

ESTUDIOS DE CASO: LA CONTAMINACIÓN RELACIONADA CON MINERÍA “LEGAL” DE GRAN ESCALA EN COLOMBIA



www.terraageoambiental.org
info@terraageoambiental.org

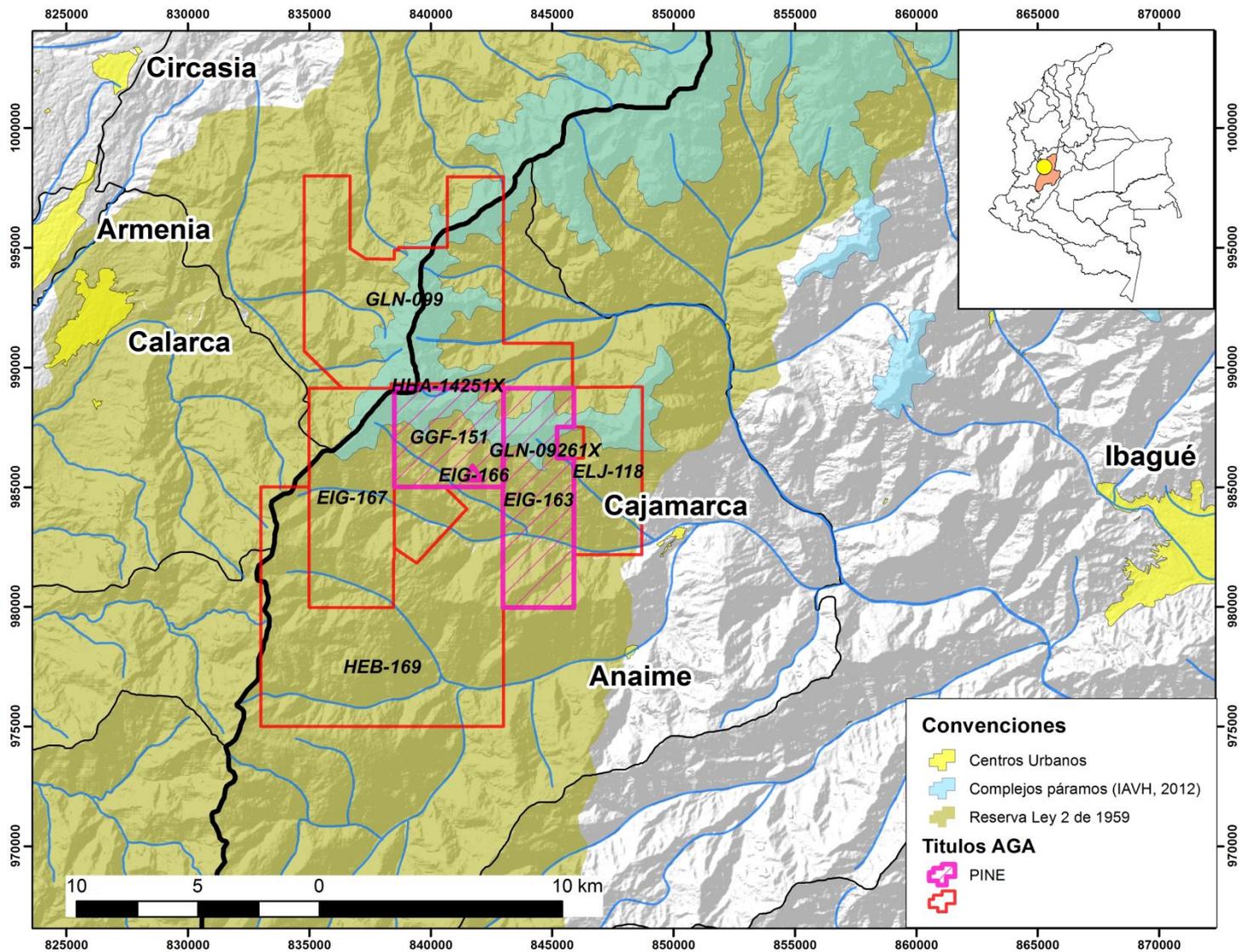
Julio Fierro Morales
Geólogo MSc Geotecnia U.N.
Docente Facultad Ingeniería
UNIVERSIDAD NACIONAL DE
COLOMBIA.



Evaluación preliminar de amenazas asociadas al proyecto minero La Colosa



Julio Fierro Morales - Geólogo MSc Geotecnia
Andrés Ángel - Geólogo MA Gestión Pública y Gobernanza
Eduardo Quintero Chavarría – Ing. Civil MSc Geofísica
Ana María Llorente - Ing. Ambiental MSc Geomática (c)
Andrés Castillo Ortegón – Ing. Civil Esp. Hidráulica
Erika Cuida López – Geóloga
Angie Ramírez Huerta - Geóloga
Francisco Díaz González– Geólogo
Daniela Mateus Zabala – Geóloga



LOCALIZACIÓN GENERAL DE PROYECTO DE LA COLOSA. CASI LA TOTALIDAD DE LOS TÍTULOS MINEROS INVOLUCRADOS EN EL PROYECTO SE TRASLAPA CON LAS ÁREAS DE PÁRAMO QUE FUERON DEFINIDAS POR EL INSTITUTO HUMBOLDT EN 2012, LOS CUALES NO HAN SIDO ACOGIDOS POR RESOLUCIÓN. ELABORACIÓN PROPIA.

La información sobre las características del yacimiento de La Colosa en términos de volumen, tenor de oro (concentración), porcentaje de sulfuros, contenido de metales pesados, y en general las consideraciones geológicas y geoquímicas del yacimiento que han sido publicadas o comunicadas por AGA son escasas.

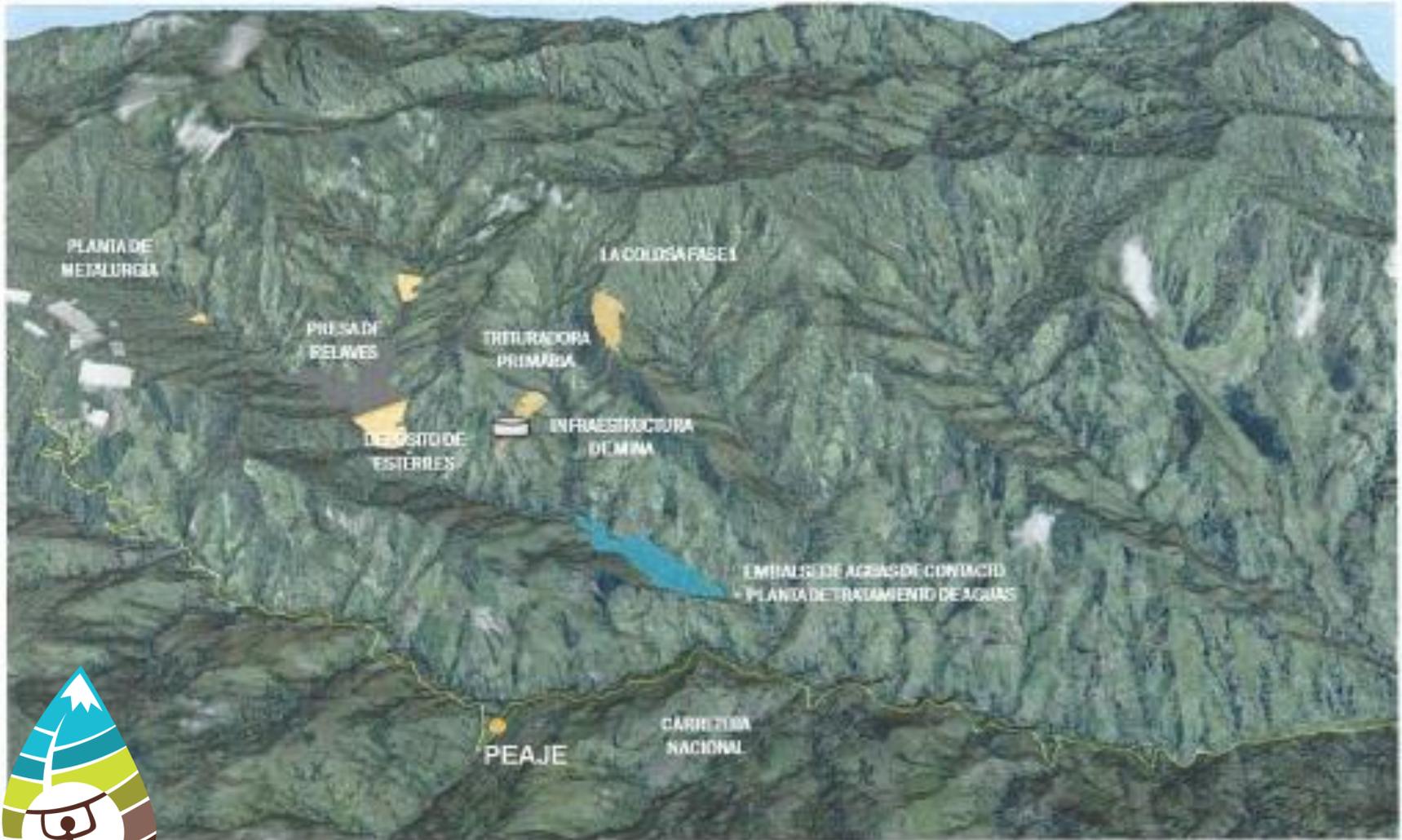
No obstante, hay trabajos científicos, informes y resúmenes vinculados a o financiados por la empresa que dan una idea de las características del proyecto. **Garzón (2008) establece el tenor de oro del yacimiento en 0,86 gramos por tonelada (con variaciones entre 0,6 y 1,4 g/ton de acuerdo con Tapia, 2011).**

Tomado de: Fierro, Ángel, Castillo, Quintero, Llorente y López, 2016

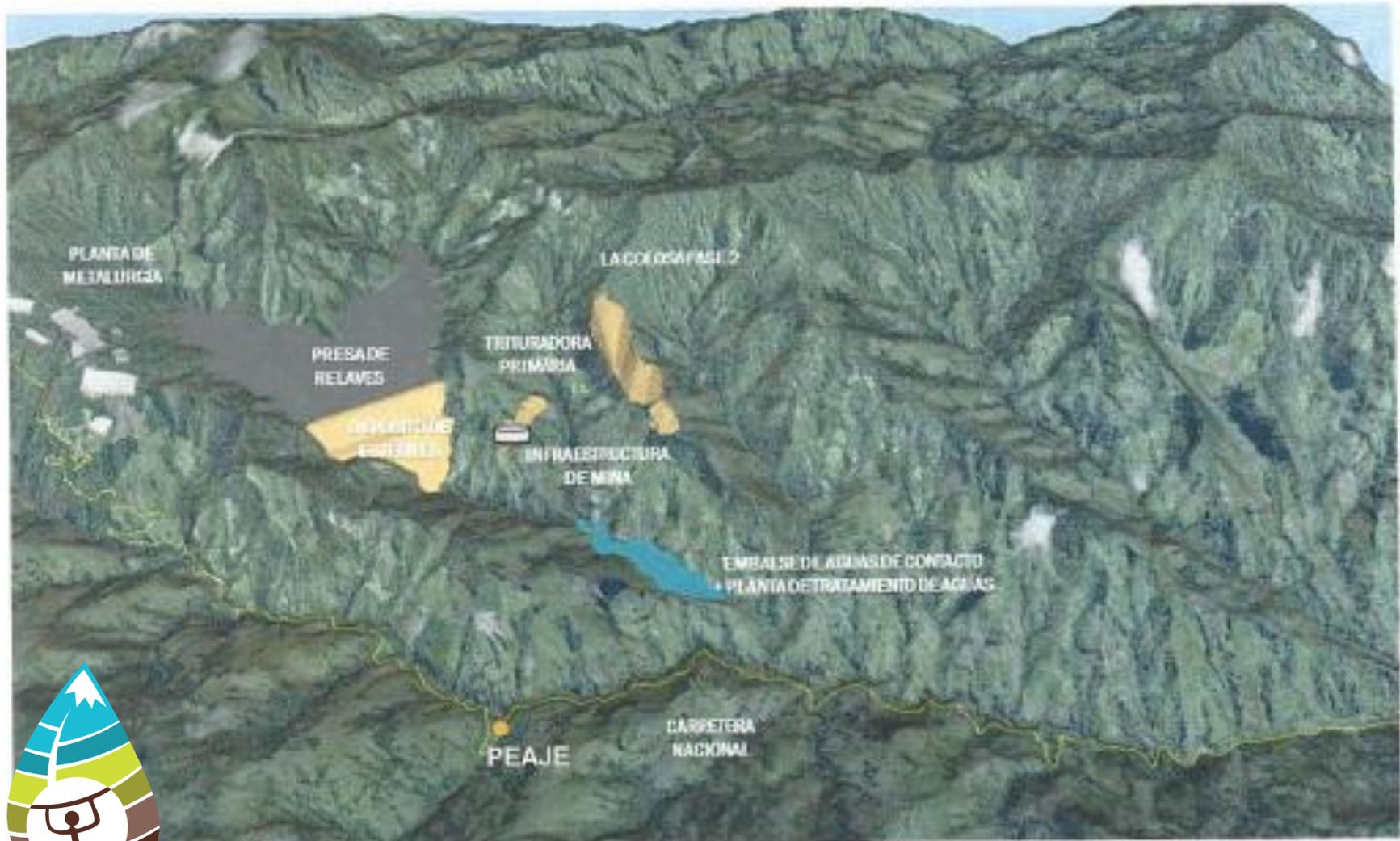


TANTO GARZÓN COMO TAPIA ERAN FUNCIONARIOS DE LA MINERA EN EL MOMENTO EN QUE PUBLICARON SUS REPORTES.

Proyección infraestructura de La Colosa al año 2024



Proyección infraestructura de La Colosa al año 2031

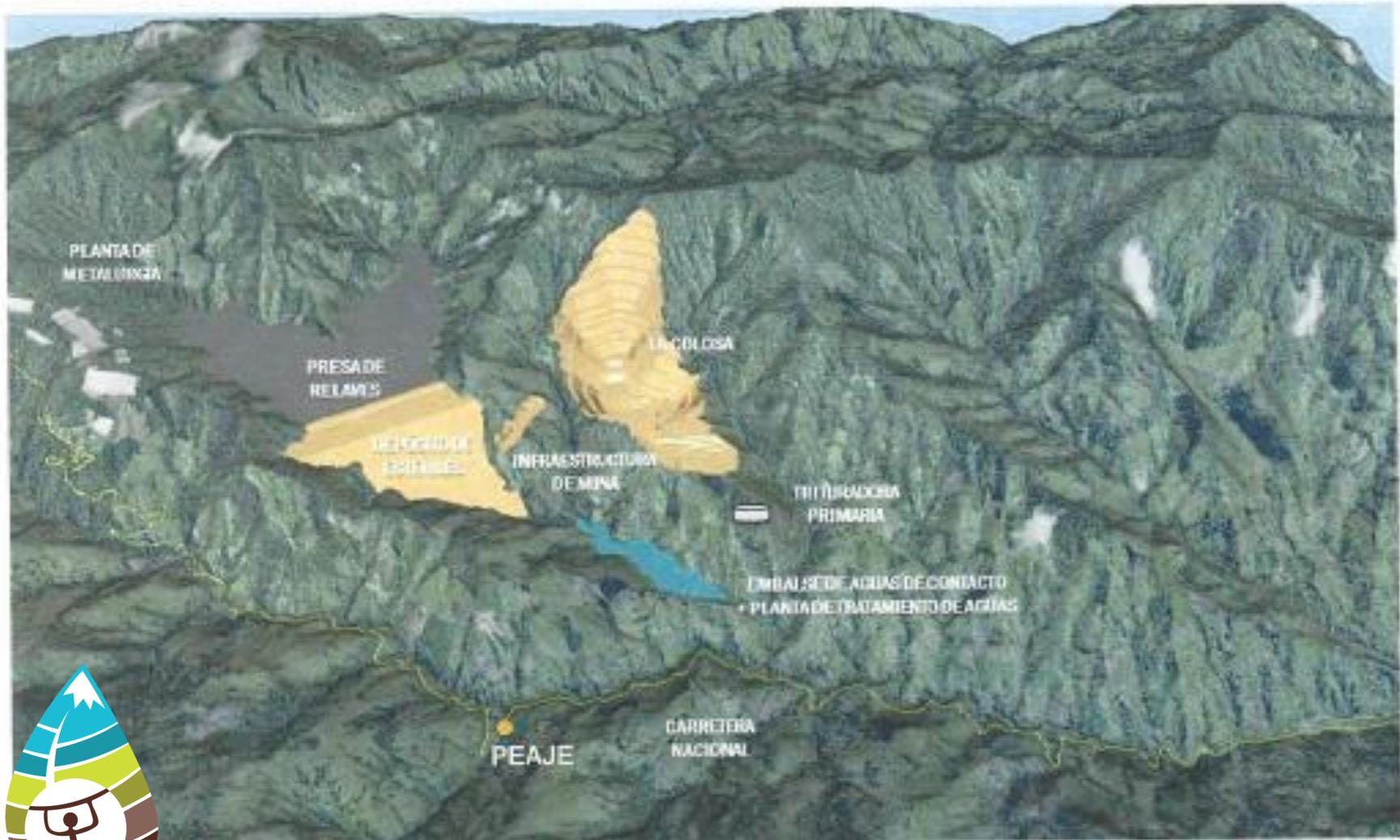


TERRAE
GRUPO DE INVESTIGACIÓN
GEOAMBIENTAL

ANGLOGOLD ASHANTI

ANGLOGOLD ASHANTI, 2014.

