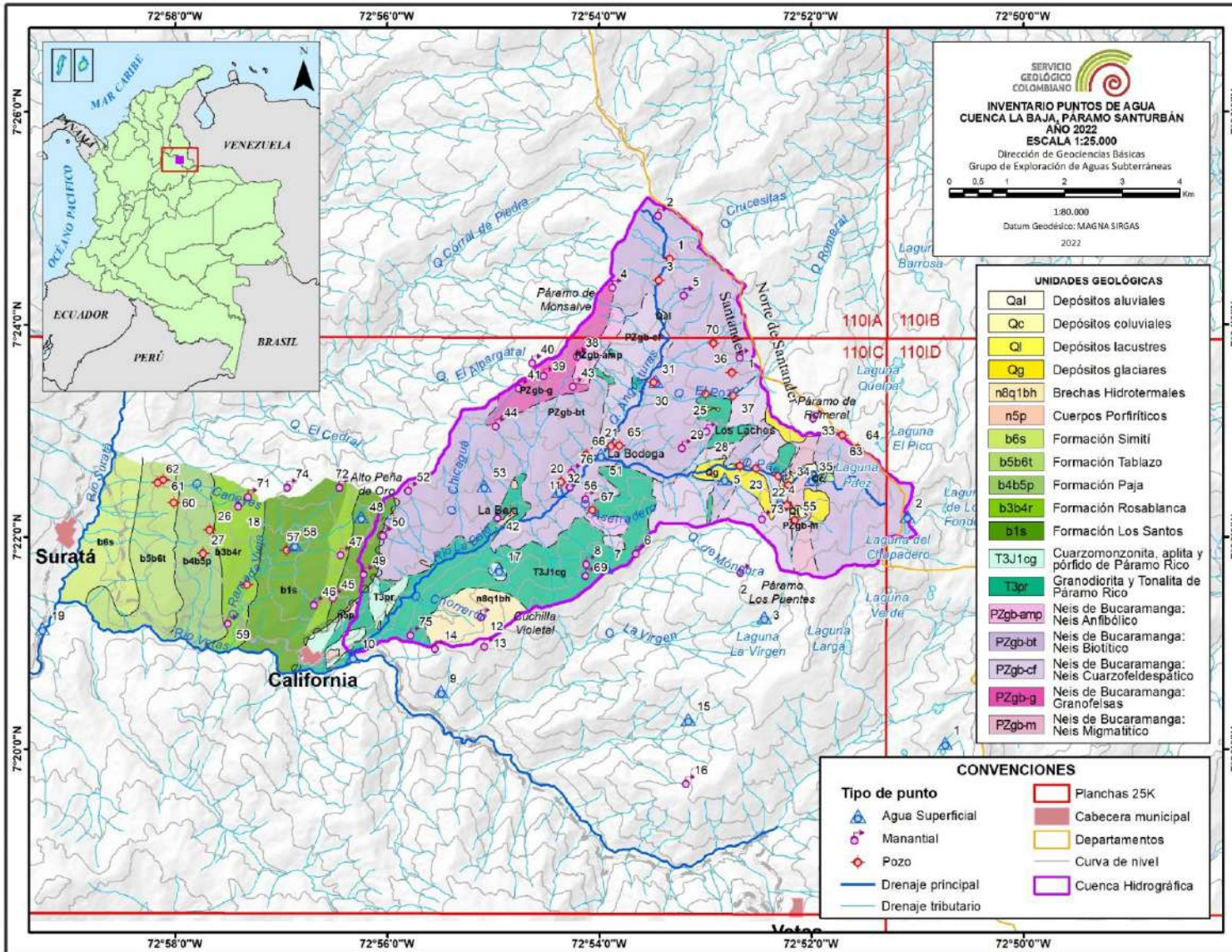
Conectividad y permeabilidad entre fracturas





RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO Y ESTRUCTURAL

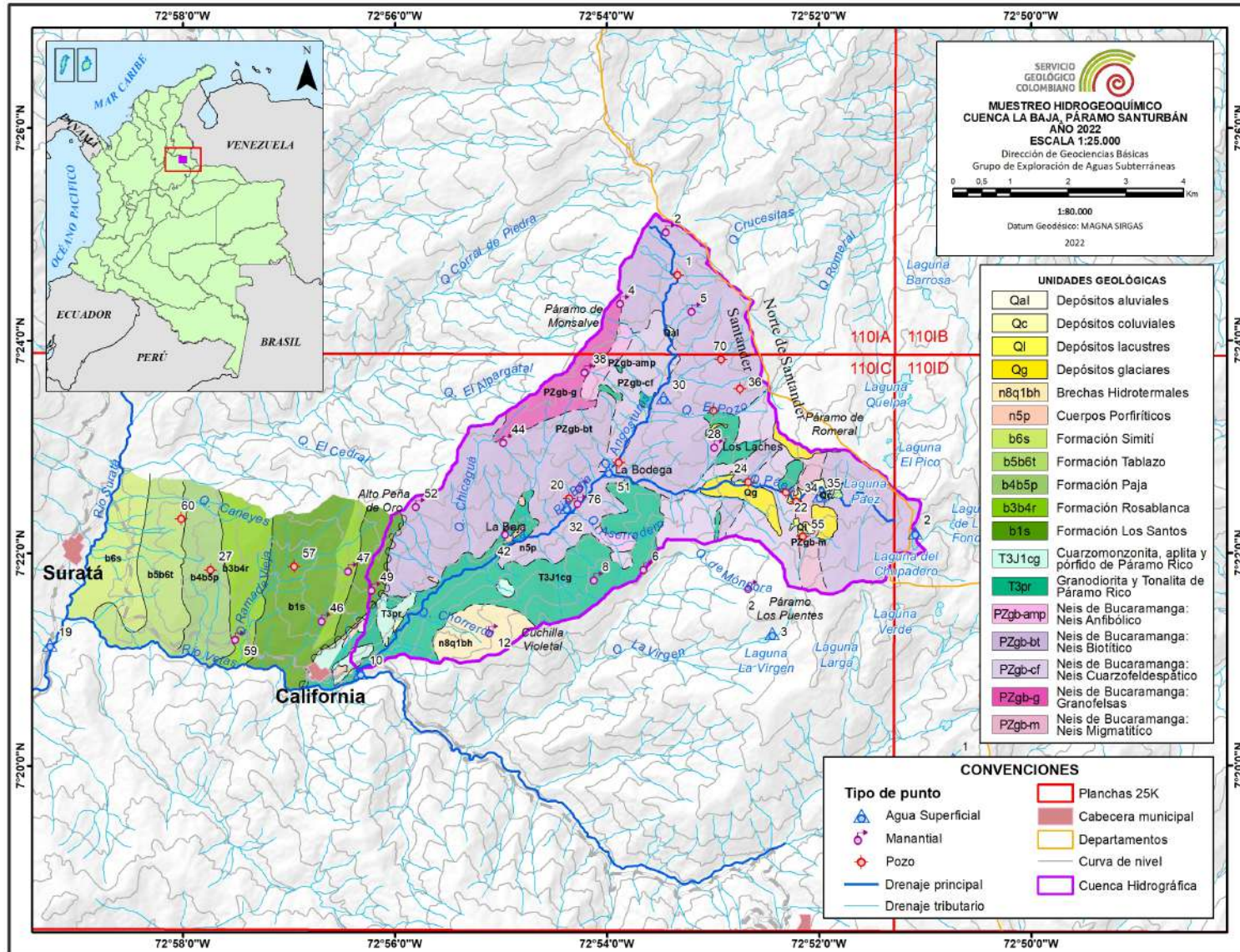
Hidrogeología del Páramo de Santurbán



Información hidrogeológica (82):
37 manantiales,
27 pozos/piezómetros,
18 aguas superficiales



Hidrogeología del Páramo de Santurbán

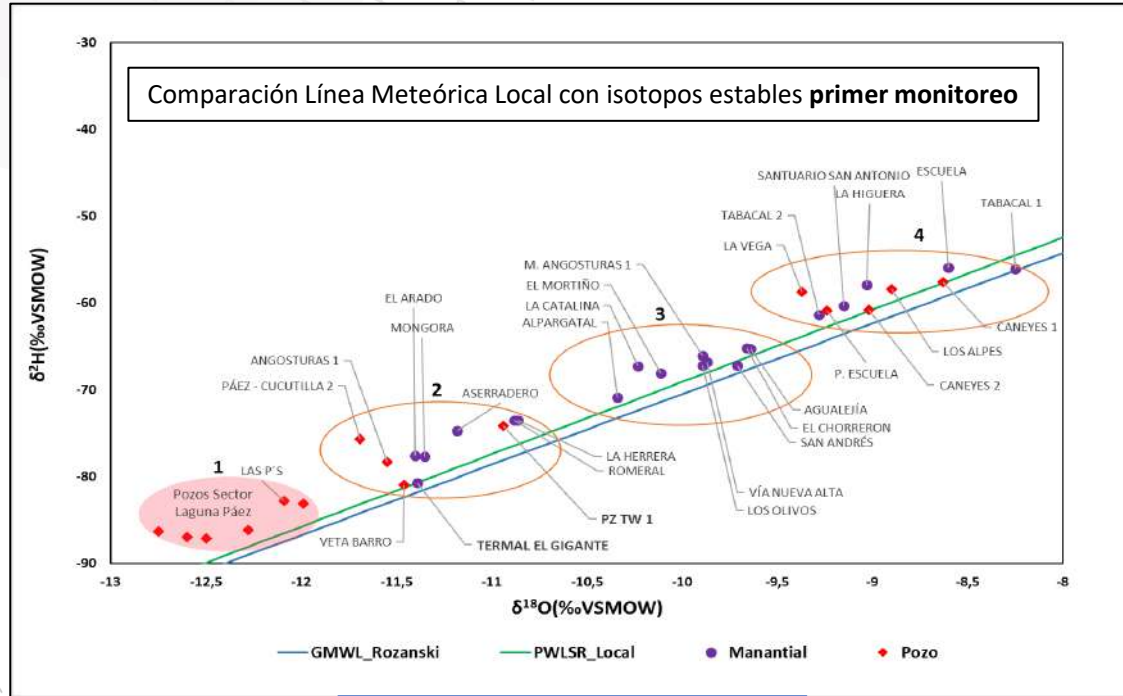


Información hidrogeológica (40):
18 manantiales,
13 pozos/piezómetros,
9 aguas superficiales



Hidrogeología del Páramo de Santurbán

Resultados – Isótopos estables ($\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$)