Proyección infraestructura de La Colosa al año 2045

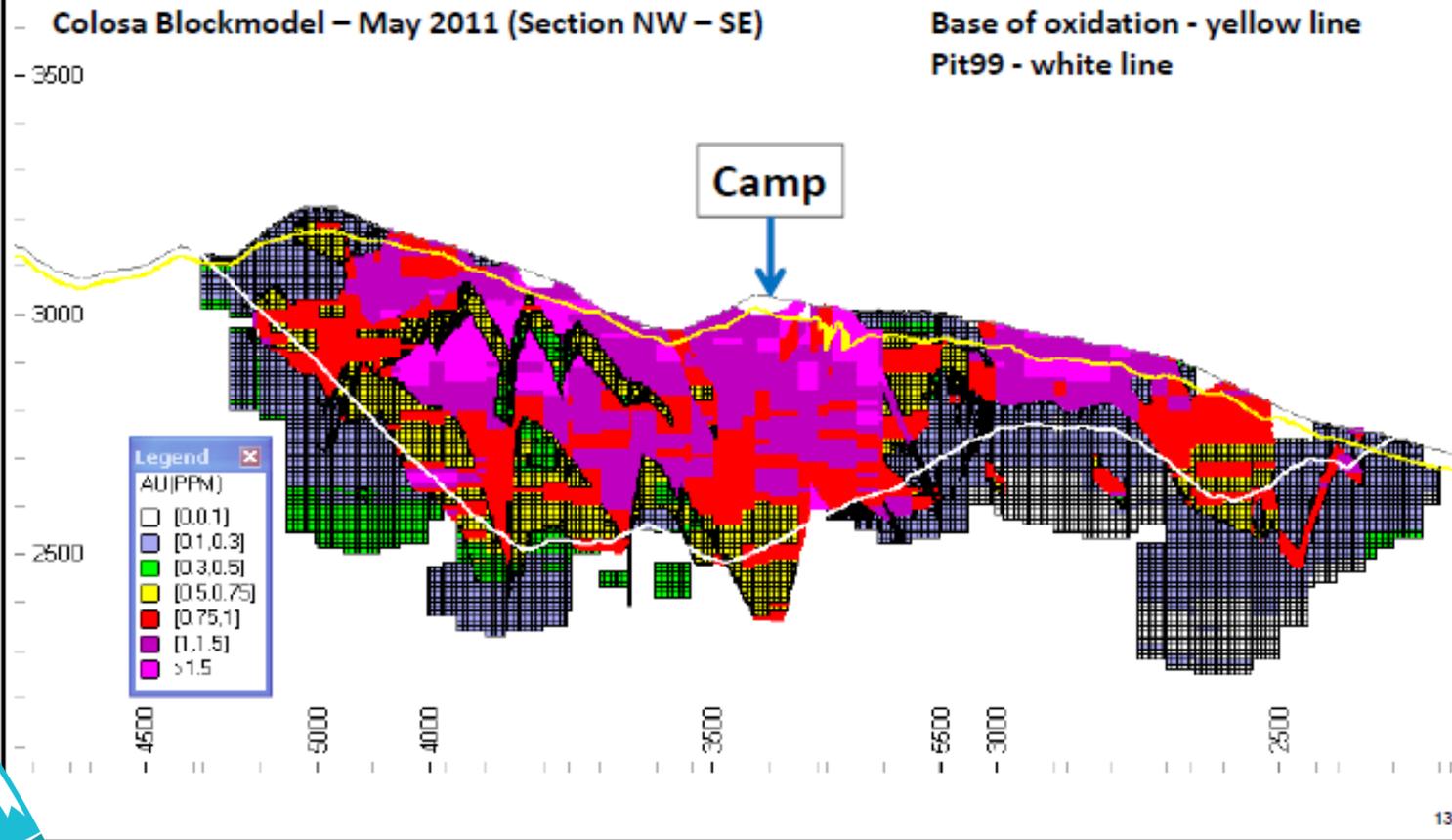


TERRAE
GRUPO DE INVESTIGACIÓN
GEOAMBIENTAL

ANGLO GOLD ASHANTI

ANGLOGOLD ASHANTI, 2014.

La Colosa - Mineral Resource Blockmodel, May 2011



ANGLOGOLD ASHANTI, 2011. La Colosa Site Visit.
Elaborado por J. Tapia

Infraestructure

- International Geotechnical & Tailings Review Panel with world-class experts established to ensure design, construction, operation and closing use best-practice and technology.
- TSF search uses high-level selection of potential options. Initial filtering process to be followed by further refinement using Multiple Accounts Matrix (MAM).
- Fifty-five potential TSF sites identified and placed in 23 groups; five groups selected for MAM assessment.
- TSF to be placed outside Forest Reserve; preferred sites have minimum total storage capacity of 1,420 Mt, and maximum embankment height of 250m.

ANGLOGOLD ASHANTI, 2011. La Colosa Site Visit.
Elaborado por J. Tapia

TSF: Tailing storage facility (Presa de relaves o colas)

La presa de relaves tiene en este documento, como criterios de diseño capacidad de 1420 millones de toneladas y altura de presa de 250 metros.



Infrastructure

- Water requirements estimated at 0.5m³-1m³/ton processed ore depending on water recycling. About 1.5% to 2% of water estimated to be drawn from Coello River.
- Access and internal roads to be minimized to reduce project footprint.
- La Colosa site about 6km from national highway.
- Buenaventura Port located 250 km from La Colosa. Excellent rail and road options available for freight from port to mine. Logistics study scheduled for 2012.
- Power lines run near site. New electrical substation may be required to supply 100MW – 140MW feed to plant. Power supply study awarded to HVM engineering company.

ANGLOGOLD ASHANTI, 2011. La Colosa Site Visit.
Elaborado por J. Tapia



GEOLOGY

The La Colosa project is centered on a late Miocene (8.1Ma) multiphase diorite porphyry gold complex intruded into reduced Paleozoic metasedimentary rocks. Although the porphyry system is generally copper-poor, a 0.1 – 0.2% Cu anomaly associated with Mo>150ppm occurs laterally and at depth. The highest grade gold mineralisation is closely associated with a suite of early

Las mineralizaciones de oro de alto grado se asocian a (...) venillas de oro-sulfuros y los valores de azufre generalmente exceden el 2,5%.

Gold deportment

Gold grains vary from almost pure gold to lesser amounts of gold-silver telluride. The gold grains are generally fine grained around 15µm. Coarse grained gold (116µm) was found in samples from metamorphic rocks and from high grade intercepts. Gold grains occur as both liberated and 'locked' in sulphides and silicates. A significant amount of gold is associated with silicates such as K-feldspar and plagioclase. Sulphide minerals associated with gold are dominantly pyrite, with lesser amounts

Los sulfuros asociados con el oro corresponden predominantemente a pirita, con menores cantidades de pirrotina y arsenopirita.

TABLA 1. GENERACIÓN DE DESECHOS MINEROS. MODIFICADA DE CABRERA Y FIERRO (2013).

Proyecto	Gramalote		Marmato	Greystar		La Colosa	
Oro (Ton)	113,55		311	357,65		758,84	
Tenor oro	ND		1,0 g/ton	0,76 g/ton		0,82 g/ton	
	Mín (reportado)	Máx	Reportado**	Mín***	Máx	Mín	Máx
Desechos mineros (Mton)	412,8	ND	1231	1075	ND	1257,3	4120
Ton desechos por gramo de oro	3,64	ND	3,96	3,01	ND	1,66	5,43
ANFO (Mton)*	54	ND	162	142	ND	166	544

*Usando la relación de Greystar (2009)

**Grancolombia Gold reporta el tonelaje de desechos mineros en 1231 millones de toneladas (Mton), de los cuales 948 corresponden a botadero. Los otros datos para ese proyecto son calculados con base en ello.

***El EIA de Greystar reporta 744,8 Mton de "estéril" y 331 de "mineral". Dado que la roca mineralizada se mezclará con agua y con grandes cantidades de químicos, el tonelaje de colas será mucho mayor.

ND: Información no disponible.



NO HAY DATOS DE ANGLOGOLD ASHANTI

LAS PROBLEMÁTICAS DE LA COLOSA HOY: LA FASE DE EXPLORACIÓN



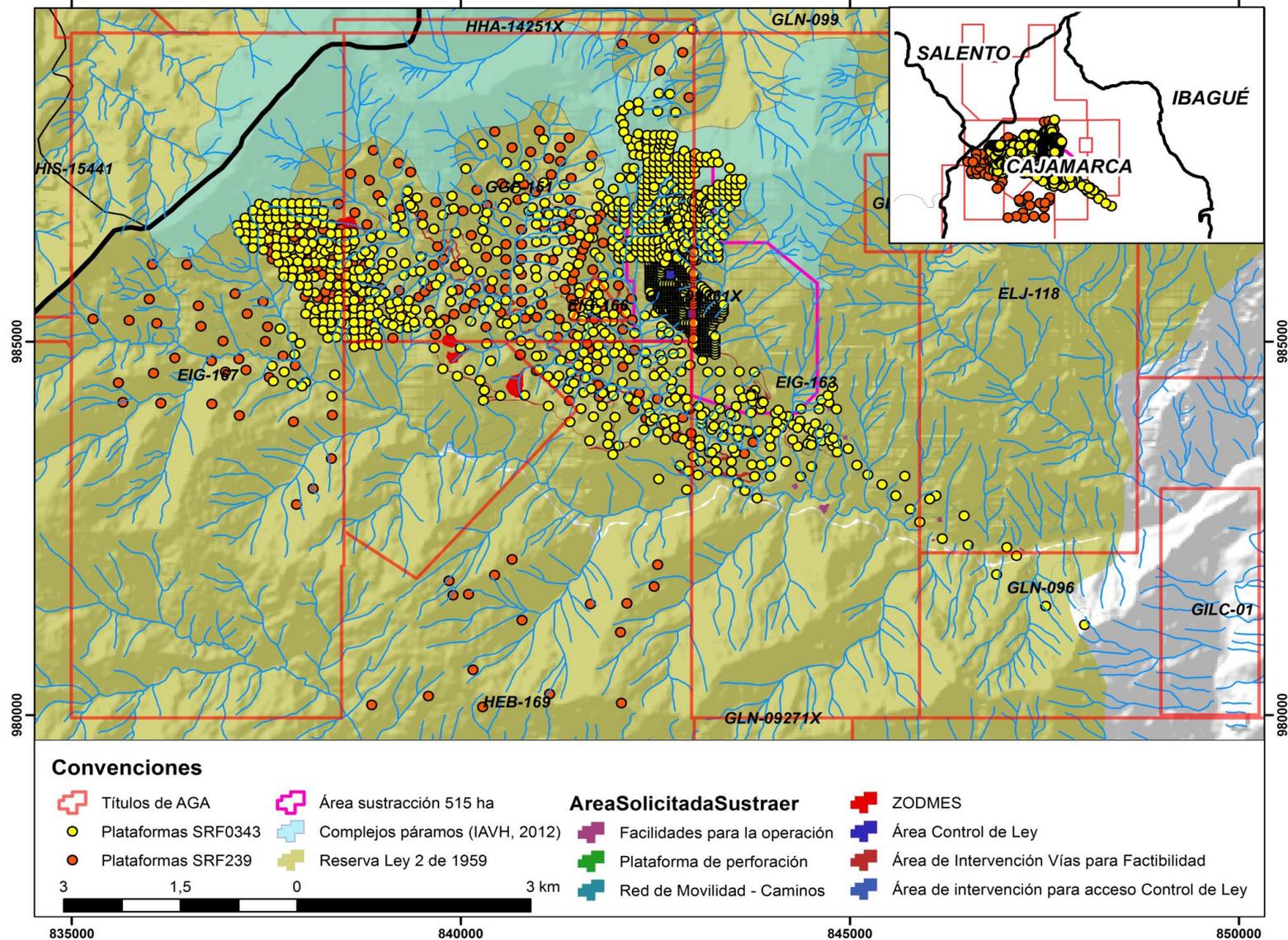
SRF: 239

Aprobada por Resolución 1731 de 2014 del MADS 35,9 hectáreas (Puntos rojos)

SRF:343

Actualmente en revisión por parte del MADS 169,33 hectáreas (Puntos amarillos)

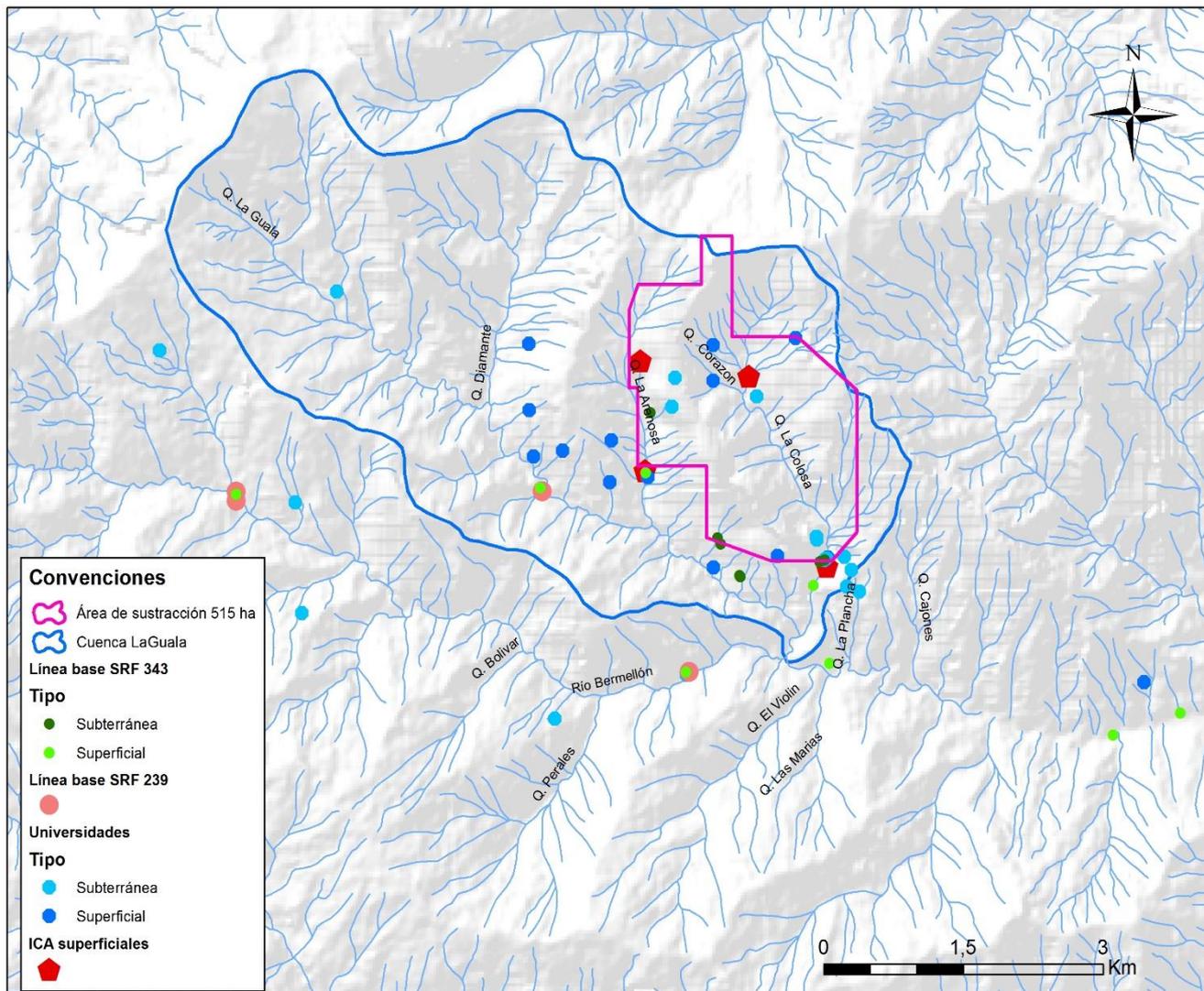
Área total afectada más de 6000 ha



Fuente: MADS, 2015. Elaboración propia

Sustracción de la reserva forestal central: Han afectado miles de hectáreas con argucias.

Red de monitoreo (AGA – Universidades)



Se desconocen valores de línea base para elementos susceptibles de liberación, reportados por el Ingeominas (1975) en la cuenca La Guala como: **As, Ba, Pb, Cu, Hg**.

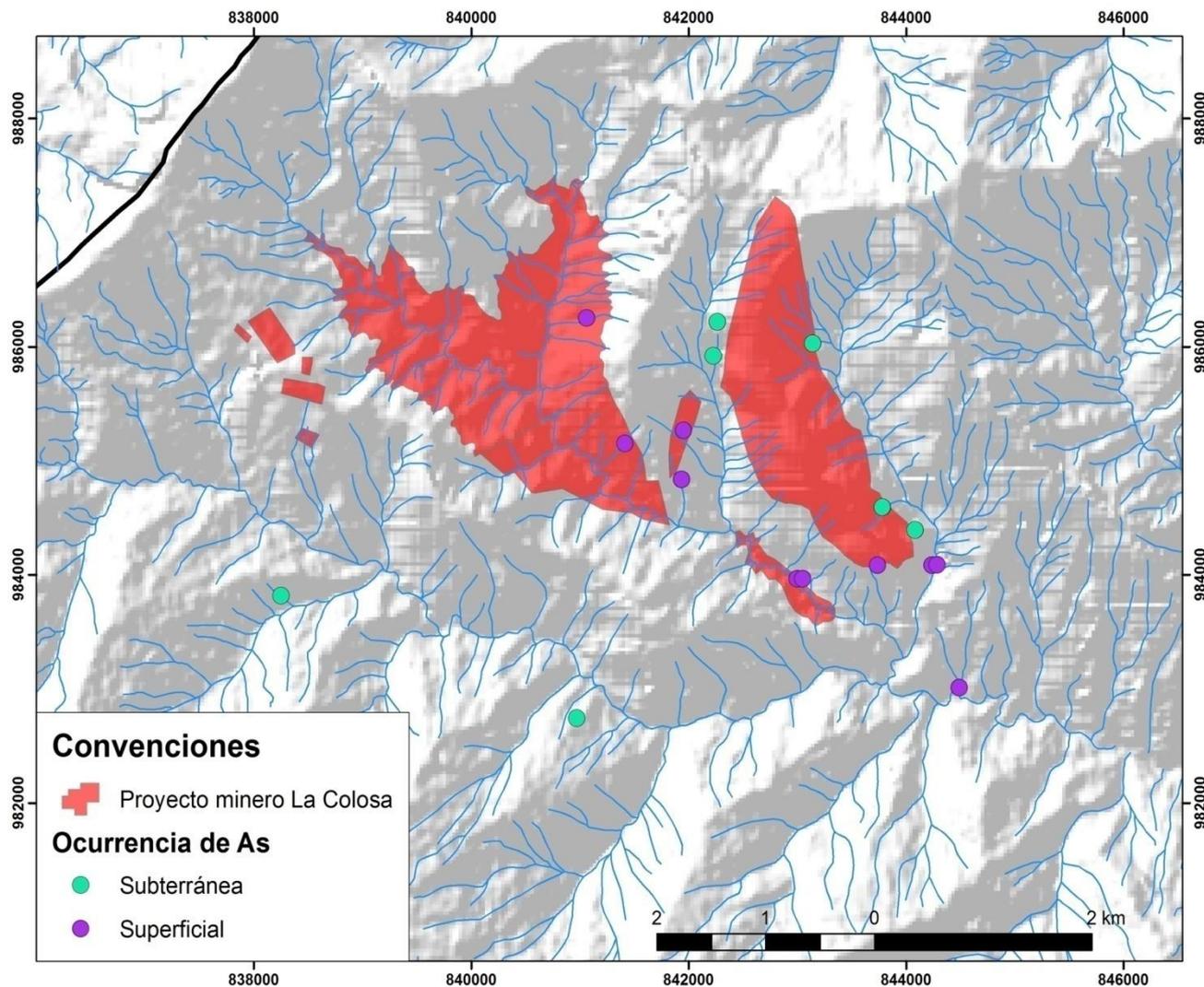
La localización de puntos de monitoreo y parámetros objeto de análisis ha cambiado en el tiempo de forma repetitiva lo que dificulta un análisis sistemático.

Ocurrencias de arsénico en agua superficial y subterránea

Arsénico presente en perforaciones de plataformas en la Q. La Colosa : **0,011 y 0,55 mg/L**

Arsénico presente en el Manantial cerca a las quebradas La Arenosa y Cristales: **0,02 y 0,05 mg/L**

Arsénico presente en las quebradas La Arenosa, La Colosa y La Lucha (toma del acueducto del municipio de Coello, Q. La Guala. Entre **0,02 y 0,09 mg/L**.



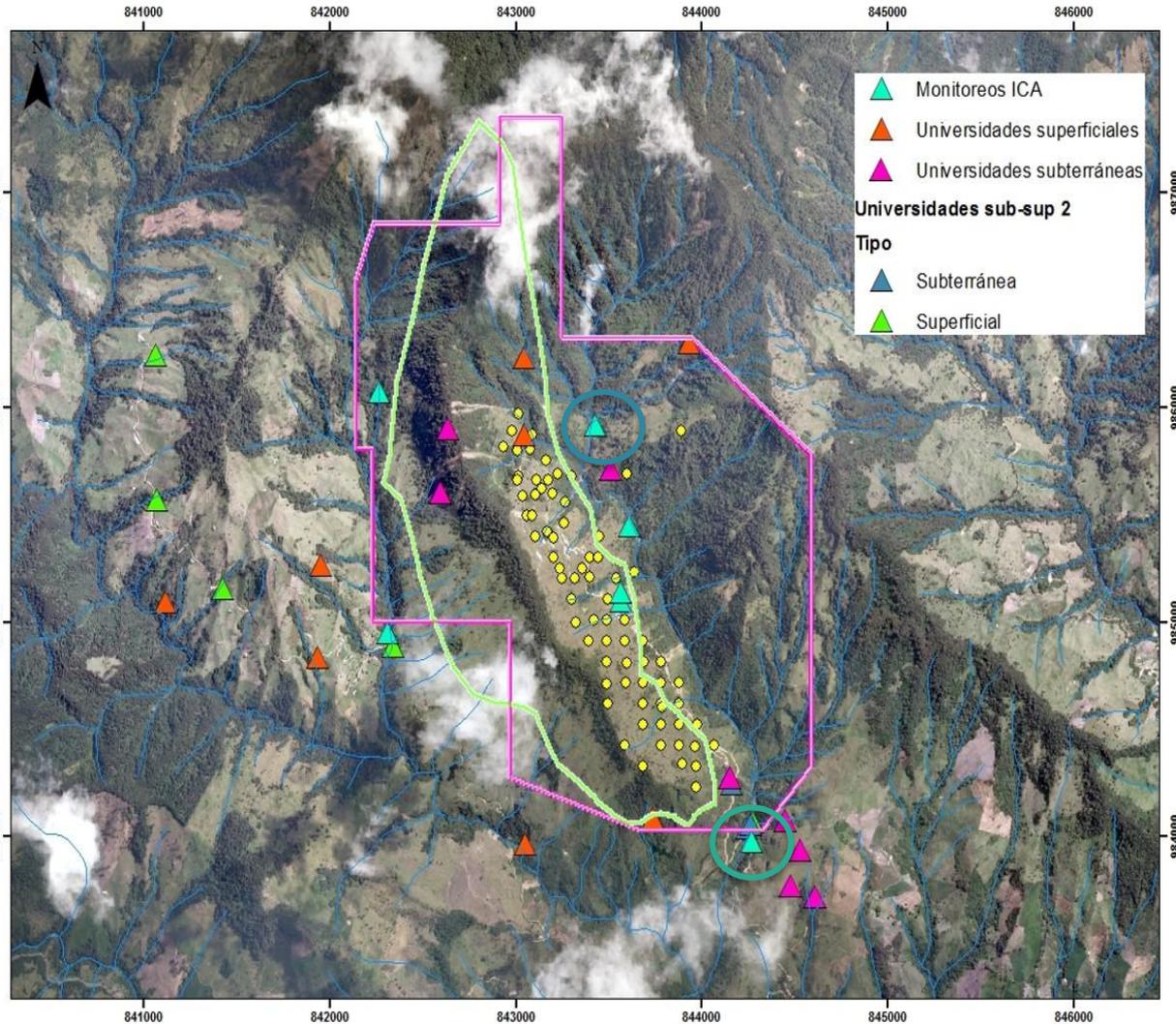
Fuente: MADS, 2015. Informes de monitoreo. Res 1567/09

Ocurrencias de bario en agua superficial y subterránea

Bario presente aguas arriba y abajo de la Q. La Colosa: **0,1 y 0,17 mg/L**

Y aguas arriba y abajo de la Q. La Arenosa: **0,12 y 0,57 mg/L**

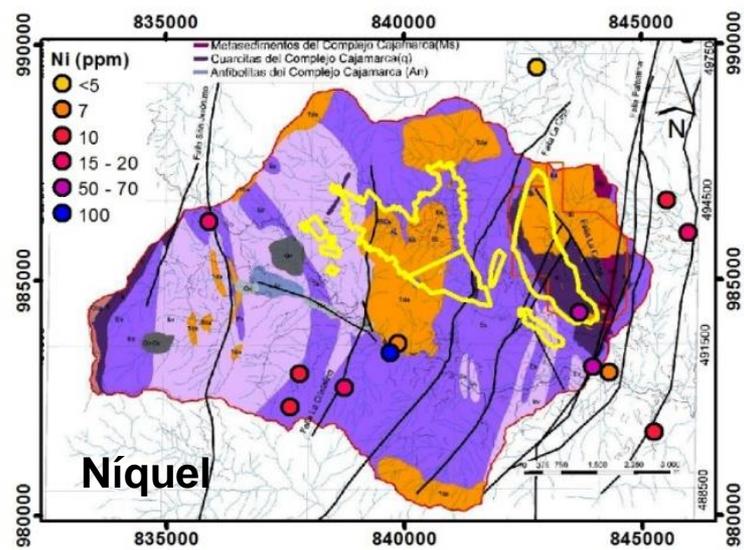
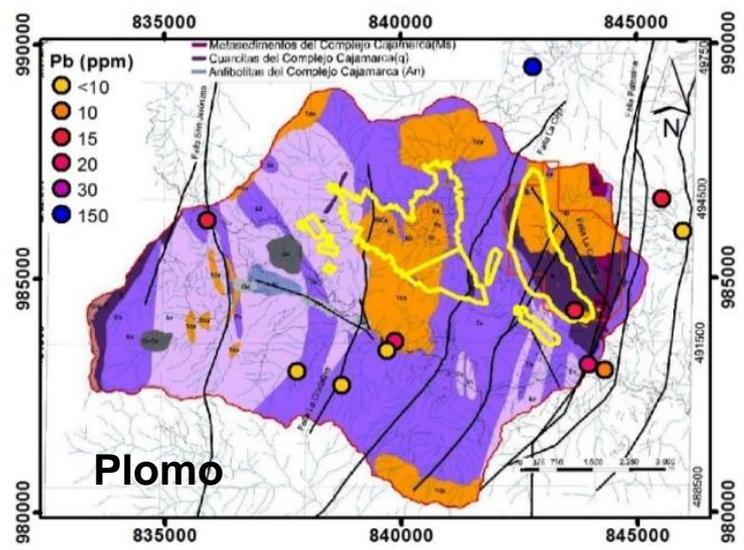
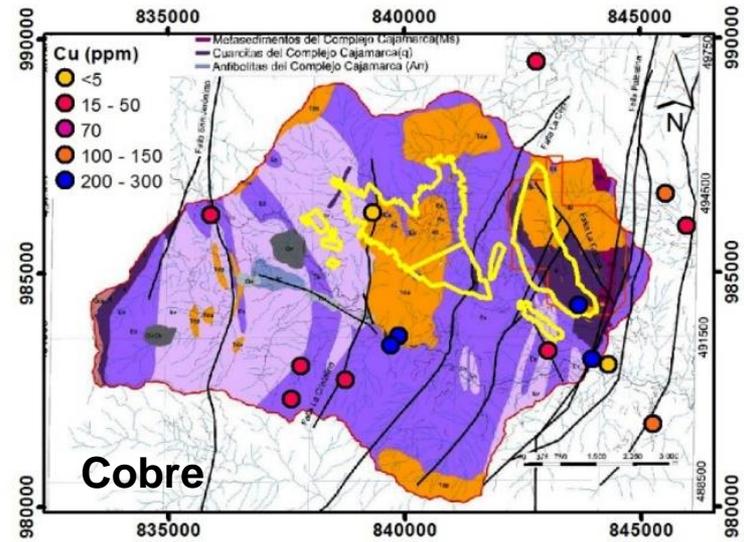
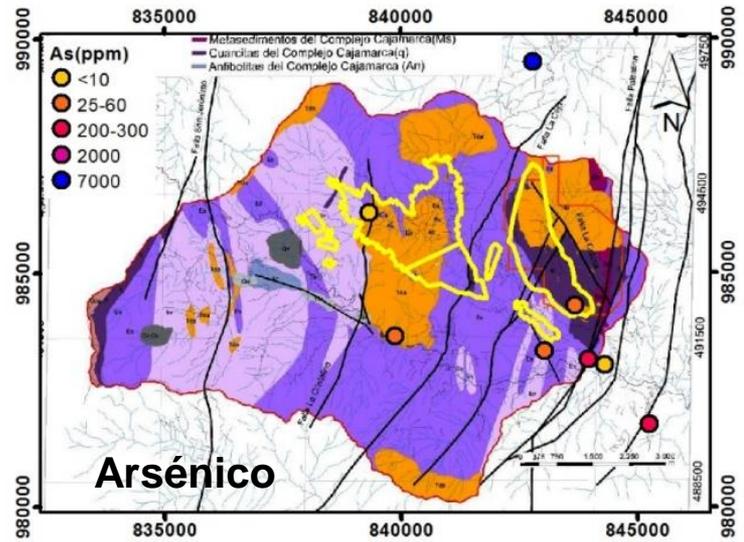
No se encontró monitoreo en agua subterránea dentro de los informes reportados a la autoridad ambiental