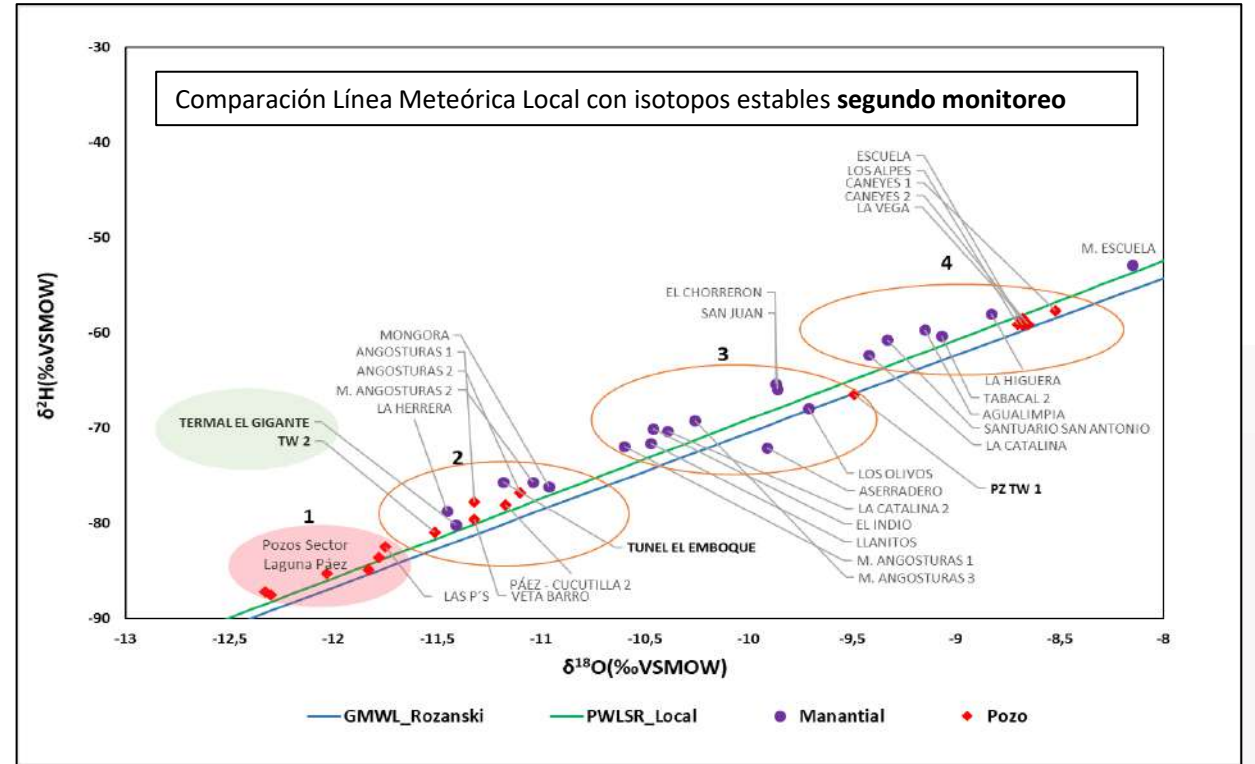


Primer Monitoreo
Febrero de 2022
53 puntos de agua

- 16 pozo/piezómetros
- 22 manantiales
- 15 Superficial

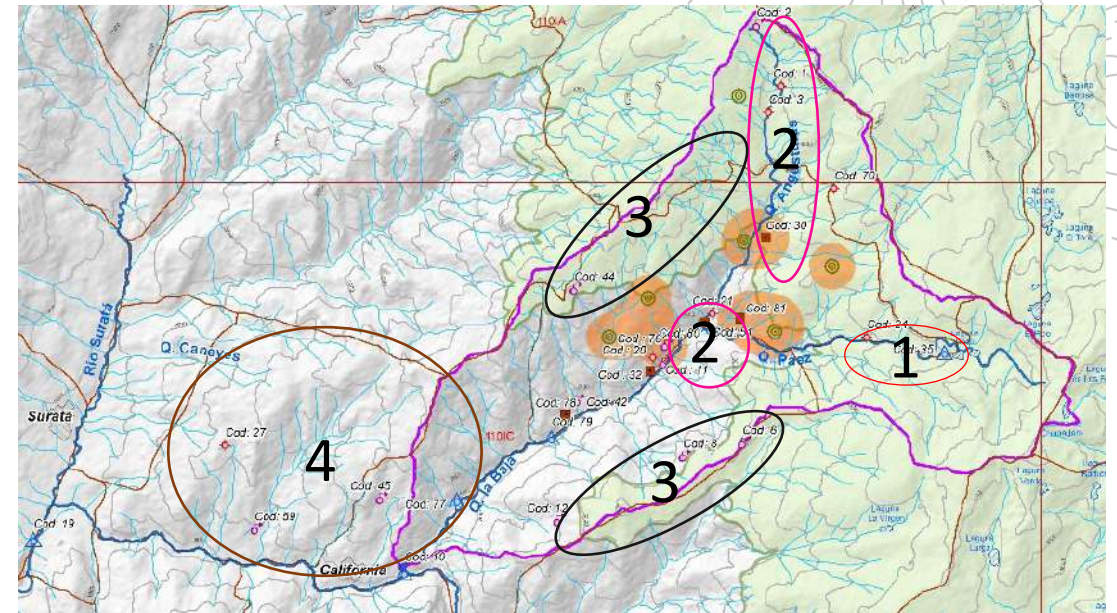
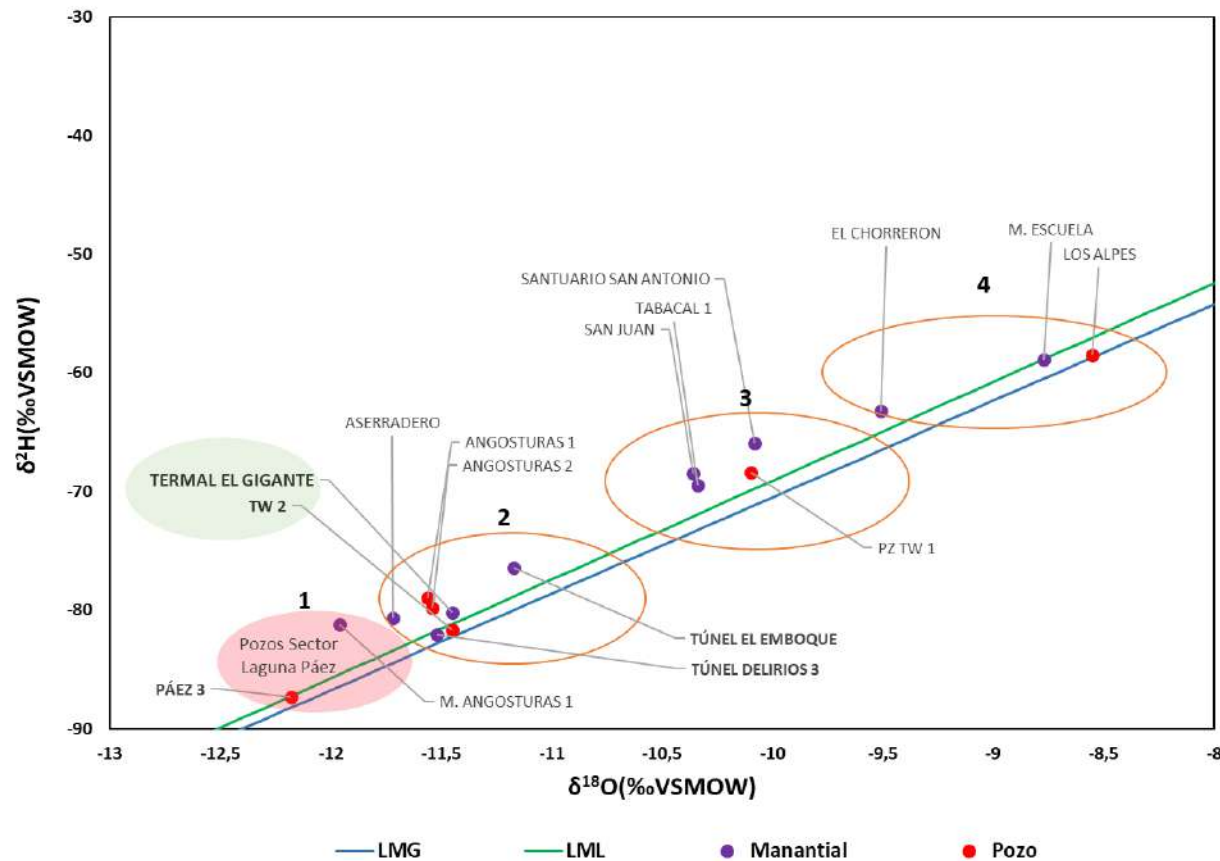
Segundo Monitoreo
Marzo - abril de 2022
57 puntos de agua

- 19 pozo/piezómetros
- 24 manantiales
- 14 Superficial



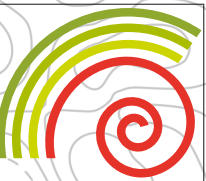


Resultados – Isótopos estables ($\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$)

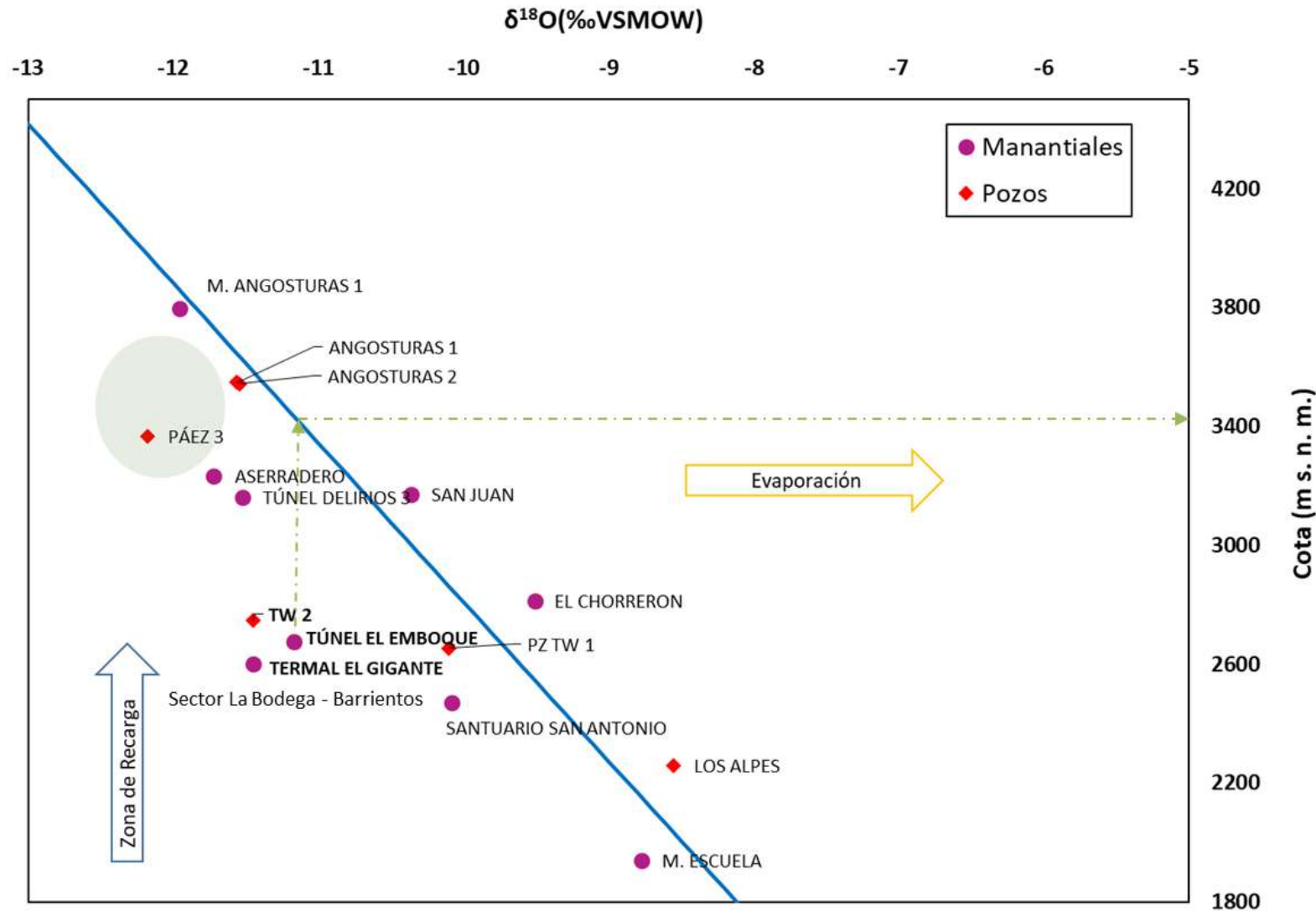


Los sectores Barrientos – La Bodega y Angosturas (grupo 2 en las gráficas) presentan una firma isotópica similar, lo que indica una conexión hidráulica.

Se obtuvieron 139 datos de isótopos estables en tres monitoreos realizados en el 2022. El comportamiento fue similar en los tres monitoreos.

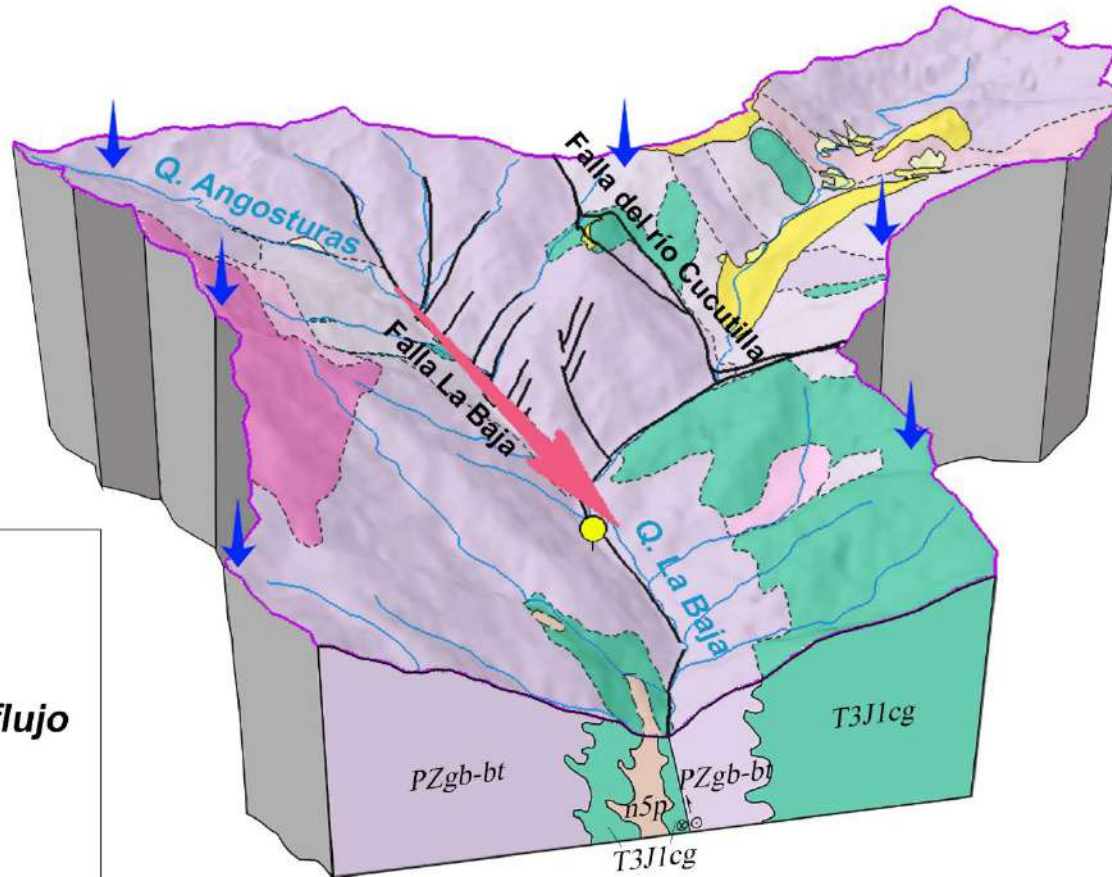


Resultados – Isótopos estables ($\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$)



Gradiente isotópico altitudinal:
0,19 ‰ para el $\delta^{18}\text{O}$ por cada 100 m

Las muestras colectadas en el sector de La Bodega - Barrientos presentan alturas de recarga cercanas a los 3400 m s.n.m., en todos los casos **la huella isotópica indica que su recarga ocurre en la zona de páramo.**