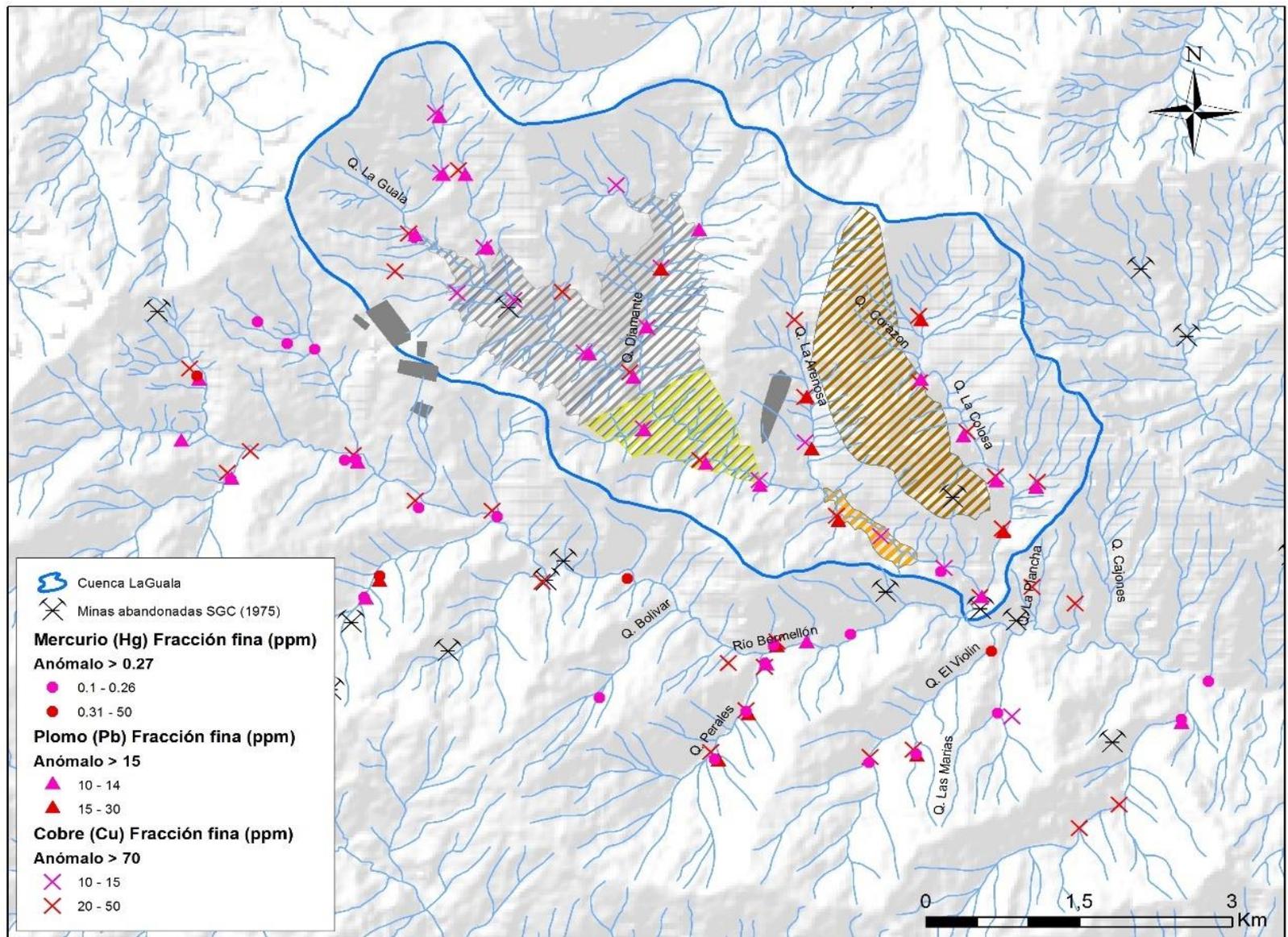
Fuente: MADS, 2015. Informes de monitoreo. Res 1567/09

Rangos de concentraciones de elementos tóxicos

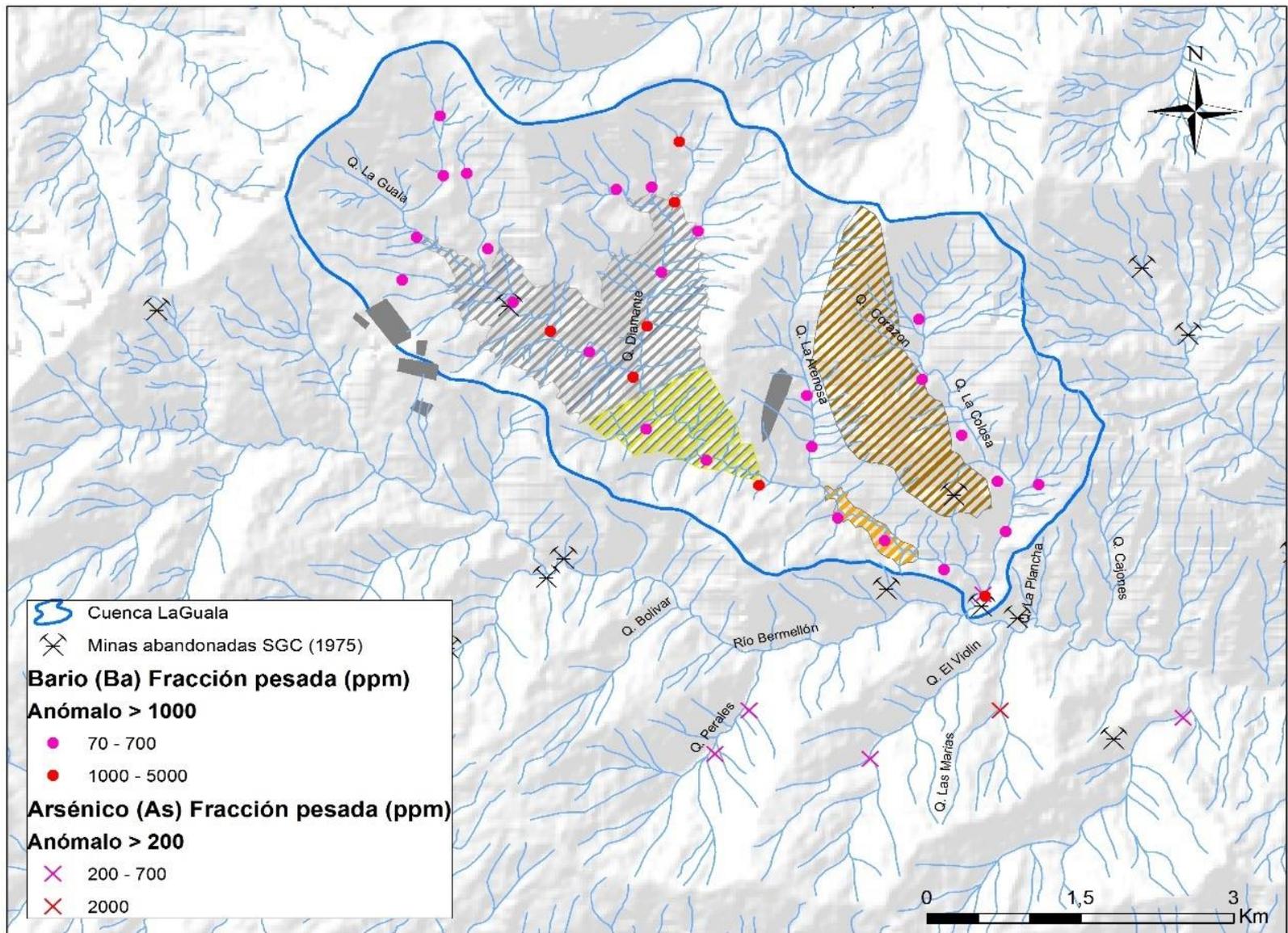
Recopilación y análisis de la información geoquímica **pública** en trabajos académicos, reportes de prospección geoquímica regional desarrollado por la autoridad geológica colombiana (actual Servicio Geológico Colombiano) y textos académicos para las matrices de roca y suelo



Rangos de concentraciones de elementos tóxicos en zonas mineralizadas en la zona del proyecto La Colosa. Fuente: TERRAE - AIDA, 2016

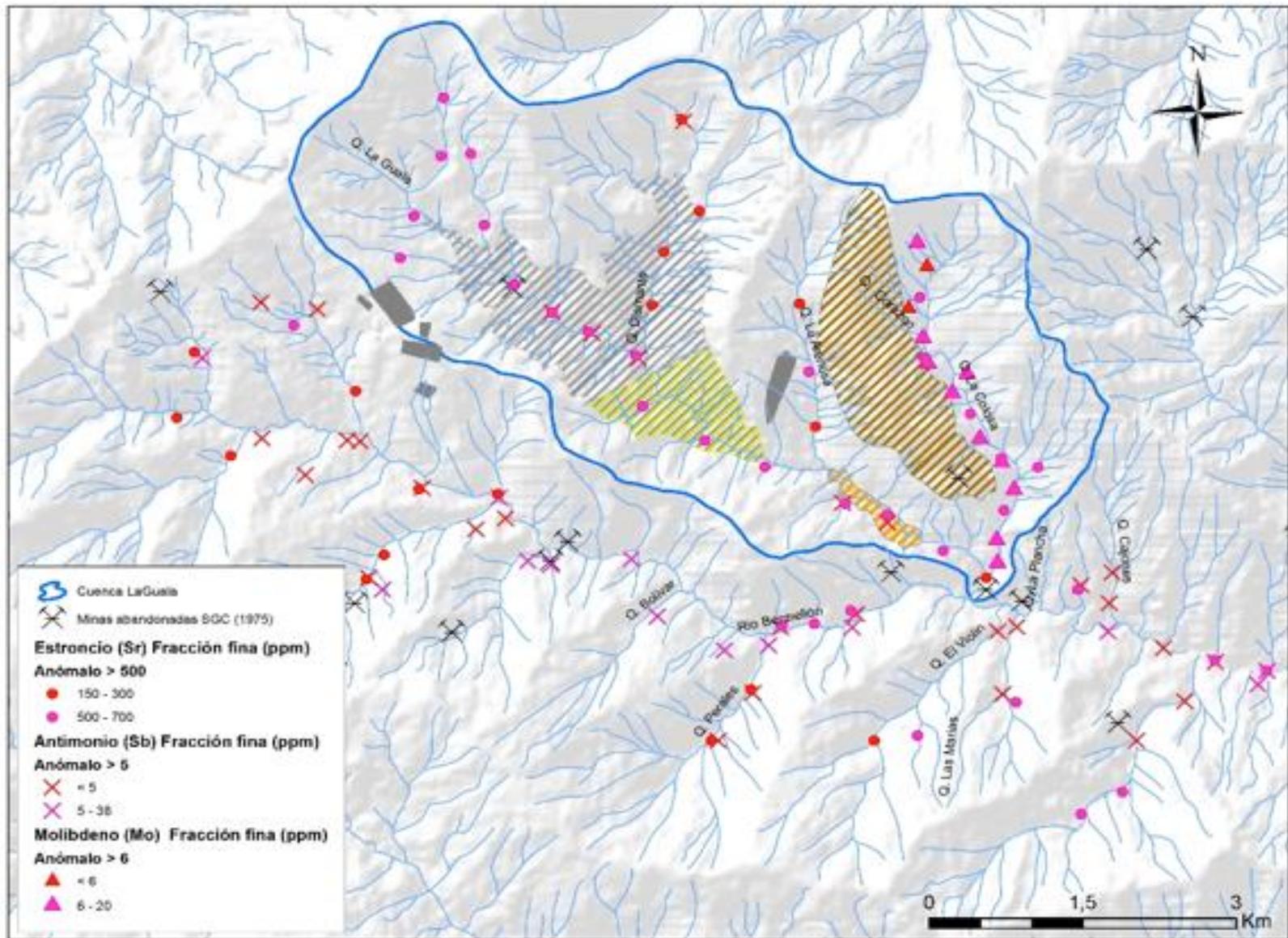


Ocurrencias de Hg, Pb y Cu en sedimento activo-fracción fina.
 Fuente: TERRAE-AIDA, 2016 con base en información geológica de carácter público



Ocurrencias de Bario y Arsénico en sedimento activo-fracción pesada

Fuente: TERRAE-AIDA, 2016 con base en información geológica de carácter público



Ocurrencias de Sr, Sb y Mo en sedimento activo-fracción fina

Fuente: TERRAE-AIDA, 2016 con base en información geológica de carácter público

Contaminación con cianuro y arsénico: Sin información en mina clausurada operada por AGA en Brasil

RECURSOS MINERAIS
&
Sustentabilidade Territorial

Vol. I Grandes Minas

Editores:

*Francisco Rego Chaves Fernandes
Maria Amélia Rodrigues da Silva Enrique
Renata de Carvalho Jimenez Alamino*



Apresentação

A publicação desse livro é o resultado do projeto 'Grandes Minas e APLs de base mineral x Comunidade Local', onde foram realizadas campanhas na forma de estudos de caso sobre o desenvolvimento socioeconômico das comunidades locais e de entorno das regiões onde ocorrem atividades mineradoras.

A pesquisa, patrocinada pela Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM) do Ministério de Minas e Energia (MME) e pelo Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), teve como objetivo destacar se as atividades minerais - grandes minerações e Arranjos Produtivos Locais - atualmente instalados e em operação no Brasil, geram benefícios sustentáveis líquidos para as suas comunidades.

Uma ampla rede temática de pesquisa foi instituída a partir da congregação de especialistas de diferentes instituições (universidades e centros de pesquisas), reforçando o nosso compromisso com questões tão atuais quanto os recursos minerais, o desenvolvimento sustentável, o desenvolvimento regional e o meio ambiente.

Rio de Janeiro, novembro de 2011

José Farias de Oliveira
Diretor do Centro de Tecnologia Mineral

Contaminación con cianuro y arsénico: Sin información en mina clausurada operada por AGA en Brasil

A Grande Mina de Ouro de Crixás em Goiás

Francisco Rego Chaves Fernandes¹

Maria Helena Machado Rocha Lima²

Nilo da Silva Teixeira³

Proyecto de minería de oro a cielo abierto / subterránea ya clausurada que fue operada por AngloGold Ashanti.

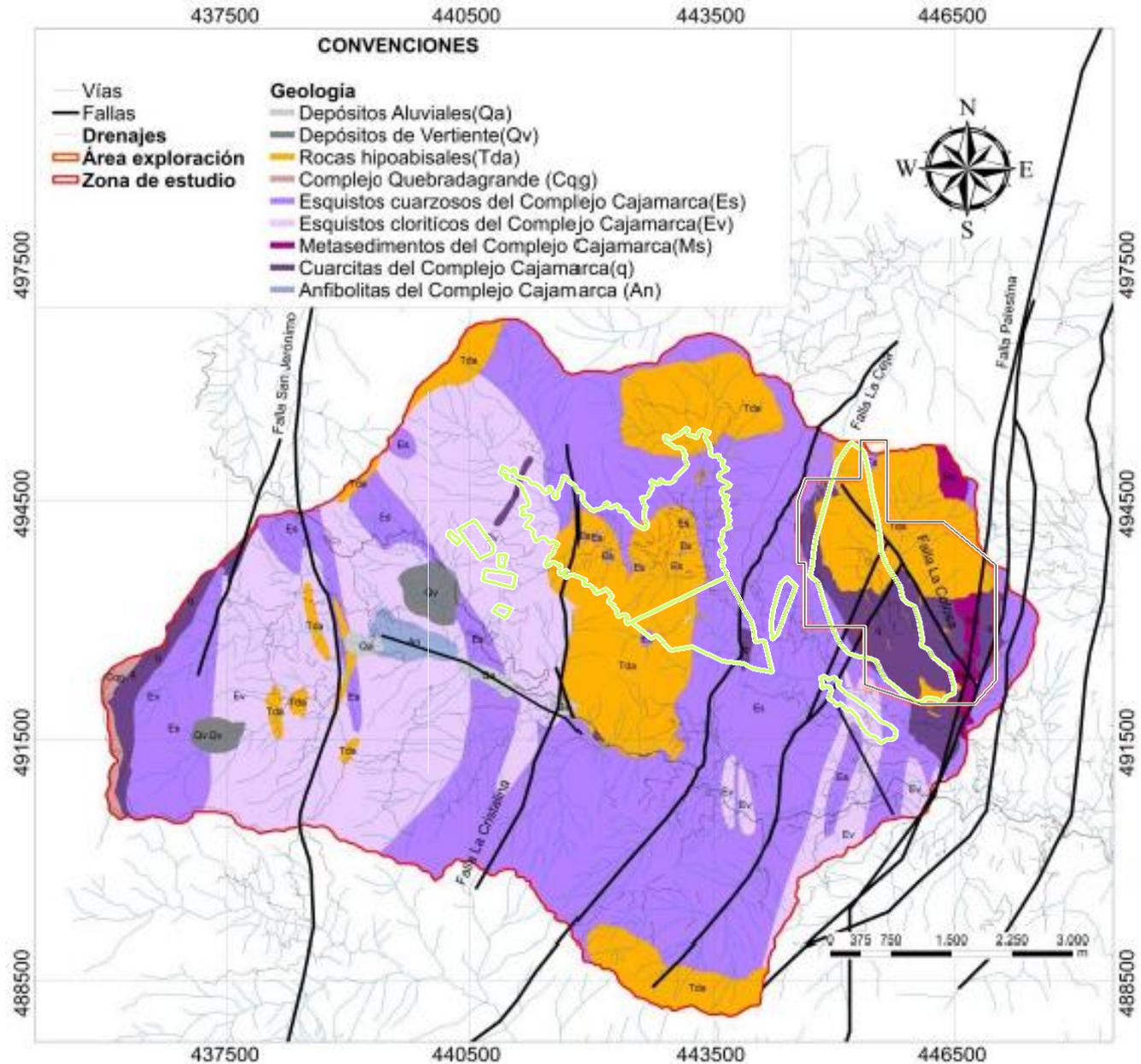
“La mineralización ocurre en la transición entre metabasaltos y metasedimentos (...) ricos en arsenopirita, característica mineralógica común en los yacimientos auríferos trabajados en los greenstones belts de Rio Itapicuru (...) No existen estudios sobre las consecuencias del movimiento de este tipo de yacimientos, ricos en arsénico, en el área de influencia de la minería de Crixás, tanto en agua (acuíferos y captaciones para consumo humano) o en los alimentos consumidos como carne y productos de horticultura (Figuereido et al., 2006). De igual manera, el cianuro que se hace presente en el proceso de beneficio nunca ha sido monitoreado independientemente.”

La geología y su relación con las aguas del subsuelo y con la amenaza sísmica



Geología

Falla de San Jerónimo
Falla La Cristalina
Falla La Colosa
Sistema de fallas de
Palestina

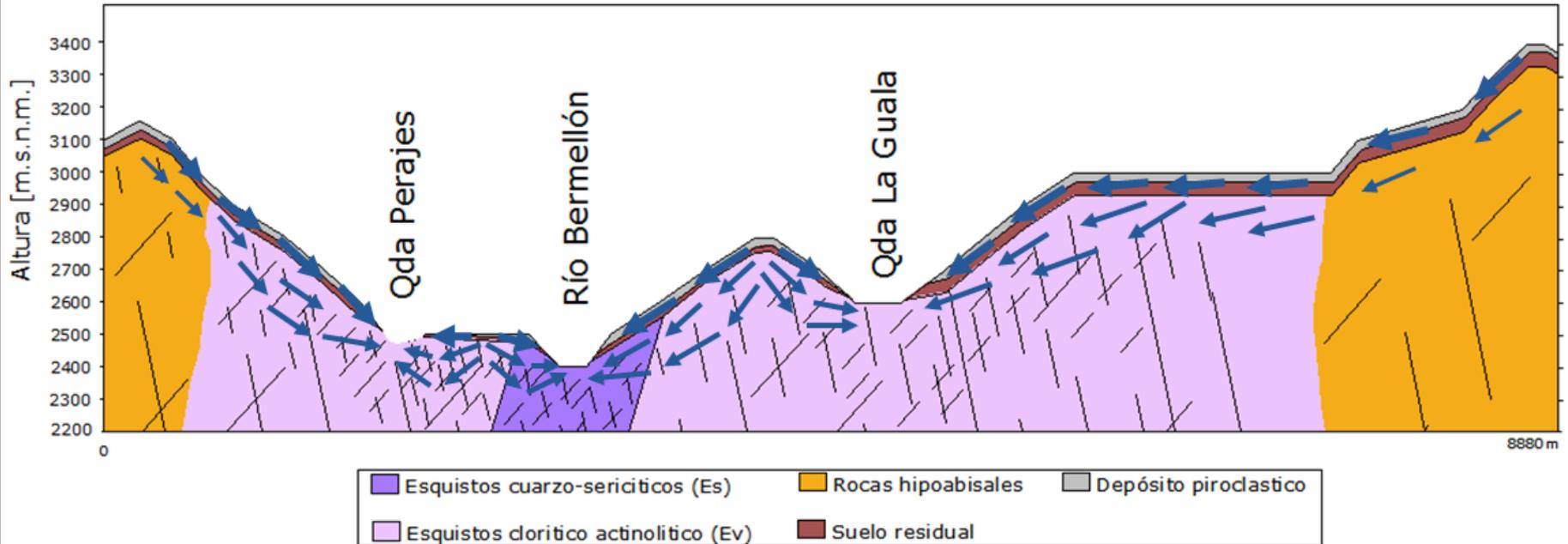


FUENTE: ROMERO-GUZMÁN, R. (2014)

SW

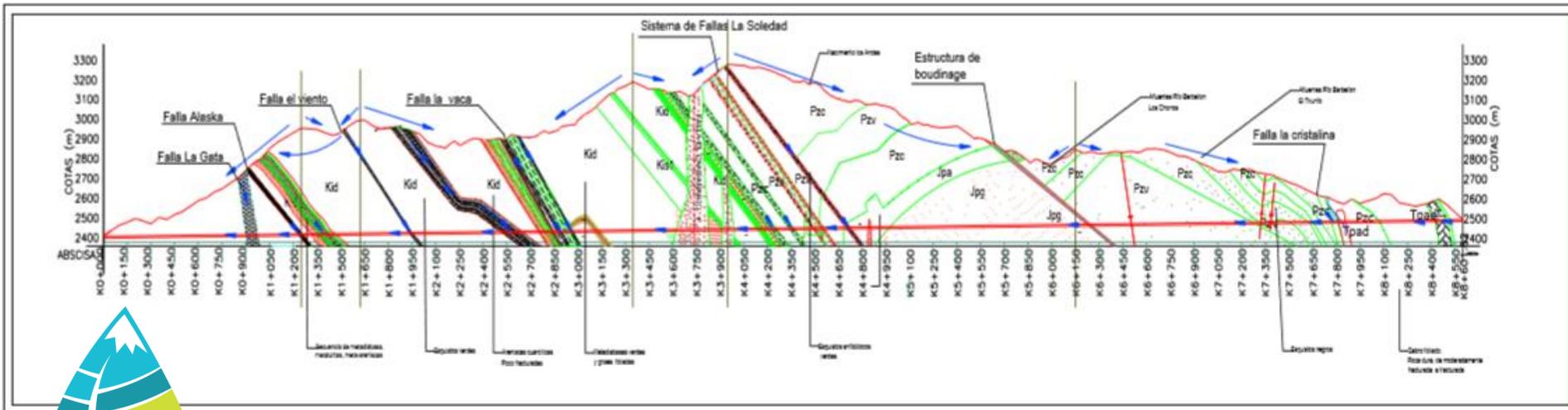
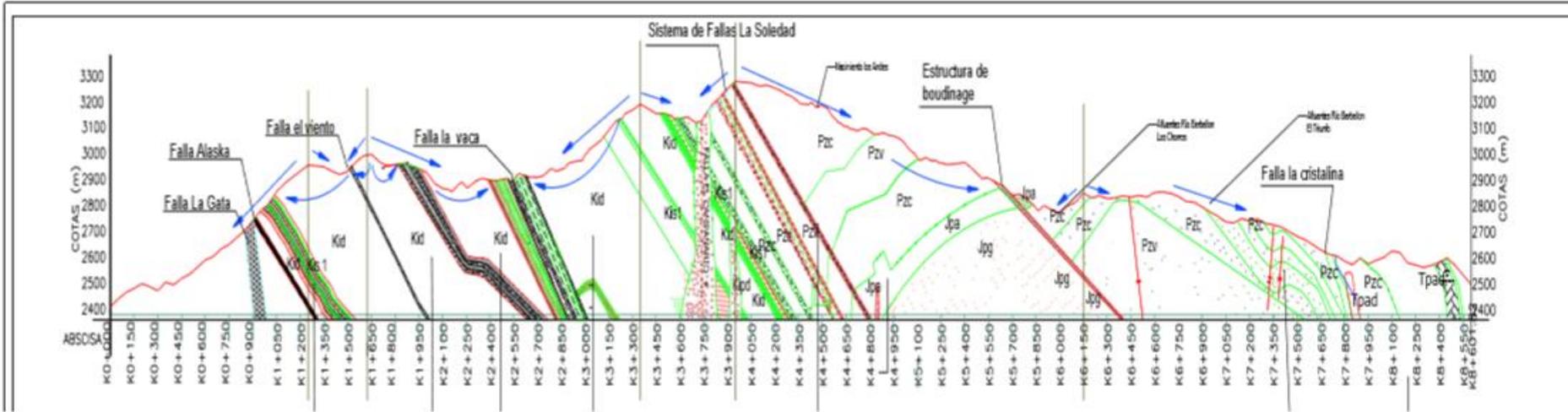
Perfil D-D'

NE



AGA-UnalMed (2012): En los primeros 100 a 200 metros de profundidad, la roca se encuentra intensamente fracturada y permite el flujo de agua subterránea. Este espesor permite inferir que las rocas pueden tener características de acuíferos (es decir, almacenar y transmitir agua) de importancia regional.

Geología túnel La Línea



Las fallas geológicas y las fracturas relacionadas conducen grandes cantidades de agua a profundidades cercanas a 900 metros.

Hidrogeología Colosa

Utilizando la ecuación del balance de cloruros se obtiene que el valor estimado para la recarga que da lugar a los afloramientos naturales de aguas subterráneas en la zona de estudio es de 430 mm/año, lo que representa un 24.4% de la precipitación media anual. Por otro lado, la infiltración profunda que mantiene los niveles en los piezómetros y perforaciones exploratorias saltantes, es de aproximadamente 222 mm/año, lo que representa un 12.6% de la precipitación media anual.

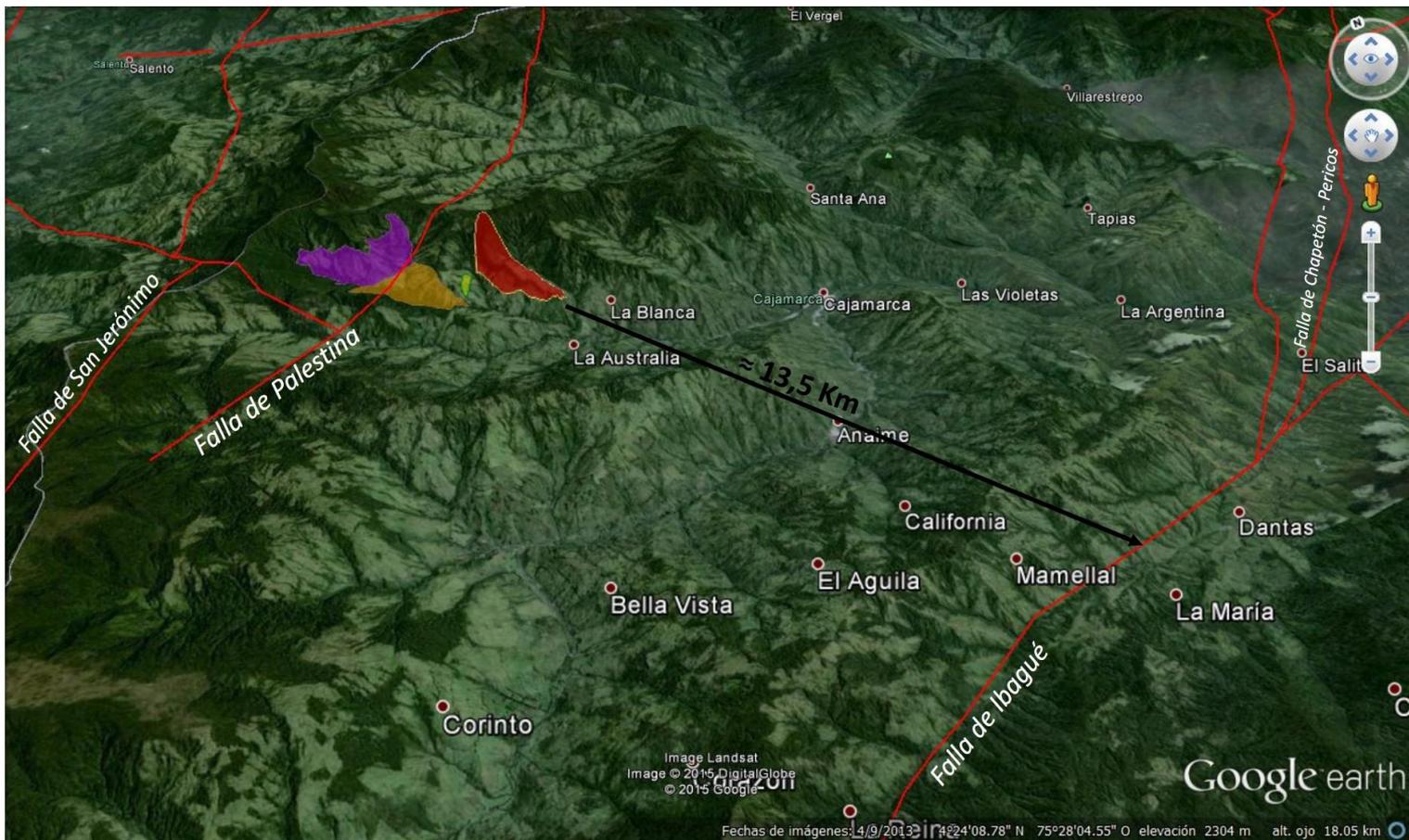
TERCER INFORME DE AVANCE. INFORME ACUMULATIVO DE MONITOREO AMBIENTAL DURANTE LA FASE DE EXPLORACIÓN DEL PROYECTO MINERO LA COLOSA CON CORTE DE MARZO DE 2013 – AGOSTO DE 2013
(UNALMED)



**¿ZONA DE RECARGA DE ACUIFEROS?
APLICACIÓN DEL PRINCIPIO DE PRECAUCIÓN**

LAS PRESAS DE RELAVES: UNA AMENAZA DE GRAN MAGNITUD PARA LA CUENCA DEL RÍO COELLO





La Falla de Ibagué presenta rasgos contundentes de actividad neotectónica asociados con su trazo, los cuales la definen como una estructura potencialmente productora de grandes sismos. En el campo cercano existen importantes centros poblados del país con cerca de 13 millones de habitantes (...)

*Estos estudios confirman que la Falla de Ibagué es una de las principales estructuras transcurrentes **activas** del país; además, los trabajos realizados sobre el Abanico de Ibagué muestran evidencias morfotectónicas contundentes de esa actividad (...)*

Osorio, J., Romero, J., Montes, N., Diederix, H., Velandia, F., Audemard, F., Acosta, J. & Nuñez, A. (2008). Publicaciones geológicas especiales de Ingeominas, No. 29 Paleosismología de la Falla de Ibagué.

Actividad sísmica de la falla de Palestina: Cuaternaria según el USGS (Paris, Machette, Dart & Haller, 2000)



✕

Fotografía tomada sobre el valle donde se propone la ubicación de los relaves. La línea roja corresponde al nivel de referencia aproximado que alcanzarían al final del proyecto (con base en información AGA disponible)✕



COMPARACIÓN DE PERFILES DE LA COLOSA Y MINA BENTOS RODRIGUES-BRASIL, PERFILES GENERADOS EN GOOGLE EARTH.

Descripción		Unidad	Valor	Fuente
Estabilidad, Factores mínimos de seguridad. Estabilidad estática a la capacidad máxima de almacenamiento	Condiciones de estado estático	-	1,5	CDA 2007 USSD 2007 NSR-2010
	Fin de la construcción		1,3	
	Pseudo-estático		1,0	
	Disposición rápida		1,2	

(*) Vida de la presa de arranque (tiempo necesario para poner en servicio la estación del ciclonado, colocación de arena en la cuña aguas abajo de la presa y comenzar a elevar la cresta de la presa de colas);

Fuente: Golder 2013

“Análisis de estabilidad

(...)