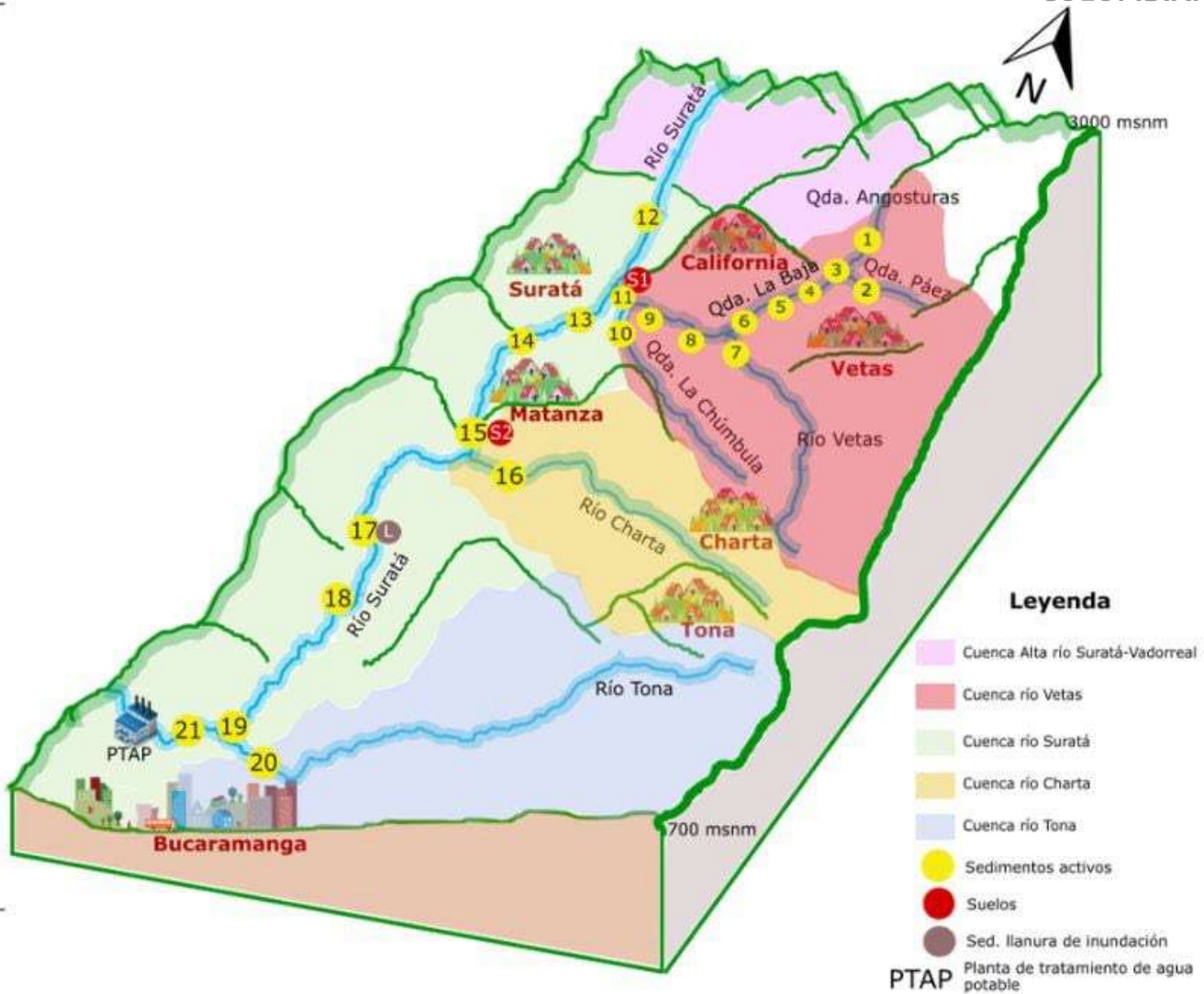
Los datos geológicos, estructurales e hidrogeoquímicos colectados hasta el momento indican que **existe una conexión** entre el sector de exploración minera con los túneles de La Bodega – Barrientos y la zona de páramo. Se adelantarán estudios adicionales para evaluar si el sistema hidro(geo)lógico está siendo drenado por actividades de exploración y explotación minera.

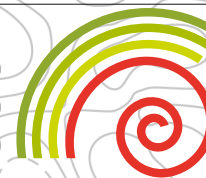


Sedimentos activos						
Símbolo	Cód Muestra	EPP de interés (ppm)				
		Hg	As	Pb	Cu	U
1	110IC-SA-73071	1872 ppb	226	357	254	5,52
2	110IC-SA-74112	1945 ppb	98,2	120	783	13,5
3	110IC-SA-73072	1715 ppb	280	489	423	12,3
4	110IC-SA-73074	12404 ppb	271	634	1250	11,8
5	110IC-SA-73075	70352 ppb	625	1270	3790	27,9
6	110IC-SA-74113	30201 ppb	517	1210	2780	25,5
7	110IC-SA-74114	1654 ppb	84,7	157	171	6,84
8	110IC-SA-73076	23859 ppb	415	971	2240	21,9
9	110IC-SA-74115	4086 ppb	106	178	399	6,73
10	110IC-SA-73077	16,12 ppb	1,99	16,4	48,3	3,76
11	110IC-SA-74117	1290 ppb	28,6	58,4	140	5,6
12	110IC-SA-74118	106 ppb	7,76	20,1	36,7	3,68
13	110IC-SA-73078	1027 ppb	26,9	53,5	133	4,53
14	109IID-SA-74119	1036 ppb	27,4	50,7	134	4
15	109IVB-SA-74110	3445 ppb	55,1	131	348	7,81
16	109IVB-SA-73069	42 ppb	3,02	19,3	28	4,1
17	109IVB-SA-73079	280 ppb	7,69	24	61,6	3,77
18	109IVD-SA-73070	567 ppb	11,6	39,7	91,8	5,77
19	109IVD-SA-73068	456 ppb	9,93	35,3	84,8	5,74
20	109IVD-SA-74109	121 ppb	3,17	29,4	72,5	4,95
21	109IVD-SA-74111	549 ppb	11,6	38,1	92,4	4,84

Sedimentos de llanura de inundación						
Símbolo	Cód Muestra	EPP de interés (ppm)				
		Hg	As	Pb	Cu	U
L	109IVB-SFS-73082	100 ppb	16,5	25,6	38,8	2,8

Suelos						
Símbolo	Cód Muestra	EPP de interés (ppm)				
		Hg	As	Pb	Cu	U
S1	110IC-SUA-73083	639 ppb	47,5	54,6	272	9,07
S2	109IVB-SUA-74120	835 ppb	109	104	109	4,37





Hidrogeoquímica y aspectos ambientales

Muestras de Agua

Ríos y quebradas	Símbolo	Cód Muestra	EPP de interés								
			Hg		As		Pb		Cu		U
			Soluble (ppb)	Soluble (ppb)	Total (ppb)	Soluble (ppb)	Total (ppb)	Soluble (ppb)	Total (ppb)	Soluble (ppb)	Total (ppb)
	1	110IC-AG-27628	<2	<1	<1	<1	2	24,1	31,1	<1	<1
	2	110IC-AG-45333	<2	<1	1,1	3	1,9	26,8	58,4	<1	1,1
	3	110IC-AG-45334	<2	<1	1,6	1,6	1,6	38	161	<1	2,3
	4	110IC-AG-45336	<2	3,3	6,9	1	2,9	52,8	396	3,3	5,4
	5	110IC-AG-27633	<2	3,6	12,6	<1	2,5	44,9	467	13,9	26,4
	6	110IC-AG-45337	<2	3	7,1	1,8	2,4	44,3	360	12,3	17,2
	7	110IC-AG-45338	<2	1,5	14,6	<1	8,7	8,9	41,9	<1	2,7
	8	110IC-AG-27634	<2	2,9	12,7	<1	4,4	29,5	254	7,3	13,8
	M1	*	<2	2,7	14,2	2,0	7,1	49	170,5	5,6	7,23
	9	110IC-AG-27635	<2	<1	<1	<1	<1	1,3	3,6	<1	<1
	10	110IC-AG-45339	<2	2,2	13,5	1,8	5,6	24	141	4,8	6,5
	11	110IC-AG-45340	<2	<1	<1	1,7	2,1	1,6	2,4	<1	<1
	12	110IC-AG-27637	<2	1,7	7,5	<1	4,5	13,7	76	3	4,1
	13	109IID-AG-45341	<2	1,6	6,6	2,2	4,8	12,5	81,7	3,1	4,5
	14 - M2	109IVB-AG-27626	<2	1,8	12,8	2,1	39	14,6	105	2,7	5
	15	109IVB-AG-45331	<2	<1	<1	<1	1,4	1,3	2,6	<1	<1
	16	109IVB-AG-27638	<2	1,7	4,5	<1	2,7	10,2	53,1	2,5	3
	17	109IVD-AG-45332	<2	1,6	4,4	2,5	4,2	13,3	46,3	1,9	2,8
	18	109IVD-AG-45330	<2	1,8	7,3	2,6	7	9,3	66,6	2,4	4
	19	109IVD-AG-27625	<2	<1	<1	<1	<1	1,2	3,8	<1	<1
	20 - M3	109IVD-AG-27627	<2	1,8	13,4	<1	10,9	12,7	120	1,7	4
Manantiales											
I Angostura		110IC-AG-27629	<2	80,5	56	<1	1,8	14,9	17,7	1,9	2
I Angostura		110IC-AG-27630	<2	469	311	2	2,7	29900	21000	366,6	272,4
II Capilla San Antonio		110IC-AG-27631	<2	119	237	<1	1,4	7080	6250	1178,4	1049,3
II Capilla San Antonio		110IC-AG-27632	<2	1,1	11,9	<1	<1	19	403	1,3	39,6

* valor promedio obtenido como resultado de las muestras colectadas en el monitoreo

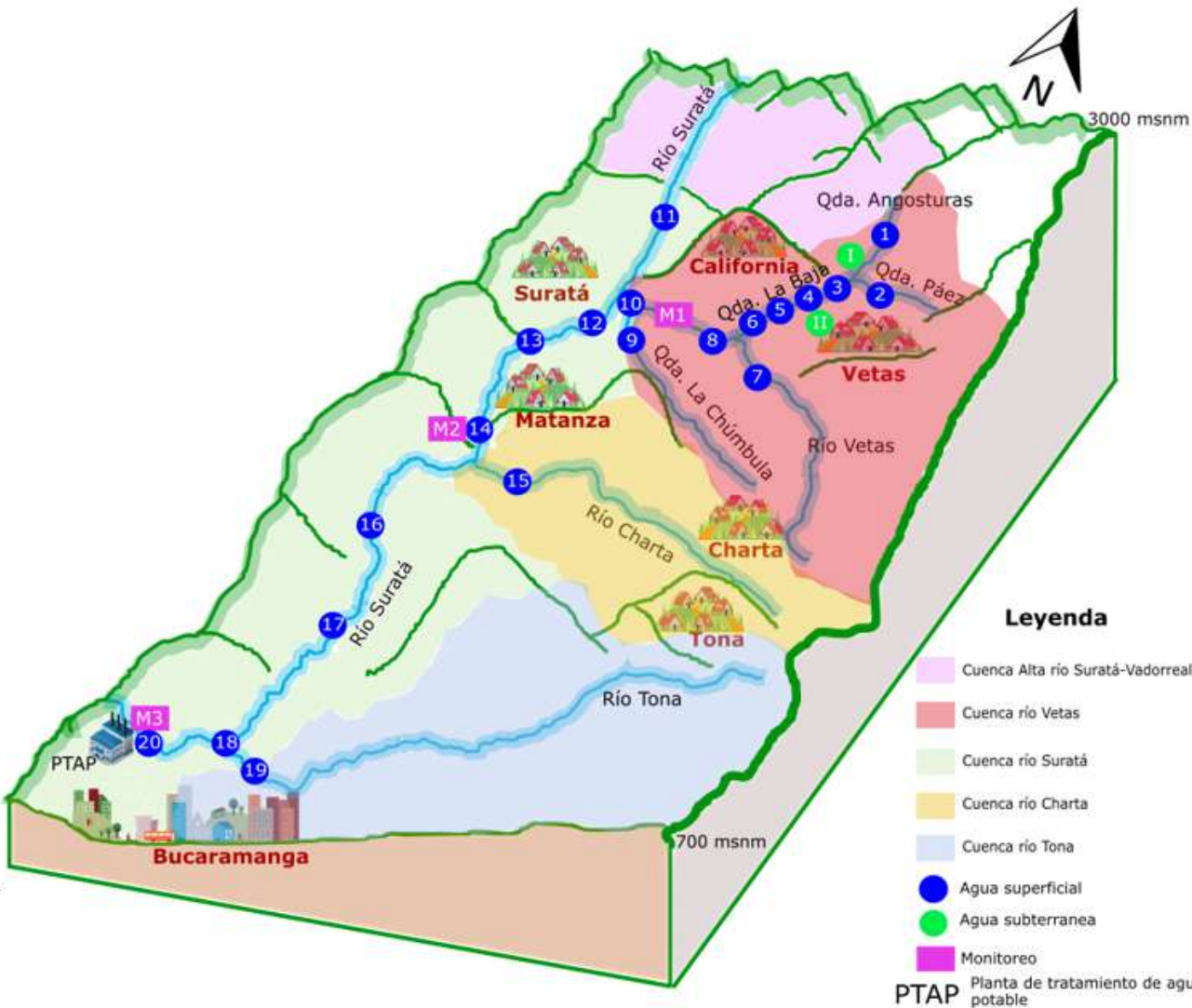
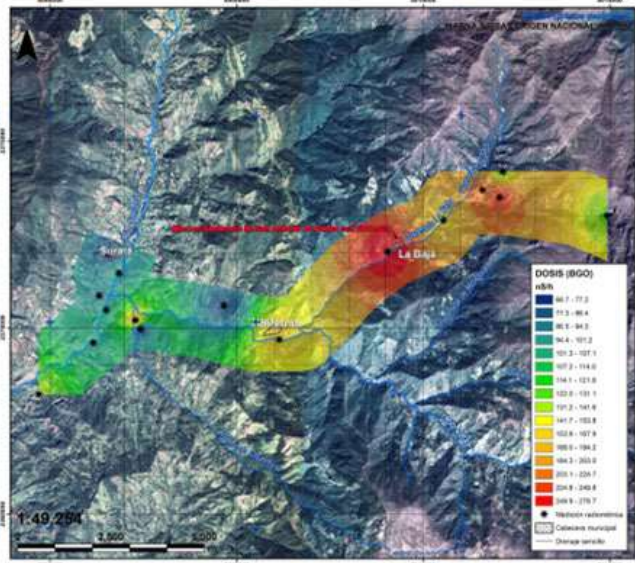
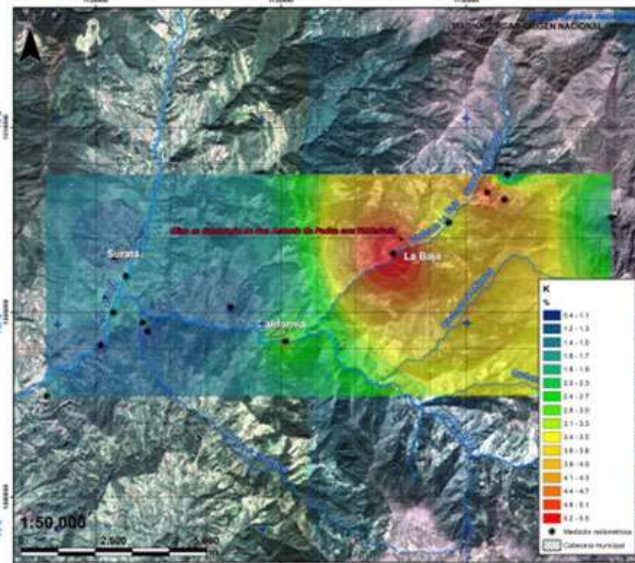


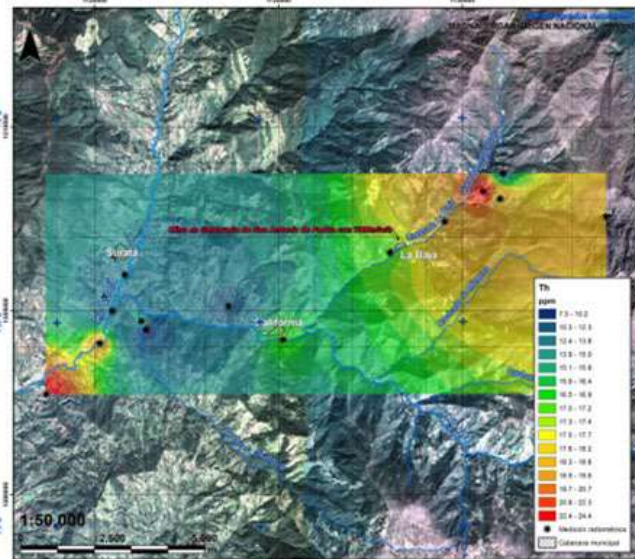
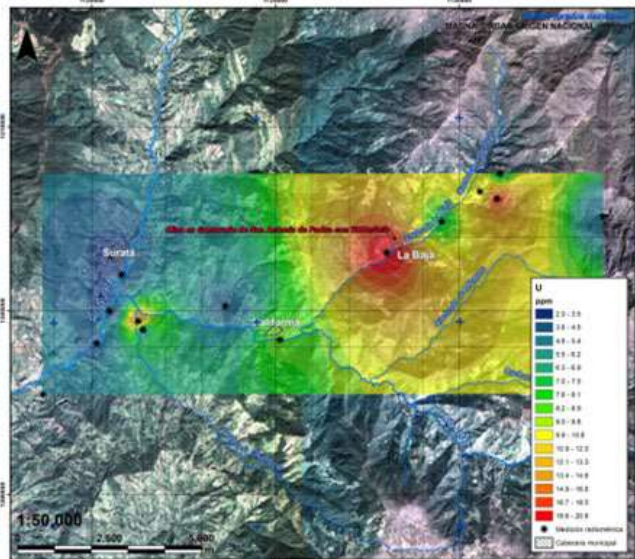
Diagrama esquemático con la distribución geoquímica de EPP (Hg, Pb, Cu, As y U) en aguas.



(a)



(b)



RADIOACTIVIDAD NATURAL

(a) mapa preliminar de tasa de dosis en superficie (b) mapa preliminar de concentración de **potasio** (%) en superficie (c) mapa preliminar de concentración de **uranio** (mg/l) en superficie; (d) mapa preliminar de **torio** (mg/l) en superficie.

RECURSOS MINERALES

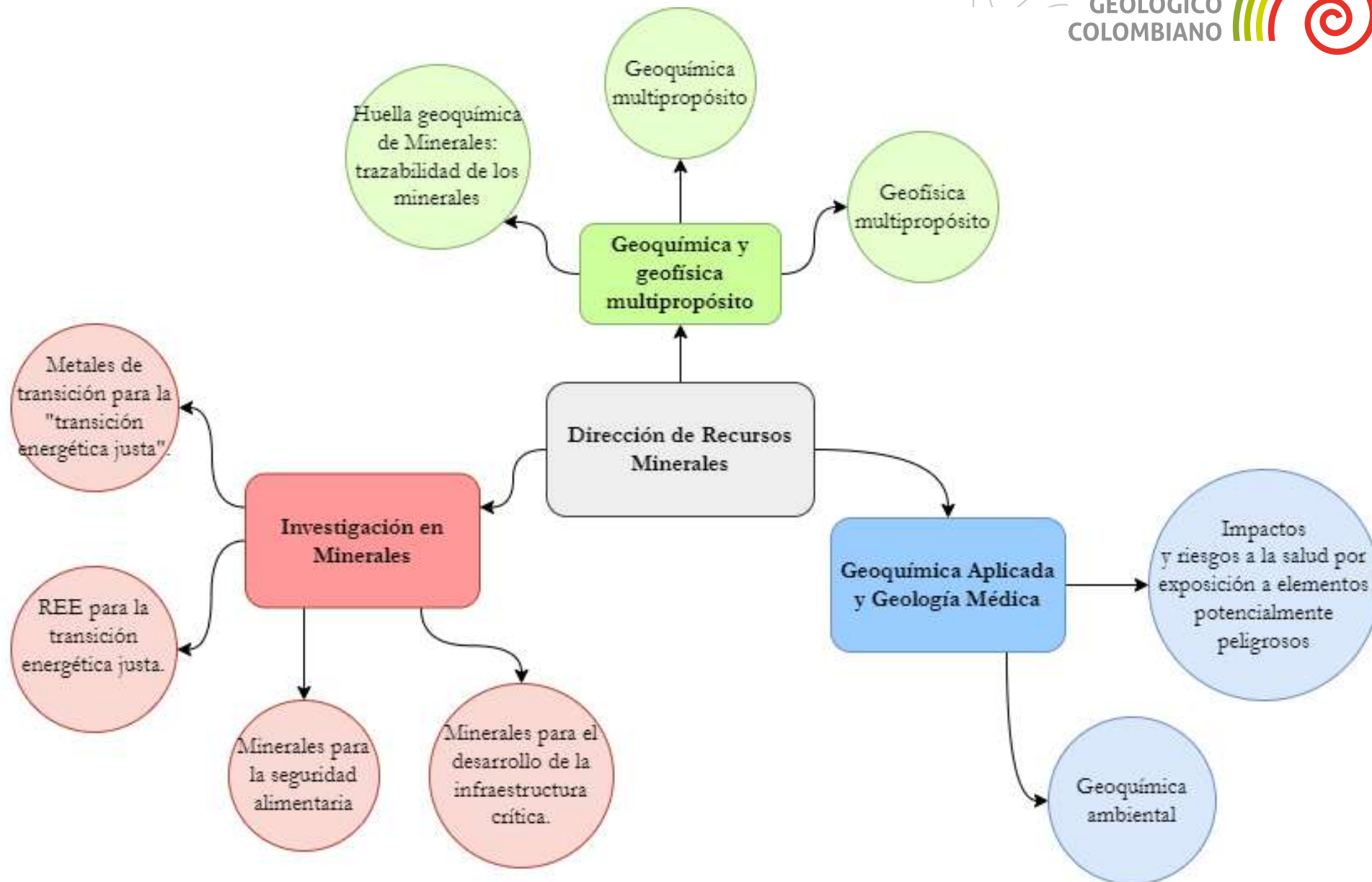
SERVICIO
GEOLÓGICO
COLOMBIANO



Estructura de la Dirección de Recursos Minerales

Investigar el entramado constituido por las relaciones entre los minerales y el agua, suelo, subsuelo, biósfera y atmósfera, así como con la industria, el suministro energético, la salud y culturas humanas.

INTEGRALIDAD EN EL CONOCIMIENTO GEOCIENTÍFICO.



Proyectos de la Dirección de Recursos Minerales para 2023-2024

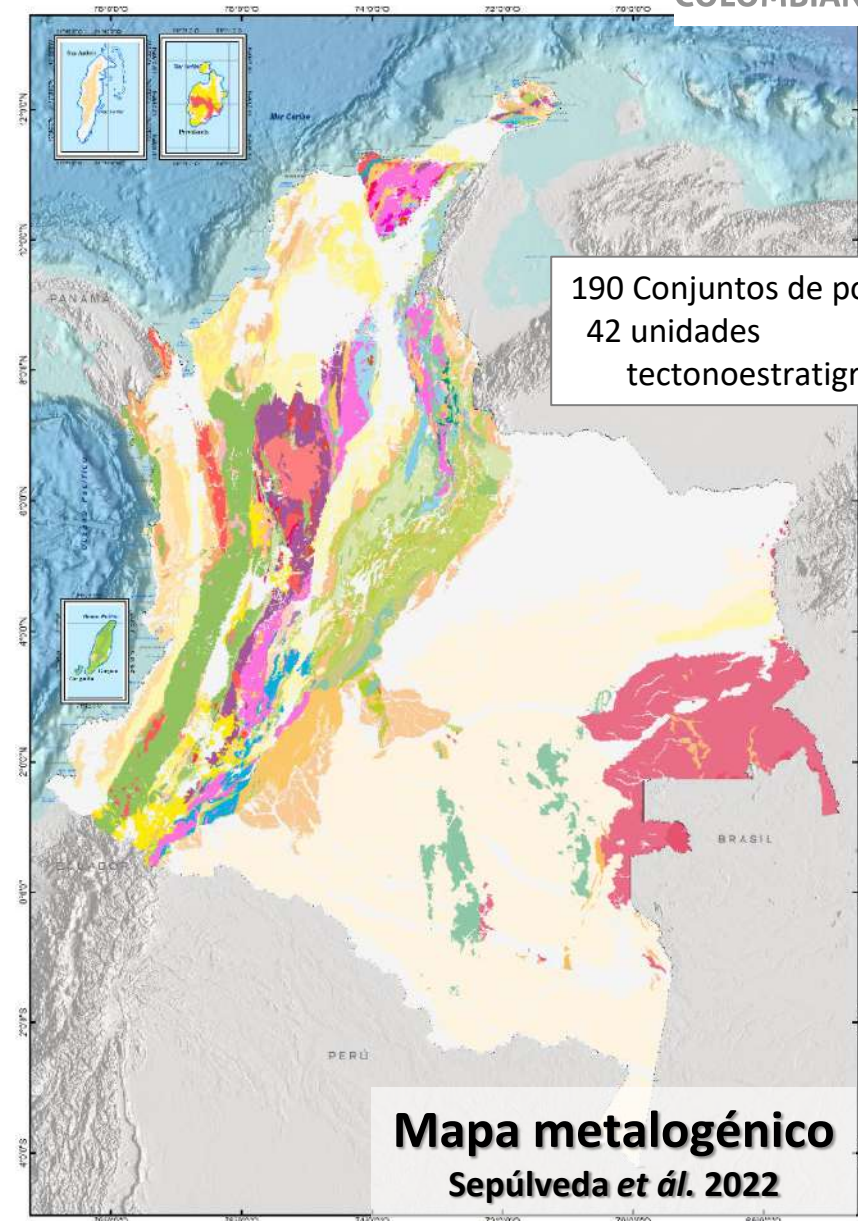
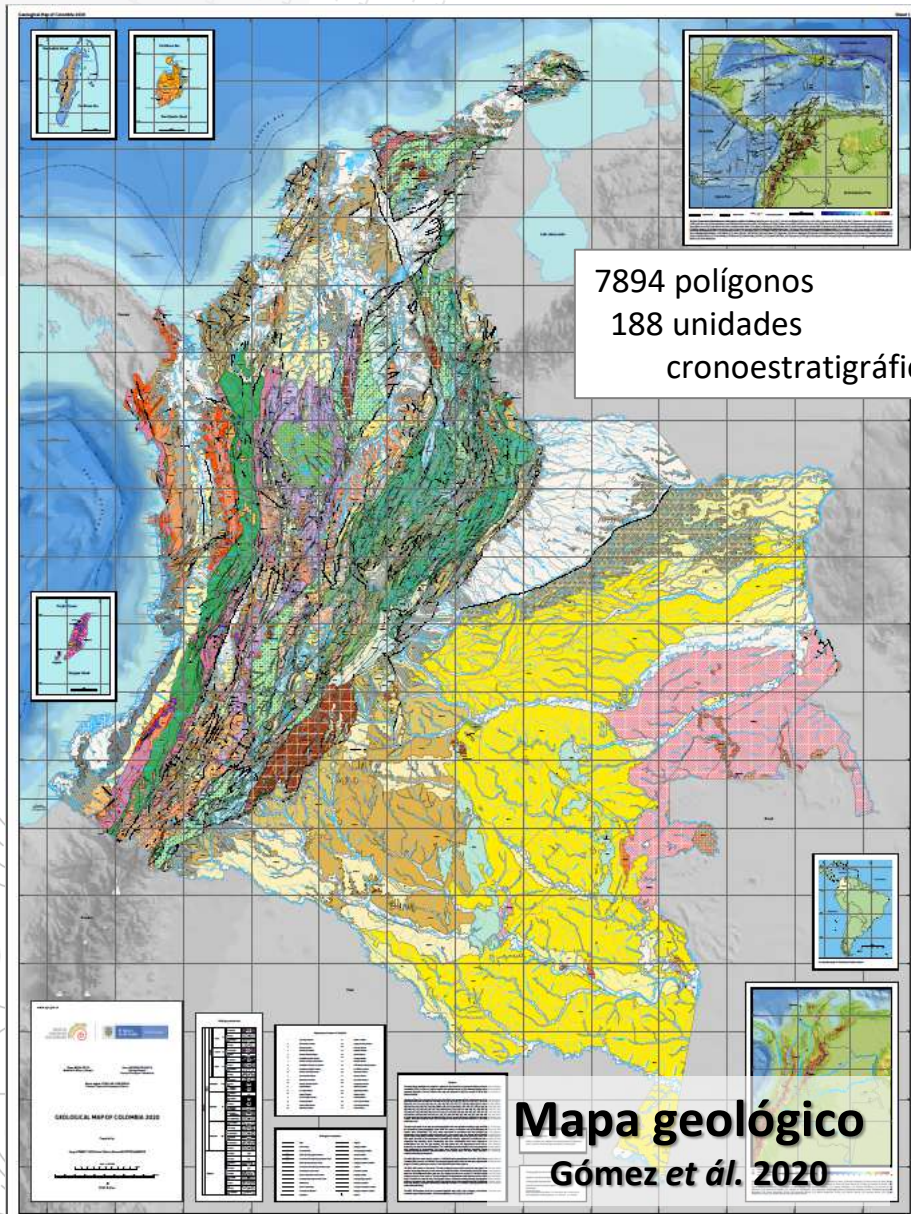
SERVICIO
GEOLÓGICO
COLOMBIANO