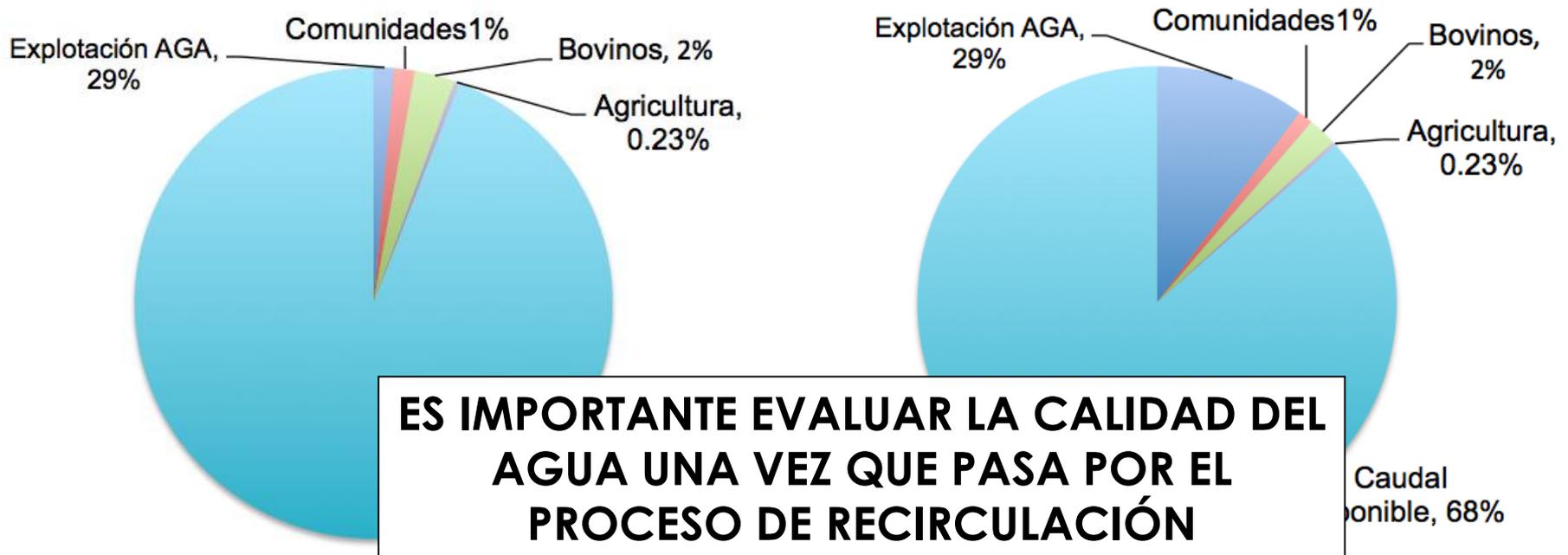
Se analizó una sección en el estribo derecho de la presa y contrafuerte de arena con el fin de evaluar la influencia de las diferentes condiciones del pie de la presa y la presencia de suelo bajo el contrafuerte de arena. El factor de seguridad calculado para una condición estática es de 2,0 (...) mientras que para la condición pseudo estática es de 0,9, el cual está por debajo del mínimo requerido (1,0). Esta posible condición inestable es poco probable que ocurra debido a que el análisis asume condiciones de deformación planas (es decir, el perfil se extiende infinitamente en la dirección perpendicular a él), pero en realidad la sección se corta con la pendiente 4:1 que existe en el Valle, lo que proporciona resistencia sobre este extremo, esto no fue capturado ni tenido en cuenta en el análisis del modelo 2D.” (subrayado fuera de texto)

LOS EVENTUALES PROBLEMAS POR USO DEL AGUA EN LA EXPLOTACIÓN MINERA



Desabastecimiento de agua

Para la etapa de exploración se estima una captación de 4 L/s (345,6 m³/día) que corresponde a un porcentaje mínimo del caudal disponible de la quebrada La Guala. Sin embargo, para la etapa de explotación se plantea una captación de 350 L/s (30.240 m³/día) con una recirculación del 80%, lo que significa que el caudal neto de aprovechamiento sería del 20% que corresponde a 70 L/s (6.048 m³/día) Esto representaría una captación eventual del 29% Caudal medio anual de la Qda. La Guala. **Con este volumen se podrían abastecer 40.320-67.200 habitantes por día**



Alteración del ciclo hidrológico

PRECIPITACIÓN

*“...Las zonas que en promedio, para el fin de siglo XXI, presentarían las mayores **reducciones de precipitación** estarían ubicadas en los departamentos de Huila, Putumayo, Nariño, Cauca, **Tolima**, Córdoba, Bolívar y Risaralda donde las “lluvias se reducirían cerca al 15%...”*

TEMPERATURA

“...Los aumentos más significativos de la temperatura media se observan en gran parte de la región Caribe y Andina con valores que oscilan entre 3°C y 4°C, e incluso valores superiores en zonas del Tolima...”

“...Si a las condiciones anteriores de temperatura se le agregan las variaciones de precipitación, las cuales tienden a reducirse en las zonas montañosas colombianas, además de los cambios de cobertura vegetal, es de esperar repercusiones en las características estadísticas del régimen hidrológico de alta montaña...”

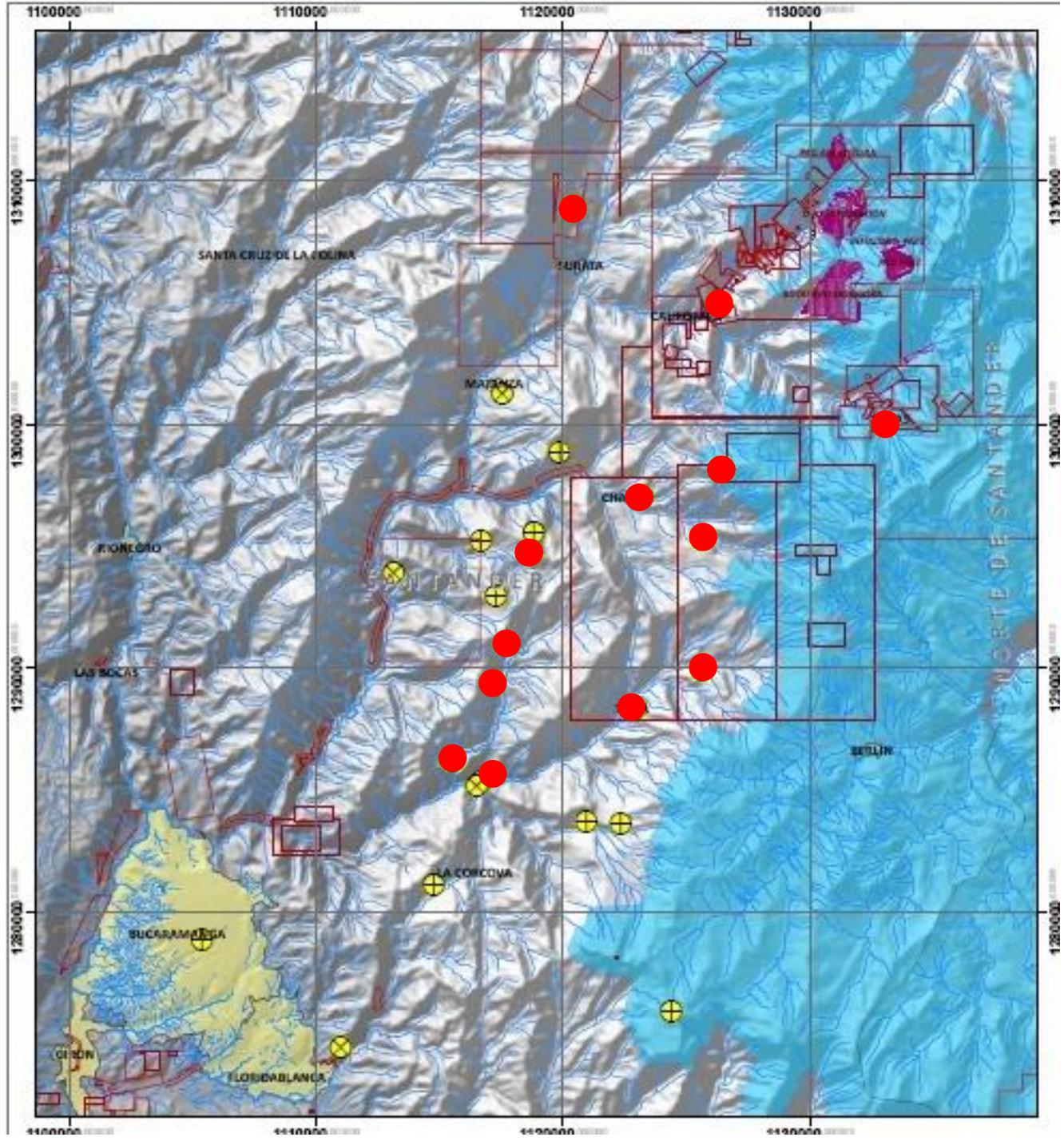
Es factible que los impactos negativos para la cuenca del río Bermellón y sus cuencas aportantes consistan en un agudizamiento de la condición de déficit de para los meses de Enero y Febrero. Además de ello, que se presente esta condición desfavorable para los meses de Noviembre y Diciembre

LA MEGAMINERÍA EN COLOMBIA:

ORO

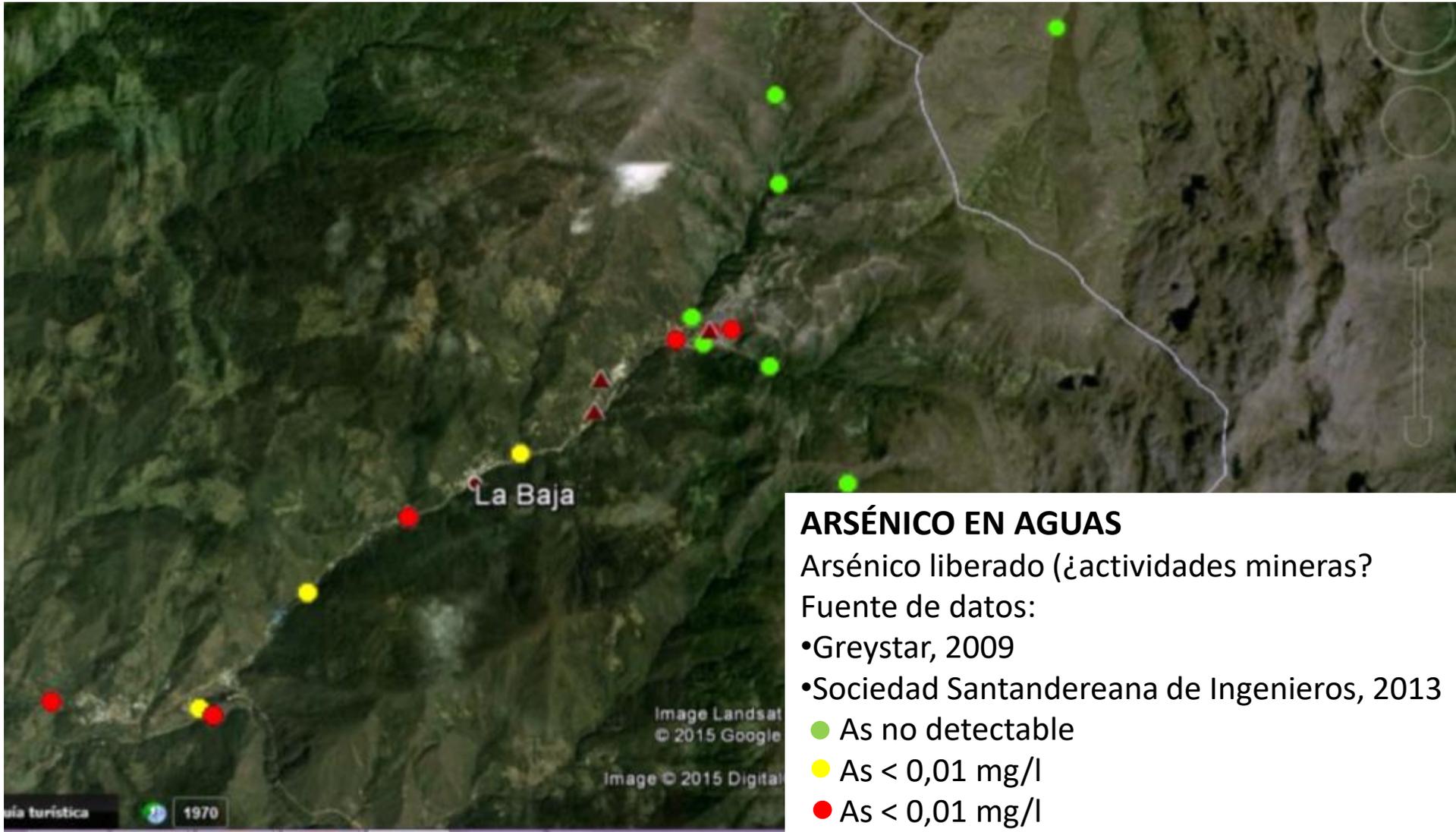
**EL PROYECTO QUE NO FUE: ORO
DISEMINADO A CIELO ABIERTO EN UN
PÁRAMO (ANGOSTURAS, DE GREYSTAR
RESOURCES)**

- Captaciones acueducto con nacimiento en páramos con títulos mineros de oro.
- Captaciones acueducto con nacimiento en páramos sin títulos mineros de oro.



Ilegalidad – alegalidad. Minería de oro

Efecto de la liberación de arsénico por minería de pequeña escala y exploración de gran escala



AGUA vs MINERÍA: decisión de Nación

Descripción del proyecto EIA Greystar

Resultados de Análisis Químicos y Caracterización del Mineral Tipo en Pilas de Lixiviación.

Análisis	Unidad	Muestra		
		Óxidos	Transicionales	Sulfuros Intermedios
Au	g/t	0.68	1.07	1.29
Ag	g/t	5	8.00	7
Ag	ppm	4.09	9.87	5.18
Al	%	7.1	6.94	6.39
As	ppm	44.5	97.27	65.35

hay 65 veces más arsénico que oro en las pilas de lixiviación

NO EXISTE EN EL EIA NINGUNA MENCIÓN AL RESPECTO, A PESAR DE LA ALTÍSIMA TOXICIDAD DEL ARSÉNICO

EIA Greystar, acerca de las aguas que salen de las galerías de exploración

Los valores de pH medidos caracterizan estas aguas como ácidas con valores entre 3,16 y 5,39 que se encuentran por fuera de los rangos establecidos en el Decreto para consumo humano y doméstico y para fines recreativos mediante contacto primario y secundario (entre 5 y 9), a excepción del punto LP-MD-02 y para uso agrícola (entre 4,5 y 9) en los puntos LP-EC-01 y LP-EC-02 y VB-TP-01. Los valores de conductividad presentados fueron altos de acuerdo con las concentraciones elevadas de sólidos, y oscilaron entre 116 y 275 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

(...)

En los puntos LP-EC-02, LP-NEC-01 y VB-TP-01 se supera el límite máximo permisible de hierro y cobre, (5 y 0,2 mg/l, respectivamente) para la destinación del recurso para uso agrícola, mientras que en el punto LP-MD-02 se supera el límite de concentración de hierro y aluminio (5 mg/l) para esta misma destinación del recurso y también para uso pecuario.

(...)

- *Conclusión de la calidad de las aguas en los túneles La Perezosa y Veta de Barro*

De acuerdo con el Decreto 1594 de 1984, el agua de los túneles por los valores de pH que presenta no es admisible para consumo humano y doméstico, ni para fines recreativos mediante contacto primario y secundario a excepción del punto LP-MD-02, ni para uso agrícola en los puntos LP-EC-01, LP-EC-02 y VB-TP-01.

LOS DATOS DE LA CONTAMINACIÓN DE UN PROYECTO MINERO A CIELO ABIERTO (Greystar, 2009)

- 2383 toneladas al mes de lechada de cal adicionada sobre la banda (Lixiviación).
- 1033 toneladas al mes de cianuro de sodio (Lixiviación).
- 170 toneladas al mes de cemento portland. (Aglomeración).
- 7 toneladas al mes de tierra diatomea (Merrill Crowe).
- 10 toneladas al mes de polvo de zinc (Merrill Crowe).
- 42 toneladas al año de Borax (Fundición).
- 7 toneladas al año de Nitrato de Potasio (Fundición).
- 47 t/año de floculante (para espesadores).
- 235 toneladas al mes de cal (Aglomeración).
- 15 toneladas al año de reactivos PAX y MIBC (Flotación).

PAX: Xanthato Amilico Potasico

MIBC: Metil Ixobutil Carbinol

Amenaza sobre la calidad de aguas superficiales y subterráneas

LOS DATOS DEL CONSUMO DE AGUA DE UN PROYECTO MINERO A CIELO ABIERTO (Greystar, 2009)

- Proceso de Flotación (empezando en el año 03), de 768 a 1152 m³/día.
- Riego de caminos para supresión de polvos, entre 0 hasta 1608 m³/día.
- Aguas de uso domestico (oficinas, comedor, campamento, casas de cambio), 900 m³/día.
- Equipos de planta de proceso de lixiviación y agua contra incendio, entre 96 a 192 m³/día.
- Proceso de Lixiviación. 2160 a 5280 m³/día
- **TOTALES: 3924 a 9132 m³/día**

Amenaza sobre la cantidad de aguas superficiales y subterráneas

¿Favorecimiento a Greystar (actual EcoOro)?