Grupo de investigación	Proyecto	Involucrados
Investigación en Minerales	Minerales industriales y carbones de bajo rango para recuperación de suelos	D. Lab.
	Arcillas para agregados livianos para el aprovechamiento de arcillas en botaderos y el desarrollo de la infraestructura vial	D. Lab.
	Investigación en minerales y materiales para la seguridad alimentaria: fosfatos, potasio, magnesio, etc.	D. Lab., DGB
	Investigación integral en minerales en Áreas Mineras en Estado de Abandono (AMEA) para la determinación de riesgos y aprovechamiento potencial	D. Lab., DAN, DGA
	Compilación de mapa metalogénico de Colombia - Todos los minerales, no sólo metálicos	
Geoquímica aplicada	Levantamiento de líneas base geoquímicas en regiones priorizadas por problemáticas ambientales (e.g. Tepeyé)	D. Lab.
	Validación de métodos analíticos de huella digital de oro	D. Lab.
	Mineralogía de la meteorización	D. Lab., DGA, DGB
Geofísica aplicada	Procesamiento datos de bloques entregados	DGB, DGA, DH
	Geofísica 50K para cartografía, retrabajo de datos existentes	DGB, DGA, DH
	Mantenimiento licencias geofísica para procesamiento y modelación	DGB, DGA, DH
Base de datos EXPLORA II	Ajustes y mantenimiento de Sistema informático EXPLORA	D. Lab.
Geoquímica ambiental y geología médica	Desarrollo y documentación de metodologías de extracciones selectivas, secuenciales y pruebas de bioaccesibilidad para diferentes grupos de EPP	D. Lab.
	Desarrollo y documentación de proceso de evaluación, cuantificación y zonificación de riesgos a la salud humana por exposición a EPP con origen geológico	DGA, DGB

**Nuevos temas
para la DRM**

Interpretación e integración de información geológica para metalogenia



EVENTOS TECTONOMAGMÁTICOS VS MINERALIZACIÓN

SERVICIO
GEOLOGICO
COLOMBIANO



Interpretación e integración de información geocronológica para metalogenia

Tareas:

Compilar en el mapa metalogénico de Colombia la información de minerales industriales y energéticos que se tiene del territorio nacional.

Investigación en metalogenia de los nuevos minerales de transición energética justa.

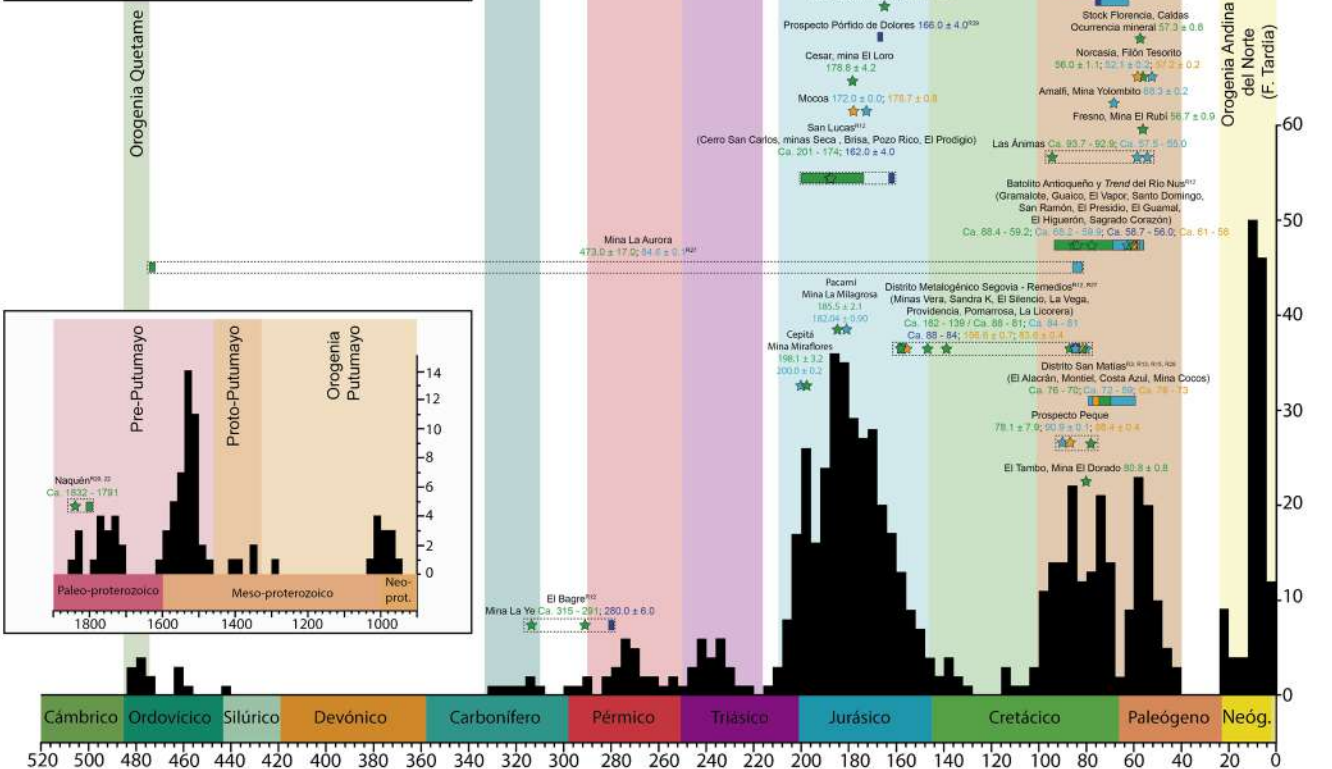
LEYENDA

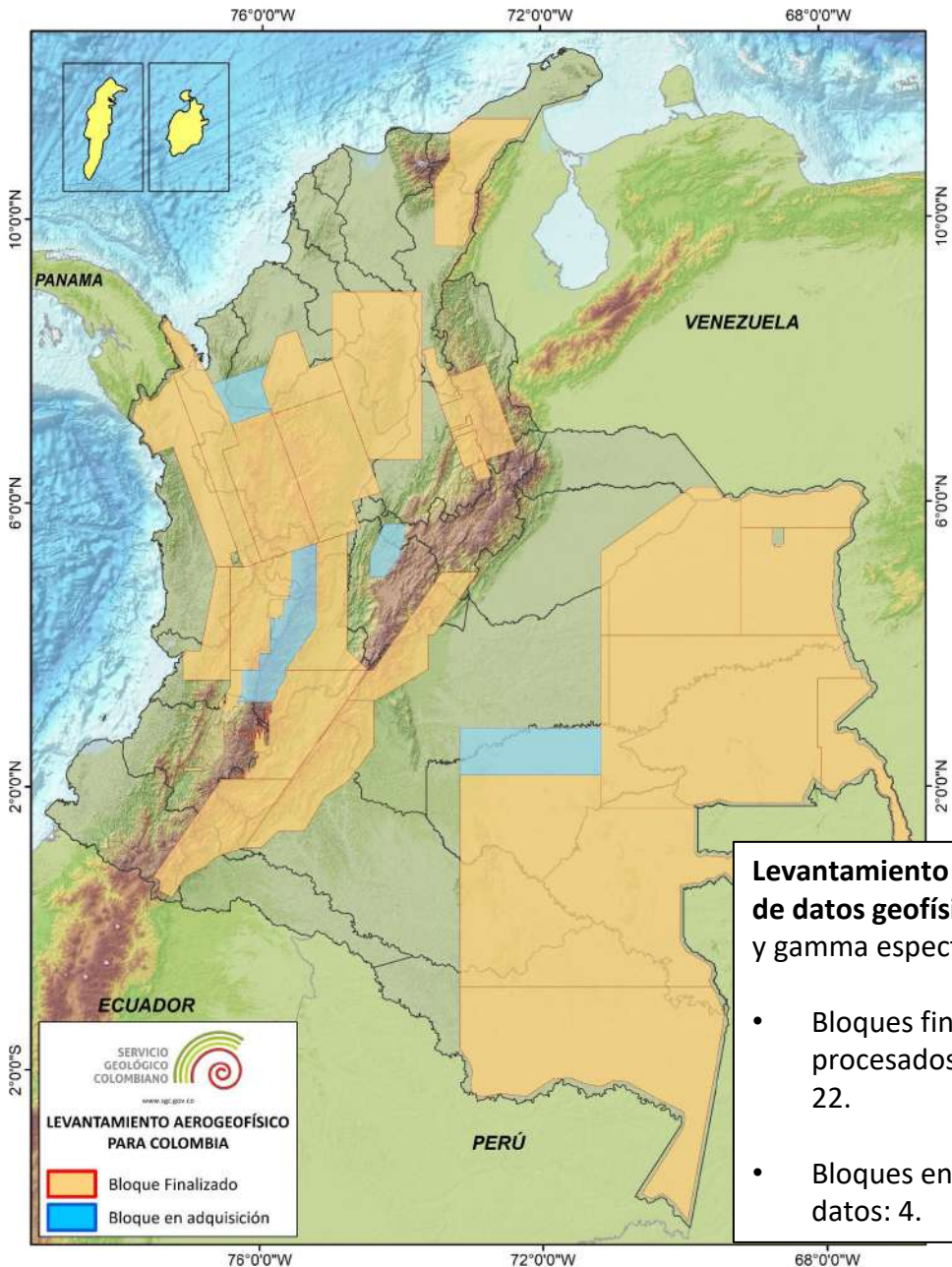
Todas las edades reportadas en esta gráfico se expresan en millones de años.

- Magmatismo (U-Pb/circón)
- Alteración hidrotermal (⁴⁰Ar/³⁹Ar)
- Alteración hidrotermal (K-Ar)
- Mineralización (Re-Os/molibdenita; *Isócrona Py-Au)
- Mineralización (U-Th-Pb/parisita)
- R1 Referencia bibliográfica
- ★ Edades obtenidas dentro del Proyecto Mapa Metalogénico de Colombia reportadas en Sepúlveda *et al.* (2020).
- Selección de edades U-Pb en circón para unidades magmáticas en Colombia (n = 823)

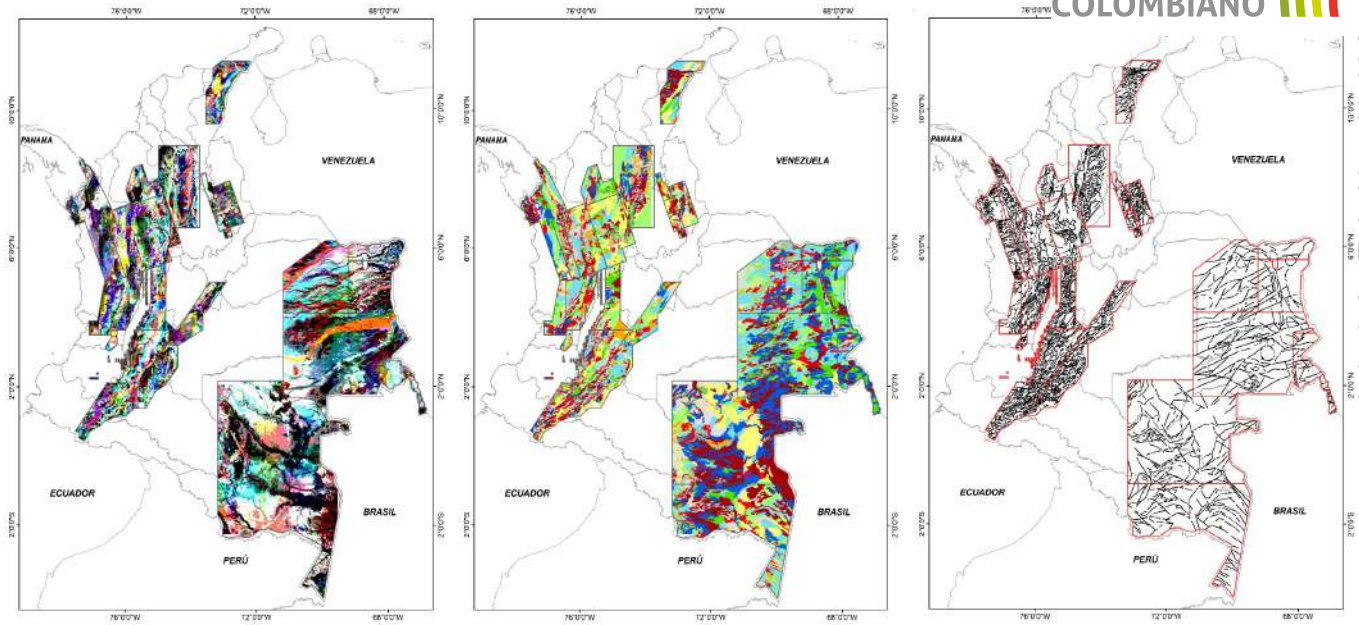
Figura preparada a partir de las bases de datos geocronológicas compiladas por Gómez *et al.* (2015) y Rodríguez-Corcho *et al.* (2021), las referencias allí citadas y referencias adicionales no incluidas o publicadas con posterioridad. Fecha de cierre de compilación de información: Septiembre 2022.

Los eventos tectónicos señalados en esta figura se establecen de acuerdo a las publicaciones de Leal-Mejía *et al.* (2019), Ibañez Mejía (2020) y Zapata *et al.* (2019).





Mapa de Anomalías Geofísicas de Colombia (1:1.500.00)



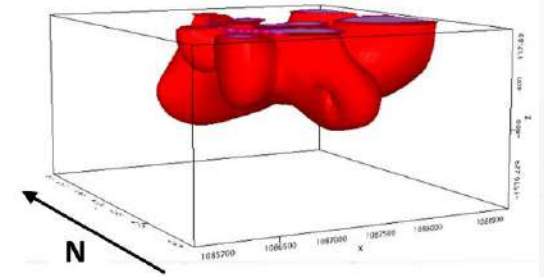
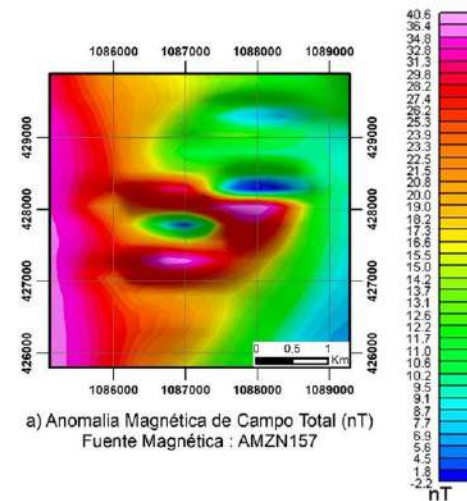
Dominios Gamma
Espectrométricos

Dominios
Magnéticos

Lineamientos
Magnéticos

Levantamiento aerotransportado
de datos geofísicos Magnetometría
y gamma espectrometría.

- Bloques finalizados,
procesados e interpretados:
22.
- Bloques en procesamiento de
datos: 4.

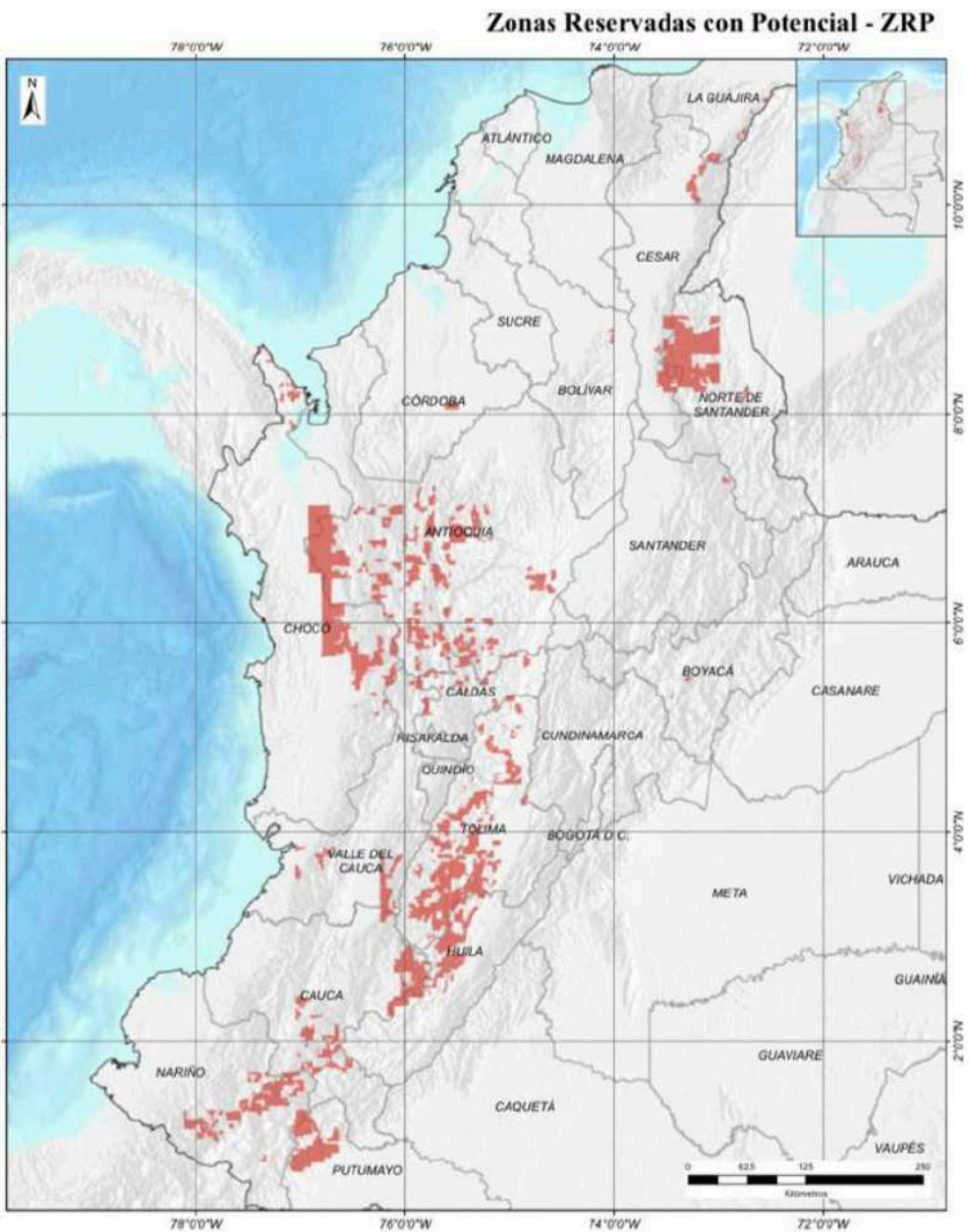


h) MVI ΔM7N157

Fuentes Magnéticas

Versión año 2022: 1.650 fuentes modeladas

¿Dónde vamos a detallar el potencial de minerales estratégicos?



Año	Resolución	Número de Bloques	Área Ha
2017	135	54	7.627,5952
	277	3	1.076,0000
	28	2	487,7200
2018	279	5	13.065,0000
	2	2	5.092,6858
2020	369	1	2.773,4748
	370	8	5.472,7447
	1	1	493,0803
2021	30	2	1.521,9748
	31	1	666,0766
	71	2	2.418,3972
	78	1	8.707,5442
	167	10	30.563,6750
2022	168	6	2.032,1391
	183	284	2.285.120,2478
	233	5	10.543,3719
2022	57	13	42.104,2608
	58	4	1.747,9614
Total		404	2.421.513,9496

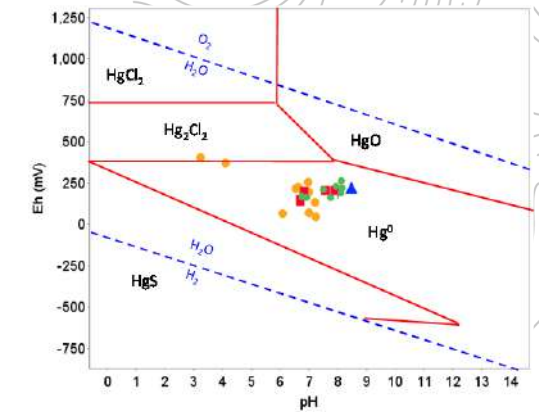
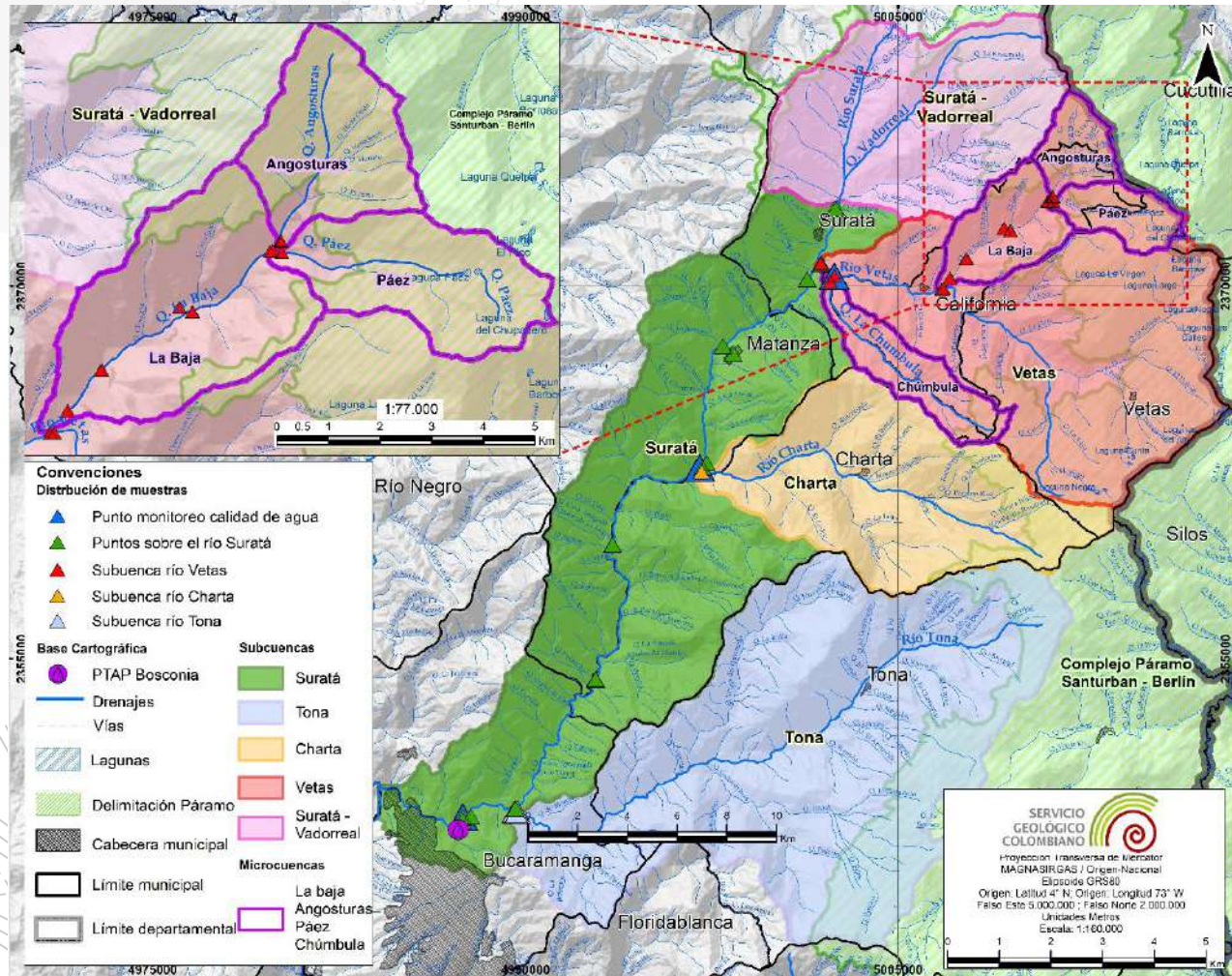
- Convenciones Generales**
- Límite País
 - Límite Departamental
 - Zonas Reservadas con Potencial ZRP

- Se generará información más detallada de potencial en zonas sin títulos mineros ni solicitudes de títulos.
- Será necesario revisar eventuales restricciones ambientales y socioculturales (Sentencias altas cortes)
- Este trabajo se adelanta de manera conjunta con la AGENCIA NACIONAL DE MINERÍA. Esta entidad tomará decisiones sobre eventuales subastas para no regirse por el principio de primero en el tiempo primero en el derecho.