Convenciones

Delimitacion_Santurban_Dic_19_2014

CATEGORIA

-  AREA DE PARAMO JURISDICCIONES SANTURBAN BERLIN
-  AREA DESTINADA PARA LA AGRICULTURA SOSTENIBLE
-  AREA PARA RESTAURACION DEL ECOSISTEMA DE PARAMO

SURATÁ

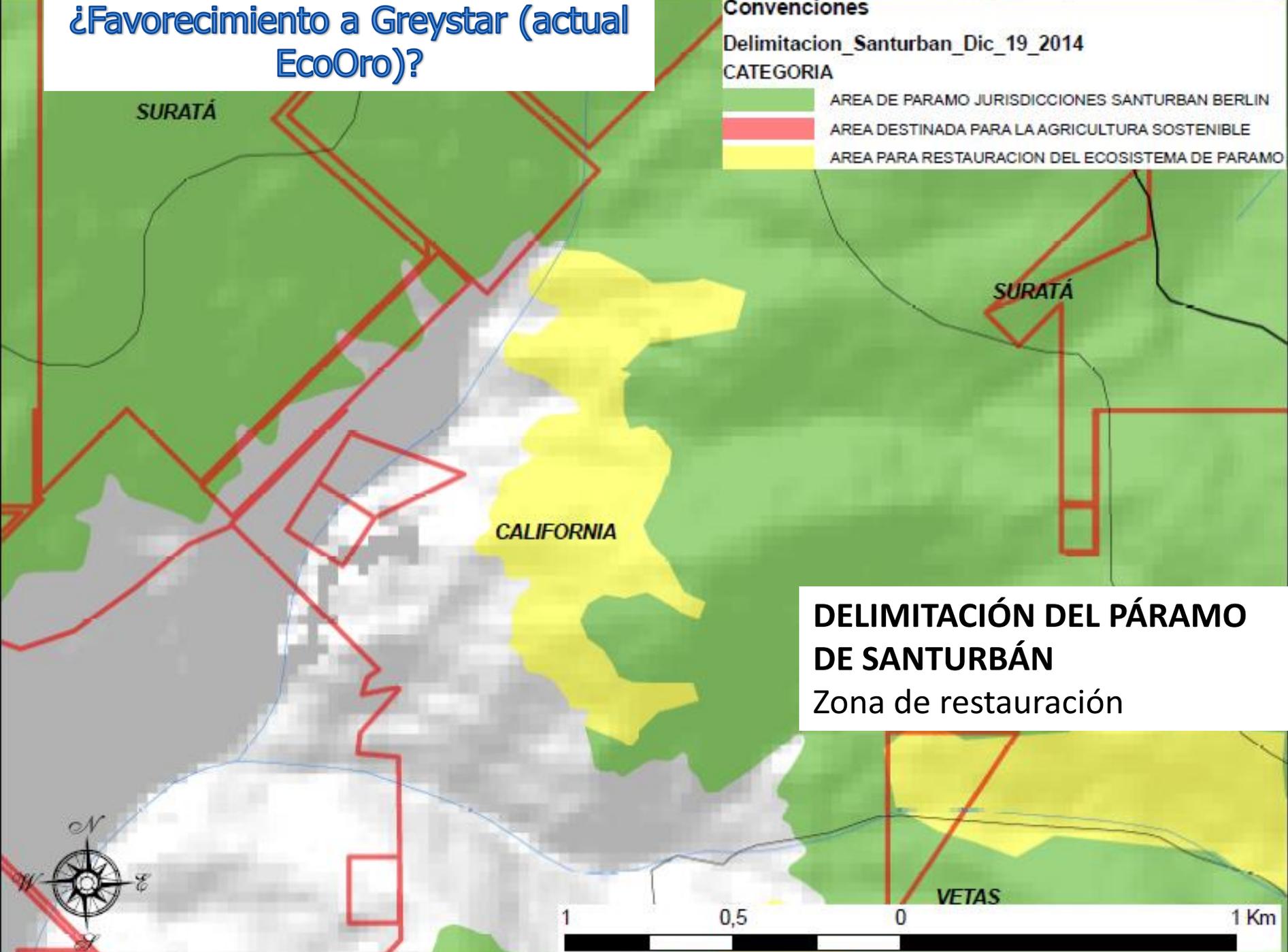
SURATÁ

CALIFORNIA

DELIMITACIÓN DEL PÁRAMO DE SANTURBÁN
Zona de restauración

VETAS

1 0,5 0 1 Km



¿Favorecimiento a Greystar (actual EcoOro)?

Convenciones

Tuneles

Mineralizaciones_Santurban

Delimitacion_Santurban_Dic_19_2014

CATEGORIA

AREA DE PARAMO JURISDICCIONES SANTURBAN BERLIN

AREA DESTINADA PARA LA AGRICULTURA SOSTENIBLE

AREA PARA RESTAURACION DEL ECOSISTEMA DE PARAMO

SURATÁ

SURATÁ

CALIFORNIA

DELIMITACIÓN DEL PÁRAMO DE SANTURBÁN

Zona de restauración
Mineralizaciones de oro
(Greystar, 2009)

VETAS

1

0,5

0

1 Km



Huella material de la megaminería de oro

PROYECTO	Ton oro	Tenor oro	Residuos mineros	% Sulfuros	Arsenopirita
Marmato (GCG)	311	1,0 g/ton	1230 Millones Ton.	1-5% Py	Si
Colosa (AGA)	758,84	0,86 g/ton	?	1-7% Py	Si
Santurbán (Greystar)	357,65	0,76 g/ton	1075 Millones Ton.	?	Si

GENERACIÓN DE RESIDUOS MINEROS EN PROYECTOS DE MINERÍA DE ORO. CON BASE EN LOS DATOS DE MARMATO Y ANGOSTURAS, **EL PROYECTO COLOSA PRODUCIRÍA DE 2000 A 3500 MILLONES DE TONELADAS DE RESIDUOS MINEROS.**

MARMATO A CIELO ABIERTO: 4 TONELADAS RESIDUO / GRAMO ORO

SANTURBÁN A CIELO ABIERTO: 3 TONELADAS RESIDUO / GRAMO ORO

La ciudad que mayor volumen de residuos domésticos genera es Bogotá D.C., con cerca de 2 millones de toneladas al año (2 MTon/año). **Con relación a la generación de residuos sólidos de una ciudad de cerca de 10 millones de habitantes, los proyectos de minería de oro de gran escala a cielo abierto generan por año de 25 a 70 veces y el carbón de 10 a 12 veces más residuos sólidos. COLOMBIA GENERA CERCA DE 8,5 MTon de basura al año.**

Contaminación del aire



CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR MINERÍA A CIELO ABIERTO

Material particulado

Mina de carbón
La Loma. El
Paso, Cesar.



Contaminación del aire por minería a cielo abierto

Mina de níquel
Cerromatoso.
Montelíbano,
Córdoba.



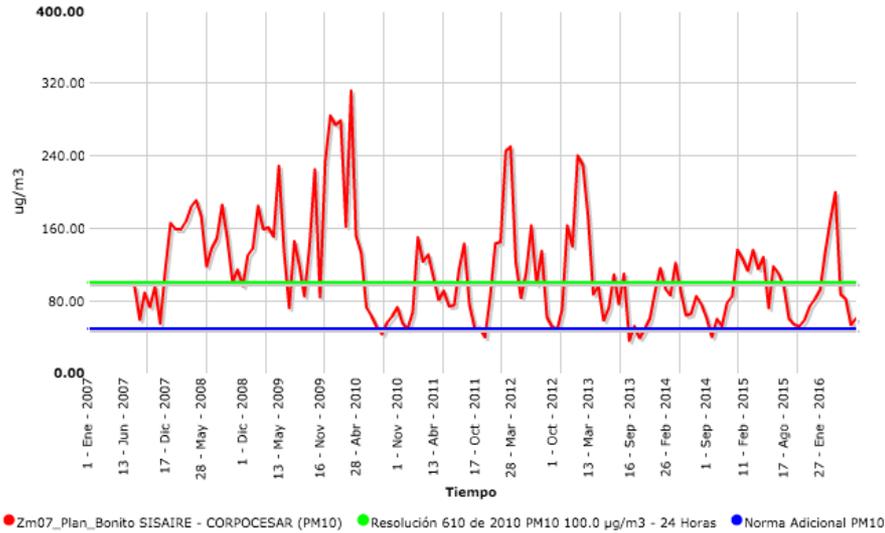
TERRAE
GRUPO DE INVESTIGACIÓN
GEOAMBIENTAL



Comportamiento de material particulado (PM₁₀) Mina LA LOMA

Resultado de la medición

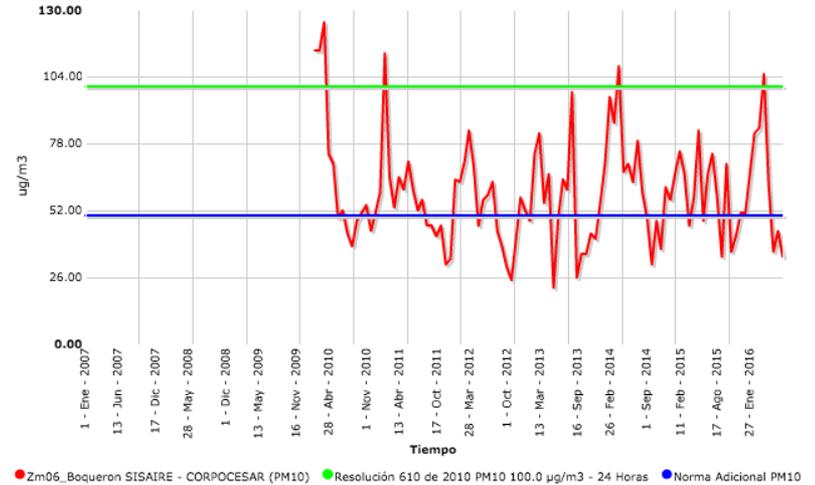
Grafica Calidad de Aire



Estación Plan Bonito. (El Paso) Fuente: Sisaire, 2016

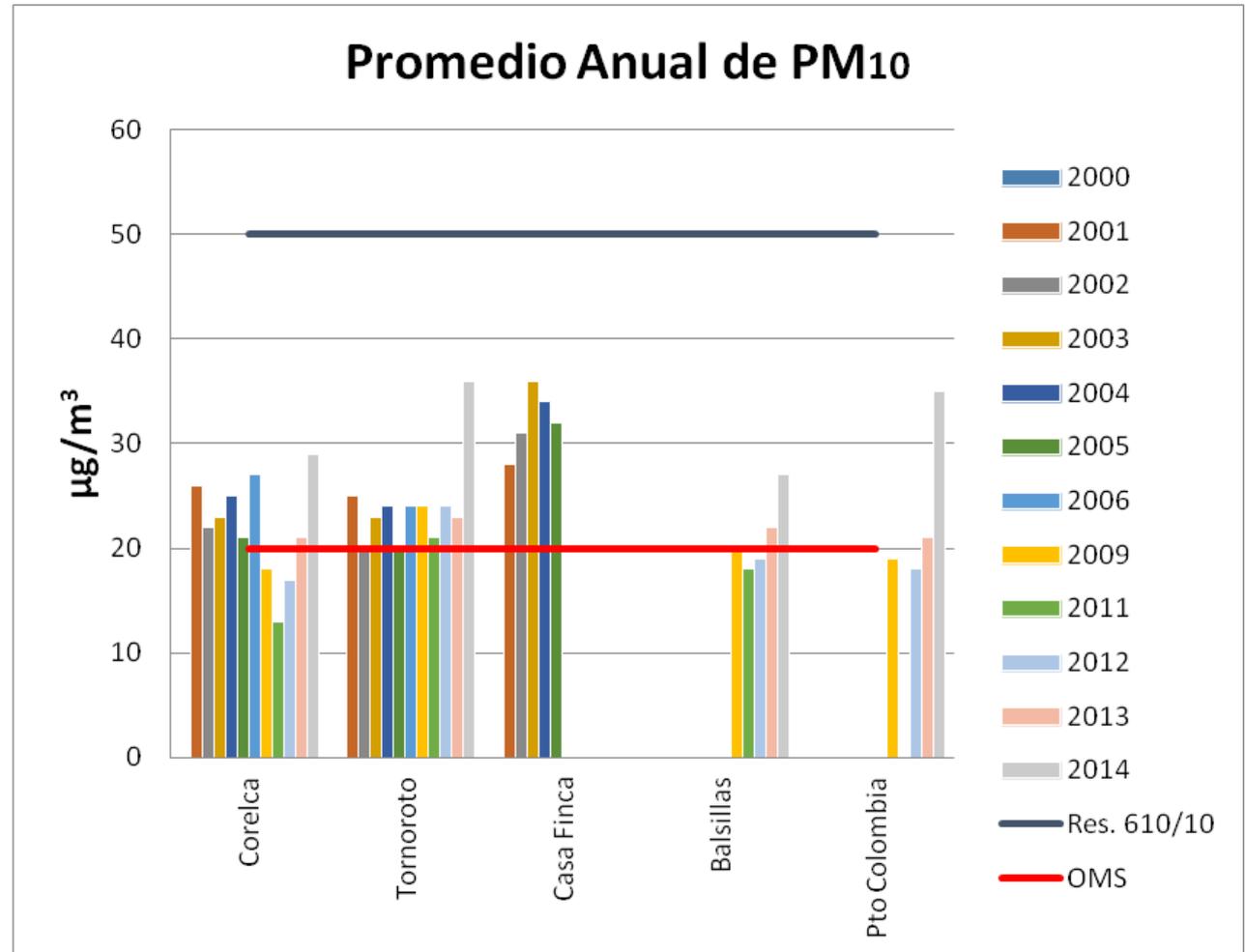
Resultado de la medición

Grafica Calidad de Aire



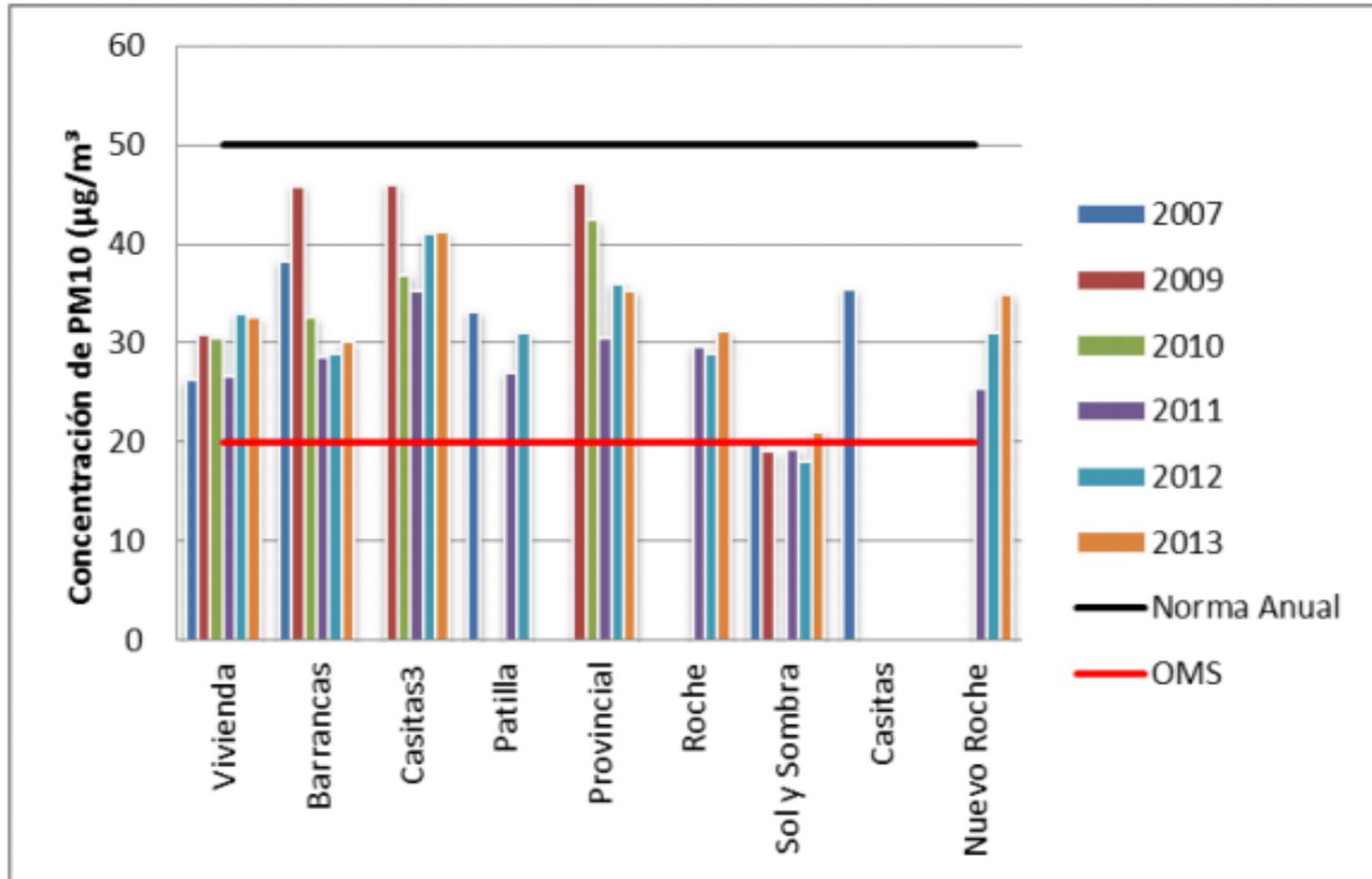
Estación Boquerón. (El Paso) Fuente: Sisaire, 2016

Comportamiento de material particulado. Mina Cerromatoso



Fuente: ANLA, 2015. Informes de cumplimiento ambiental. Elaboración propia.