Mapa de zonas reservadas con potencial mineral
SGC, 2023

Fuente: IGAC, SGC, AnnA Minería 24/03/2023
Fecha de elaboración: 24/03/2023

Minería en páramos: datos para la toma de decisiones



- Mercurio (Hg) en planta de tratamiento de agua para consumo humano.
 - Niveles de concentración superiores al promedio nacional (promedio 90 ppb, mediana 30 ppb)
 - Aporte geogénico y antropogénico.
 - Inferencias sobre movilidad geoquímica (estabilidad Eh-pH): Hg en estado metálico (Hg^0) y el Cu disuelto esta formando complejos cianurados tipo $Cu(CN)_2$ y $Cu(CN)_3$.
- FUNDAMENTOS PARA LAS DECISIONES SOBRE MINERÍA EN EL TERRITORIO.**

Geología médica: Arsénico en las cuencas de los ríos Campoalegrito y San Ramón, municipio de Santa Rosa de Cabal (Risaralda)

SERVICIO
GEOLÓGICO
COLOMBIANO



Fase 1: Determinar los contenidos de arsénico en las cuencas de los ríos Campoalegrito y San Ramón

Muestreo de aguas naturales y tratadas, sedimentos activos y lodos termales



¿Por qué?

El río Campoalegrito es la fuente abastecedora de agua potable del municipio. En el drenan, de manera natural, manantiales termales ricos en As

¿Qué aprendimos?

As en agua de captación y agua de consumo (tratada) por fuera de norma de agua para consumo humano (10 $\mu\text{g}/\text{L}$: Res 2115/2007)

Fase 2: Determinar la concentración de As en cabello de la población del municipio y su relación con el agua de consumo

Encuesta de hábitos, evaluación médica y Muestreo de agua de consumo y cabello humano



¿Por qué?

Se encontraron concentraciones de As tanto en el agua de captación como en la red de distribución del acueducto de Santa Rosa de Cabal

¿Qué aprendimos?

Existe exposición de la población a As a través del agua de consumo. Valor de referencia As en cabello (ATSDR): 10 mg/kg.

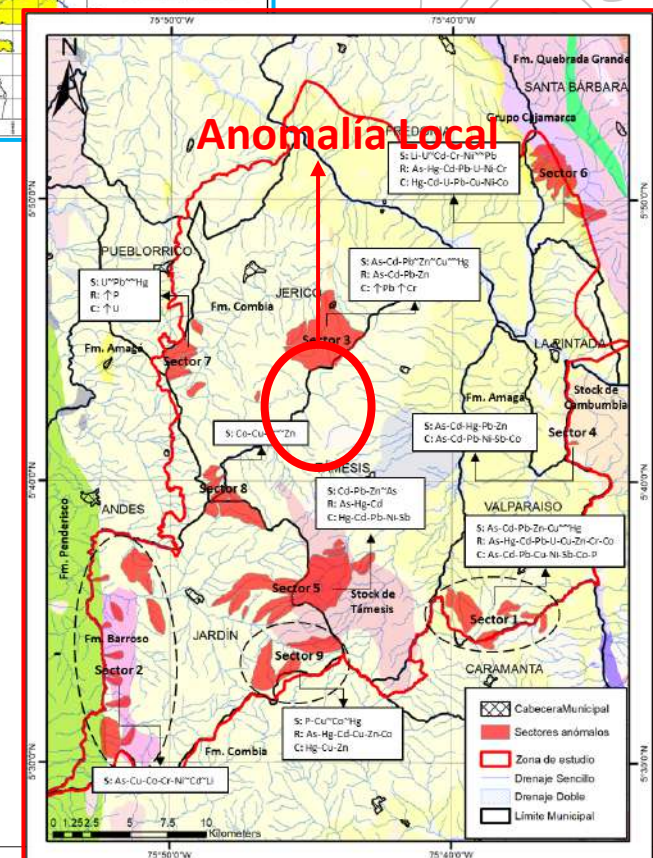
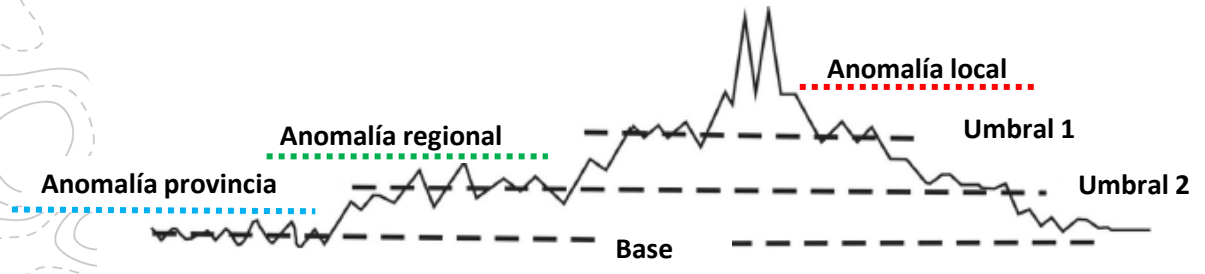
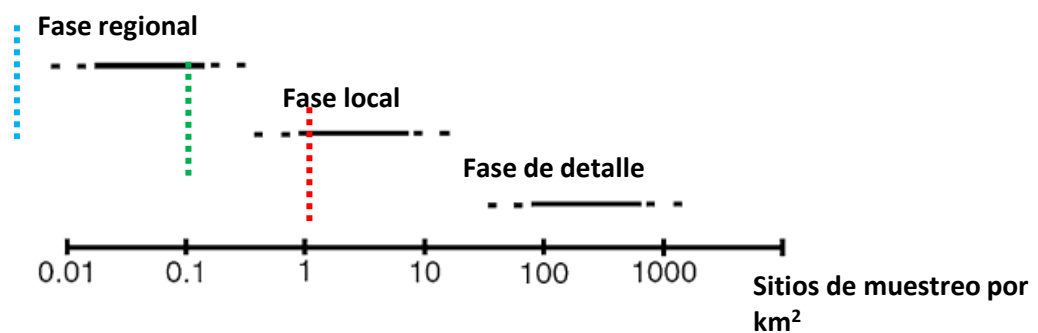
Geoquímica aplicada

Línea base geoquímica = Variación natural en la concentración del elemento químico en superficie

Fundamental para:

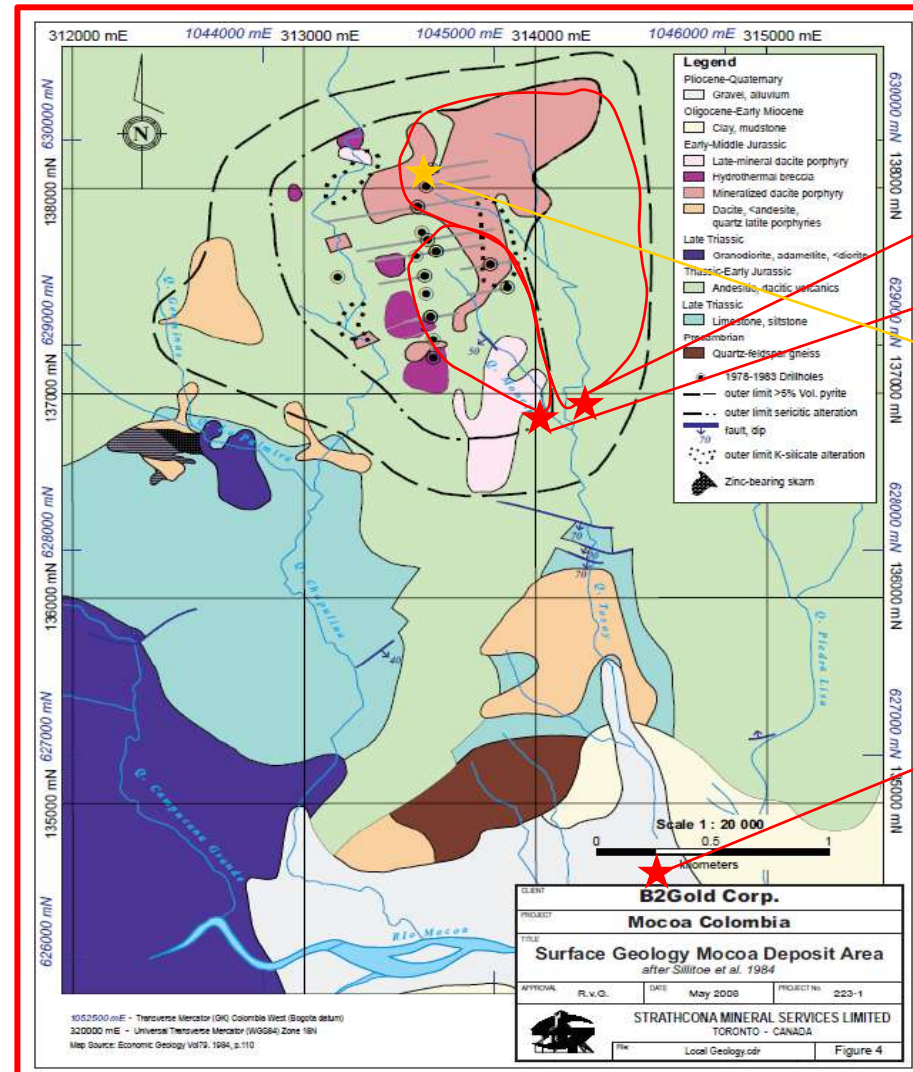
- Ordenamiento territorial.
- Análisis de problemas de salud pública.
- Búsqueda de recursos minerales.
- Diagnóstico y análisis de la calidad ambiental.

Densidad	Grilla trabajo	Medio muestreo
Alta	1 x 1 km	Sedimento activo fino Sedimento de lecho seco Agua superficial, Roca
Media	5 x 5 km	Sedimento activo fino Sedimento de lecho seco Agua superficial
Ultrabaja	80 x 80 km	Sedimento llanura inundación Sedimento de sobrebanca Agua superficial



Referencia: Modificado de Hosseini-Dinani, H., Mokhtari, A. R., Shahrestani, S., & De Vivo, B. (2019).

Evaluación de la potencialidad de generación de drenaje ácido de roca asociada a la mineralización de cobre



★ Muestras agua Superficial

pH = 4,01 / cond= 97,9

pH = 4,07 / cond= 142,9

★ Pozo MD 043

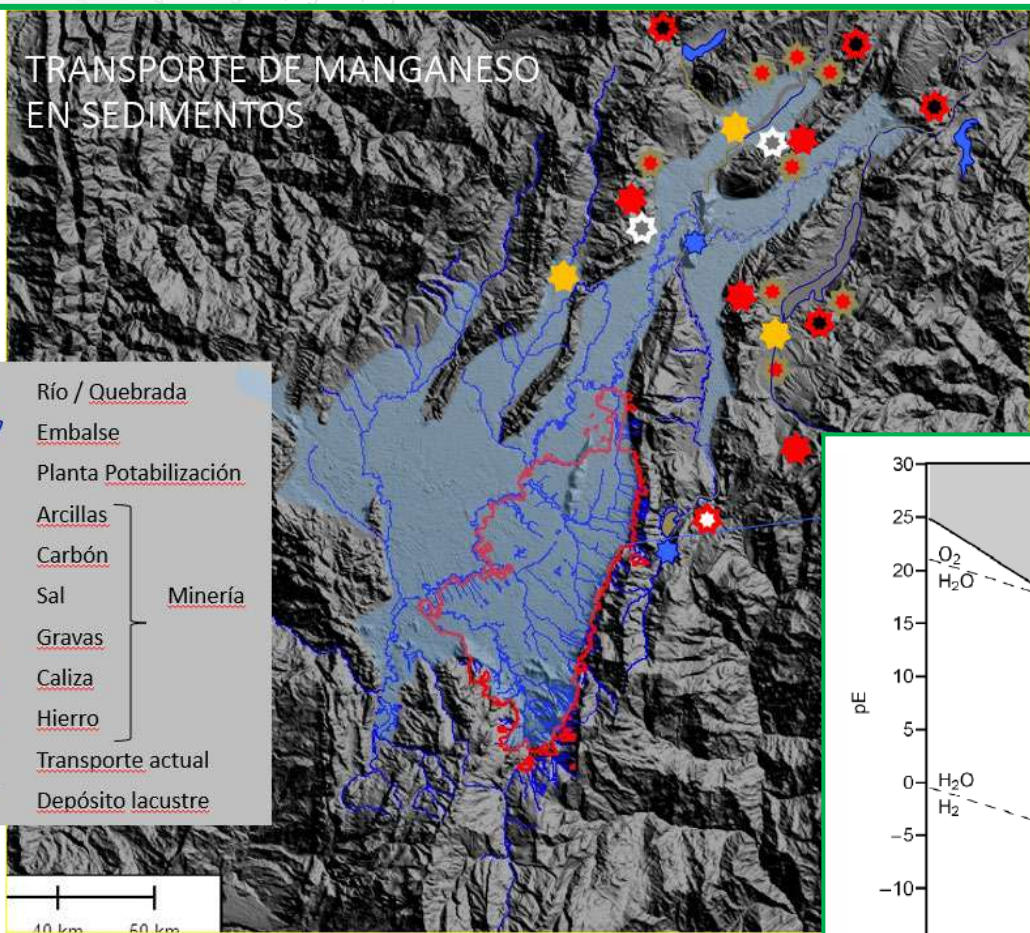
pH = 6,91 / cond= 73.44

Presencia de mercurio en la quebrada Tosoy superior a 70 ppb

- 32 muestras de núcleo Pozo MD-043
- 3 muestras agua superficial

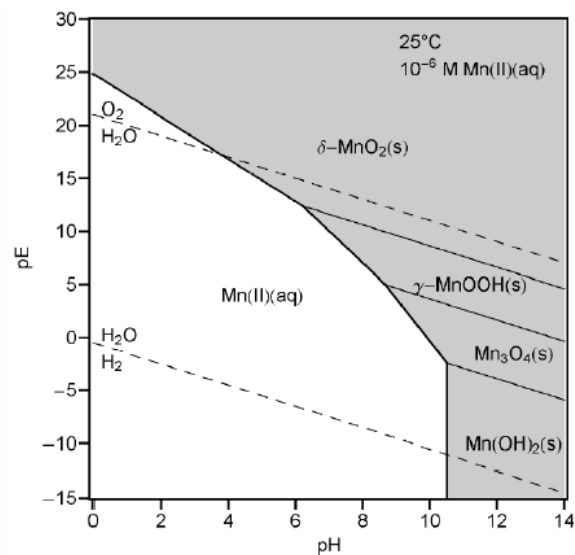
Geoquímica del manganeso en las fuentes y trazabilidad de metales tóxicos en los sistemas de abastecimiento en la cuenca alta del río Bogotá

TRANSPORTE DE MANGANESO
EN SEDIMENTOS

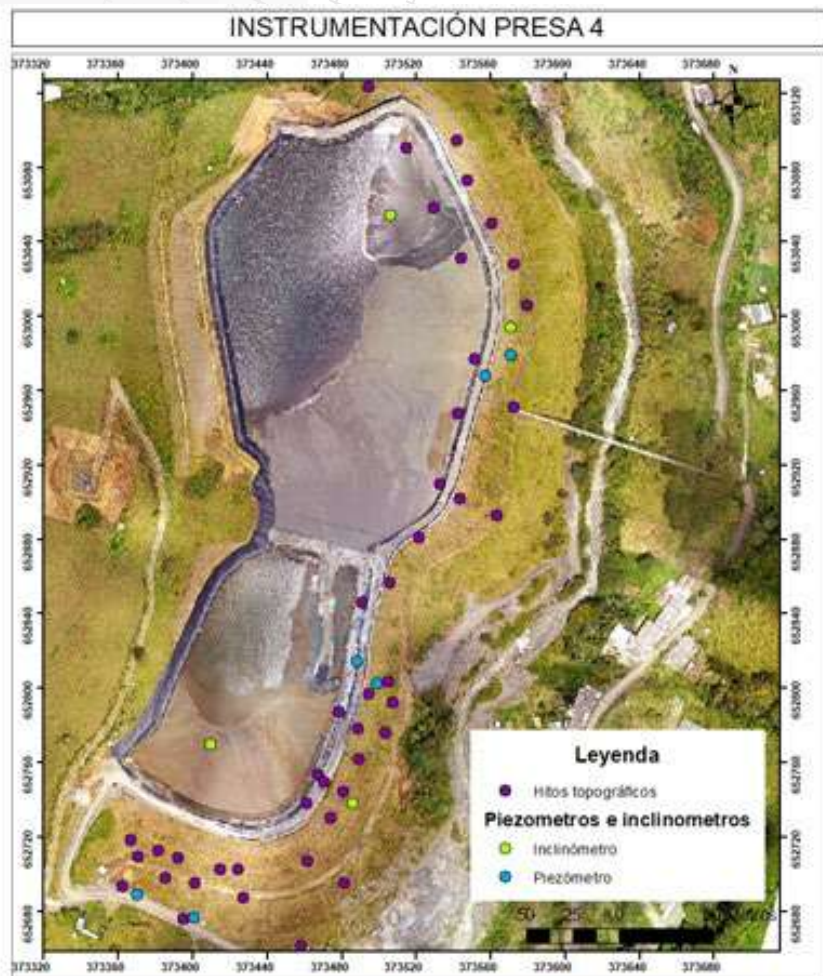
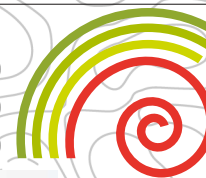


- Río / Quebrada
 - Embalse
 - Planta Potabilización
 - Arcillas
 - Carbón
 - Sal
 - Gravas
 - Caliza
 - Hierro
 - Transporte actual
 - Depósito lacustre
- Minería

Establecer el modelo geoquímico de manganeso (Mn) y metales asociados, en las cuencas abastecedoras de agua a las plantas potabilizadoras, relacionando los aportes naturales, las condiciones hidroclimatológicas y la contaminación antrópica.



Diagnóstico geotécnico de relavera en mina de metálicos.



Instrumento	EJE	Variable Medida			
		Disp. Máx. (mm)	Prof. (m)	Def. (%)	Vel. (mm/mes)
Inclinómetro I-03	A	26,19	36,0	0,105	1,45
	B	6,14	36,0	0,025	0,34
Inclinómetro I-04	A	53,48	33,0	0,255	3,22
	B	-18,16	33,0	0,076	-1,09
Inclinómetro I-05	A	5,89	33,0	0,017	0,83
	B	1,44	33,0	0,004	0,09

La instrumentación de la presa de relaves consiste en cuarenta y siete (47) puntos de control, ocho (8) piezómetros y tres (3) inclinómetros. Se observa que los inclinómetros I-03 e I-04, presentan deformaciones del orden de los 2,6 y 54 cm, que colindan con el río Atrato, lo cual puede indicar inestabilidad de la estructura o asentamientos normales en la estructura. La empresa no cuenta con los estudios que definan.

HIDROCARBUROS

SERVICIO
GEOLÓGICO
COLOMBIANO



Dirección de Hidrocarburos

Director Técnico
**Juan Manuel
Herrera González**

Grupo de Trabajo
Investigación en
Geoquímica y
Geofísica
Aplicada



1. Transformación digital de la información.
2. Caracterización regional de rocas cretácicas generadoras de gas para la **identificación de niveles prospectivos convencionales y su potencial como contaminantes de agua o suelos.**
3. **Análisis de cuencas** y distribución de secuencias sedimentarias.
4. Análisis regional del cratón colombiano y cuencas peri-cratónicas del oriente colombiano **para evaluar la posible existencia de hidrógeno de origen natural (hidrógeno blanco).**
5. Inventario y caracterización geológica y geoquímica de los rezumaderos naturales de hidrocarburos de la cuenca Sinú, en San Jacinto, como insumo para **determinar la afectación en el agua superficial y subterránea circundante.**



Proyectos con la Agencia Nacional de Hidrocarburos ANH

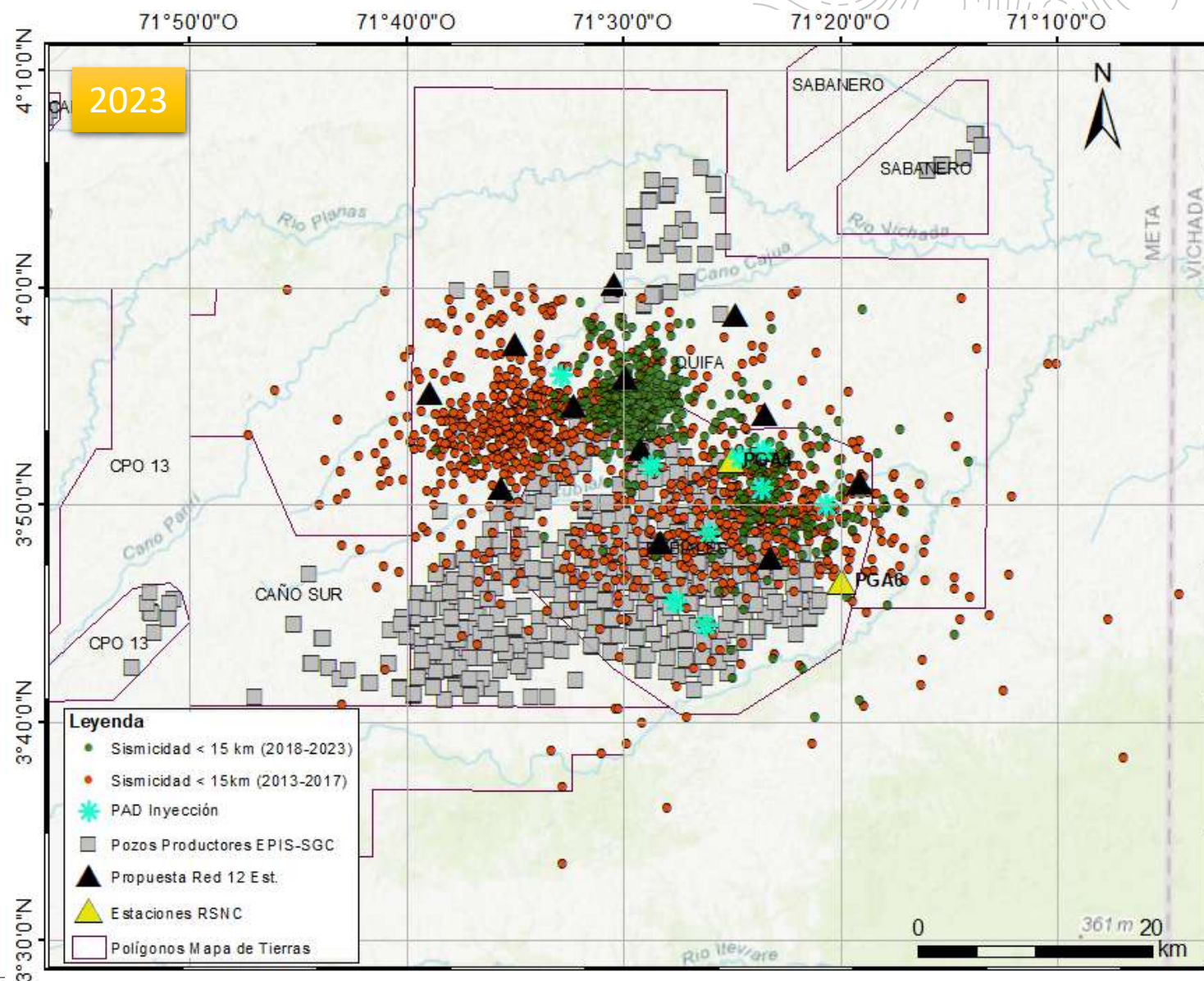
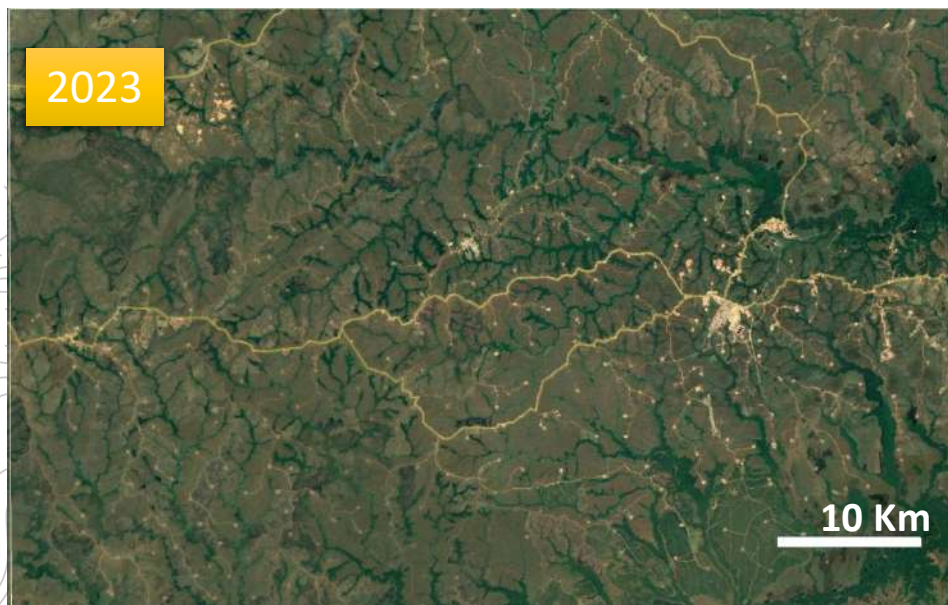
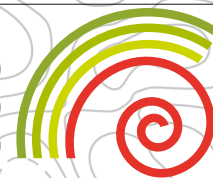
Análisis post mortem de pozos con énfasis en hallazgos gasíferos.

Análisis de muestras de fondo marino – Piston Cores.

Monitoreo de sismicidad inducida.

Sismicidad inducida por inyección de aguas en explotación de HC

SERVICIO
GEOLOGICO
COLOMBIANO





Caracterización geoambiental de relaves mineros en Colombia

- Caracterizar mineralógica, química y ambientalmente relaves auríferos.

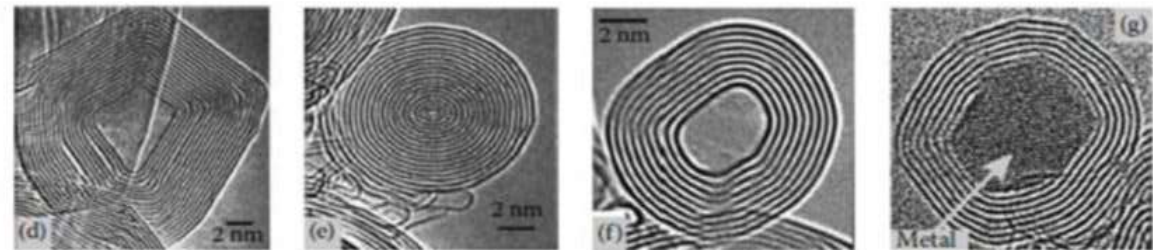


Áreas de estudio propuestas: Cauca y Antioquia.



Aprovechamiento de subproductos del carbón en la transición energética justa

- Aprovechar residuos y subproductos de carbón para su incorporación a la cadena productiva energética.
- Estudiar el contenido de elementos tierras raras presentes en las cenizas de carbón.
- Obtener nuevos materiales (nanocebollas) con posible aplicación en elaboración de capacitores energéticos.



GRACIAS



MINISTERIO DE MINAS Y
ENERGÍA