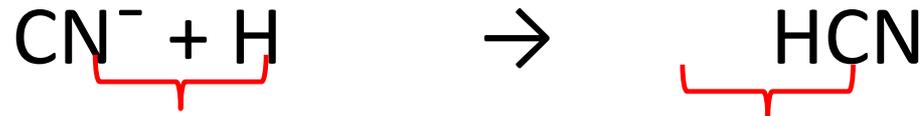
Comportamiento de material particulado. MINA CERREJÓN



Fuente: Llorente, 2015.

Contaminación del aire por minería a cielo abierto

Cianuro de hidrógeno



Los DAM actúan sobre formas de cianuro encontradas en los relaves (cianuro libre CN^-)

Generación de HCN debido a valores bajos de pH

La **volatilización** es conocida como uno de los más importantes mecanismos de **atenuación del cianuro** producidos dentro de las instalaciones de almacenamiento de **relaves**.

Se estima que la extracción de oro a partir de minerales de bajo grado por procesos de cianuración ha dado lugar a la **emisión mundial de 20.000 toneladas de cianuro de hidrógeno** en la atmósfera.

La concentración letal de HCN gaseoso para los humanos es de 100 a 300 partes por millón . La inhalación de estas cantidades de HCN causa la muerte entre 10 a 60 minutos de exposición.

La Colosa se convertiría en el proyecto más grande de minería de oro a cielo abierto del país y uno de los diez más grandes del mundo.

Tajo de hasta 650 metros de profundidad (AGA, 2011)

La remoción y desecho de rocas puede alcanzar 4120 Mton

Uso de grandísimas cantidades de tóxicos que incluyen más de 500 Mton de ANFO y cientos de miles de toneladas de cianuro, empleado en el proceso de beneficio.

Se configurarían dos tipos de desechos de roca: botaderos y relaves.



Los botaderos generarían millones de toneladas de ácido sulfúrico por oxidación de los sulfuros que contienen.

Para disponer relaves, puede llegarse a necesitar el embalse de 1420 millones de toneladas de estos lodos tóxicos altamente contaminados con residuos químicos.
(AGA, 2012)

La presa tendría una altura entre 200 y 250 metros (AGA, 2012 y cálculos de TERRAE con base en AGA, 2014)

Si existe desinformación es por una estrategia de opacidad de las empresas mineras y por un marco normativo que blindo el secretismo: la ausencia de licencia ambiental para la exploración minera.



LA MEGAMINERÍA EN COLOMBIA:

CARBÓN

**Impactos ambientales, asimetrías, los
desiertos contaminados en construcción en
Guajira y Cesar**



TERRAE
GRUPO DE INVESTIGACIÓN
GEOAMBIENTAL

Problemática asociada al carbón

Los resultados de la concentración de los elementos traza (Tabla 3) en los carbones de la Zona Carbonífera Cesar muestran que la concentración de **mercurio** está entre 0,017 ppm y 0,336 ppm, la de **arsénico** entre 0,32 ppm y 11,67 ppm, la de **selenio** entre 0,92 ppm y 6,63 ppm, la de **cadmio** entre 0,13 ppm y 0,91 ppm y la de **plomo** entre 0,56 ppm y 1,97 ppm.

En los carbones de la Zona Carbonífera La Guajira (Tabla 3) el mercurio se encuentra en concentraciones comprendidas en el rango 0,004 ppm – 0,187 ppm, el **arsénico** entre 0,26 ppm y 23,91 ppm, el **selenio** entre 0,97 ppm y 5,87 ppm, el **cadmio** entre 0,02 ppm y 1,41 ppm, y el **plomo** en el rango 0,30 ppm – 2,43 ppm.

MORALES Y., WILMAR; CARMONA L., INES. ESTUDIO DE ALGUNOS ELEMENTOS TRAZA EN LA CUENCA CESAR - RANCHERIA, COLOMBIA

Boletín de Ciencias de la Tierra, Núm. 20, junio, 2007, pp. 75-88

Universidad Nacional de Colombia

Problemática asociada al carbón. Departamento del Cesar.

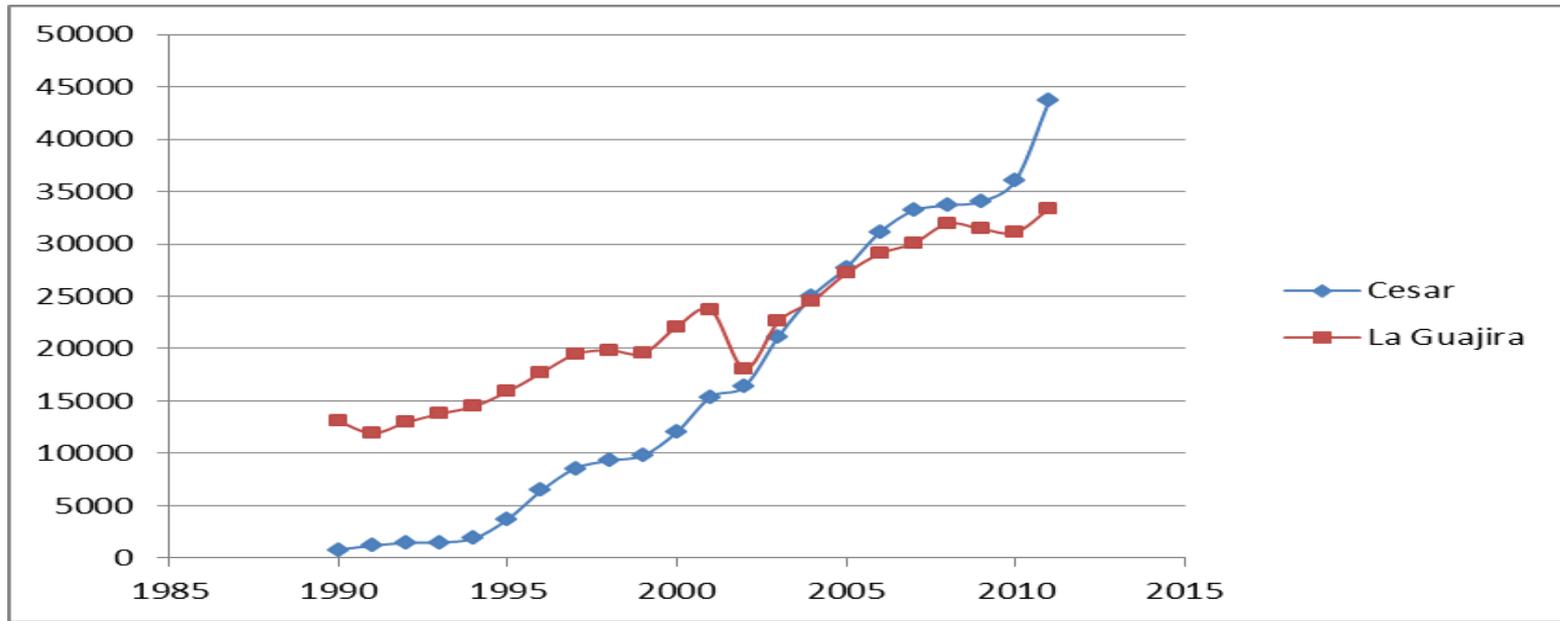
Muestra	Sitio de muestreo	Sulfatos ppm	Sulfuros totales ppm	As Total ppm	Cu Total ppm	Cr Total ppm	Ni Total ppm	Ta Total ppm	Zn Total ppm
MPL-SoBR3	Botadero patio de tubos	2624	1134,3	156,375	83,897	24,771	48,48	16,5	177,9
MPL-SoBR4	Botadero patio de tubos	12846	422,7	178,55	115,12	19,415	50,205	42,65	212,6
MPL-SoS3	Botadero 3A	2040	1795,2	6,34	135,23	74,21	55,881	34,898	273,13
MPL-SoS4	Botadero 3A	671	1888,95	11,495	183,67	74,41	76,918	31,114	359,7
MPL-SoBR7	Botadero 3A	7137	437,8	216,75	141,76	25,46	47,499	45	400
MPL-SoBR10	Botadero 3A	7633	470,2	305,2	186,78	160,13	61,2	60,8	321,2
MPL-SoBR1	Botadero de retrolenado	12977	672,3	156,575	75,883	26,115	56,69	17,355	207,9
MPL-SoBR9	Botadero de retrolenado	6236	400,6	N.D.	226,87	5,514	61,365	29,5	469
MPL-SoBR8	Botadero de retrolenado	924	529,1	258,5	163,48	32,152	76,585	24,55	259,5
MPL-SoS1	Botadero W1	2436	1886,1	18,785	92,8	61,08	49,575	25,302	210,8
MPL-SoS2	Botadero W1	660	1898,3	17,61	74,17	57,55	55,881	21,141	217,97
MPL-SoBR2	Botadero W1	829	896,5	216,805	57,12	18,927	41,92	20,185	214,7
MPL-SoBR5	Botadero W1	901	506,3	92	129,69	25,422	45,375	28,335	125,1
MPL-SoBR6	Botadero E2, Cerca del relleno sanitario	543	469,7	123,99	113,99	23,161	50,152	38,81	194,2

Datos de composición de rocas y sedimentos de los botaderos antiguos y de retrolenado de la mina Pribbenow (Drummond) en el Cesar (Colombia).

N.D. No detectado, por debajo del límite de detección.

Fuente: Contraloría General de la República, 2014.

Huella material de la megaminería de carbón. Implicaciones en liberación de componentes al ambiente.



PROYECTO	Mton carbón	Residuos mineros (mínimo)	Arsénico
Varios Cesar	400	6000 Mton	1900 Ton?
Cerrejón	500	7500 Mton	2000 Ton?

Los datos de Cerrejón y Drummond permiten establecer que por cada tonelada de carbón se generan de 15 a 20 toneladas de residuos mineros. Los datos de extracción de carbón con base en el SIMCO, 2012.

Fuentes:

Cabrera, M. & J. Fierro (2013). Implicaciones ambientales y sociales del modelo extractivista en Colombia. En: Minería en Colombia (Volúmen I): **Fundamentos para superar el modelo extractivista**. Contraloría General de la República. Bogotá.

Fierro, J. (2014). Informe macro sobre minería en el Cesar, un enfoque desde la perspectiva del riesgo. En: Minería en Colombia (Volúmen IV): **Control público, memoria y justicia socio-ecológica, movimientos sociales y posconflicto**.

Contraloría General de la República. Bogotá.



MEGAMINERÍA A CIELO ABIERTO: CARBÓN EN EL CERREJÓN.

BHP BILLITON – XSTRATA – ANGLOAMERICAN
Autoridad ambiental: ANLA



CONSUMO DE AGUA CARBÓN EN EL CERREJÓN.

Botaderos

Destrucción de ecosistemas

Destrucción y de suelo superficial

Reubicación de fauna silvestre

1 Perforación y voladura

2 Cargue y transporte de material estéril

3 Apilamiento de material estéril

24.755.000 L (riego vías)

4 Retiro, cargue y transporte de carbón

3.087.000 L

5 Apilamiento de carbón

6 Tolvas para descargue y trituración de carbón

7 Silos para cargue del tren

1.365.000 L

1.149.000 L

Esquema gráfico modificado de :
Proyecto liwo'Uyaa
(Cerrejón, 2011)

8 Estación de descargue

Puerto Bolívar

10 Cargador lineal de buques

1.644.000 L

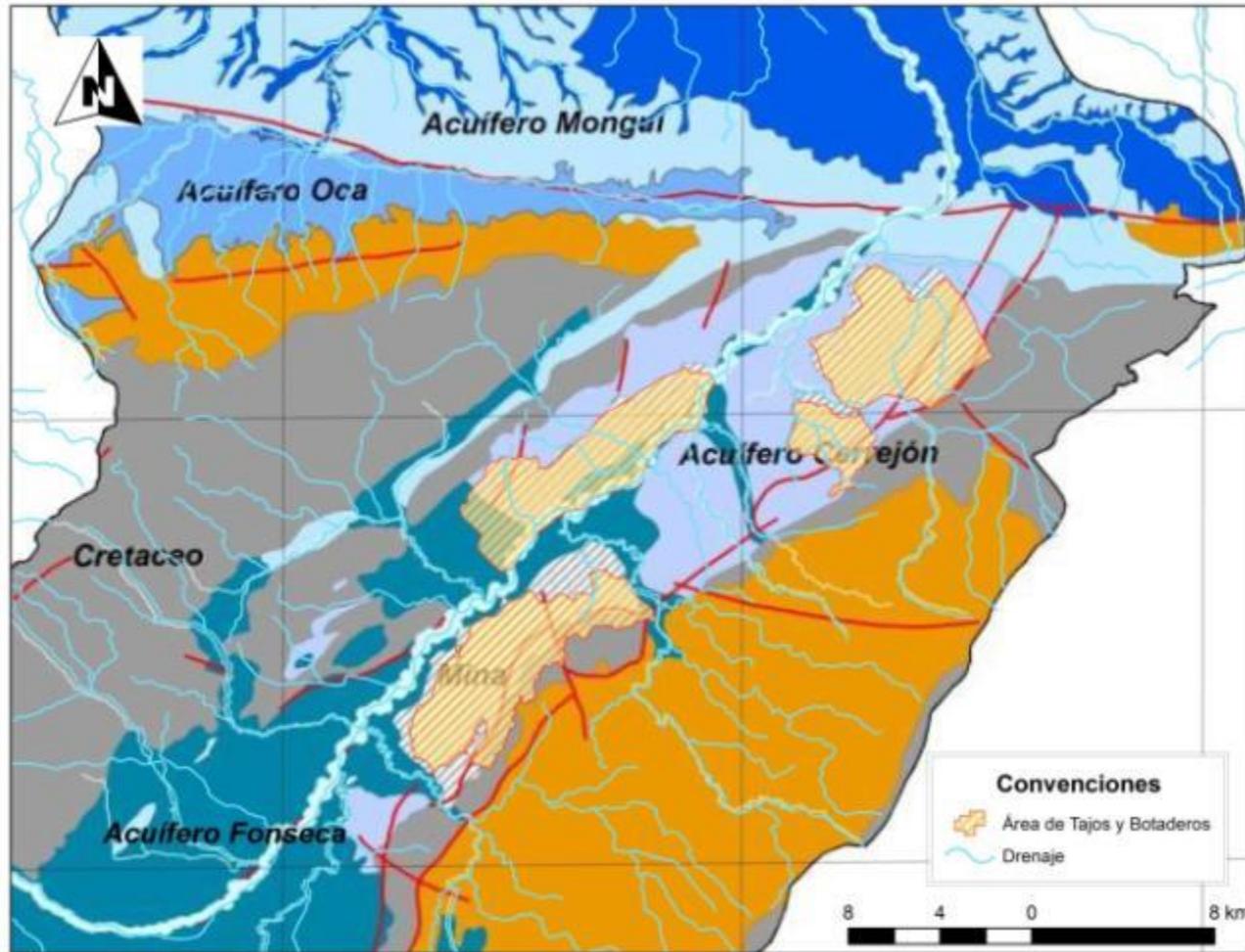
9 Apiladores/Recogedores

Consumos principales de agua proyecto minero Cerrejón.

Fuente de información: Plan de Manejo Ambiental presentado en 2006.

Problemática asociada al carbón. Cerrejón, Departamento de Guajira.

Remoción de Acuíferos



Gráfica tomada del Plan de Manejo Ambiental de las Aguas subterráneas en La Guajira (UDEA – Corpoguajira, 2013) y modificada por Fierro, Cuida & Quintero para Foro por Colombia (2014)

Problemática asociada al carbón. Cerrejón, Departamento de Guajira.

Remoción de Acuíferos

Acuífero	Volumen acuífero removido (millones m3)	Volumen máx. de almacenamiento (millones de m3)
Cuaternario	713	151
Terciario	1820000	79880
Total	1820713	80031

Con base en los datos de Cerrejón y de los estudios geológicos de la U. de Antioquia para Corpoguajira, por causa del proyecto minero se ha perdido la posibilidad almacenar de más 150 millones de metros cúbicos de agua.

Datos tomados del PMA Cerrejón 2006 y consolidados por Fierro, Cuida & Quintero para Foro por Colombia (2014)

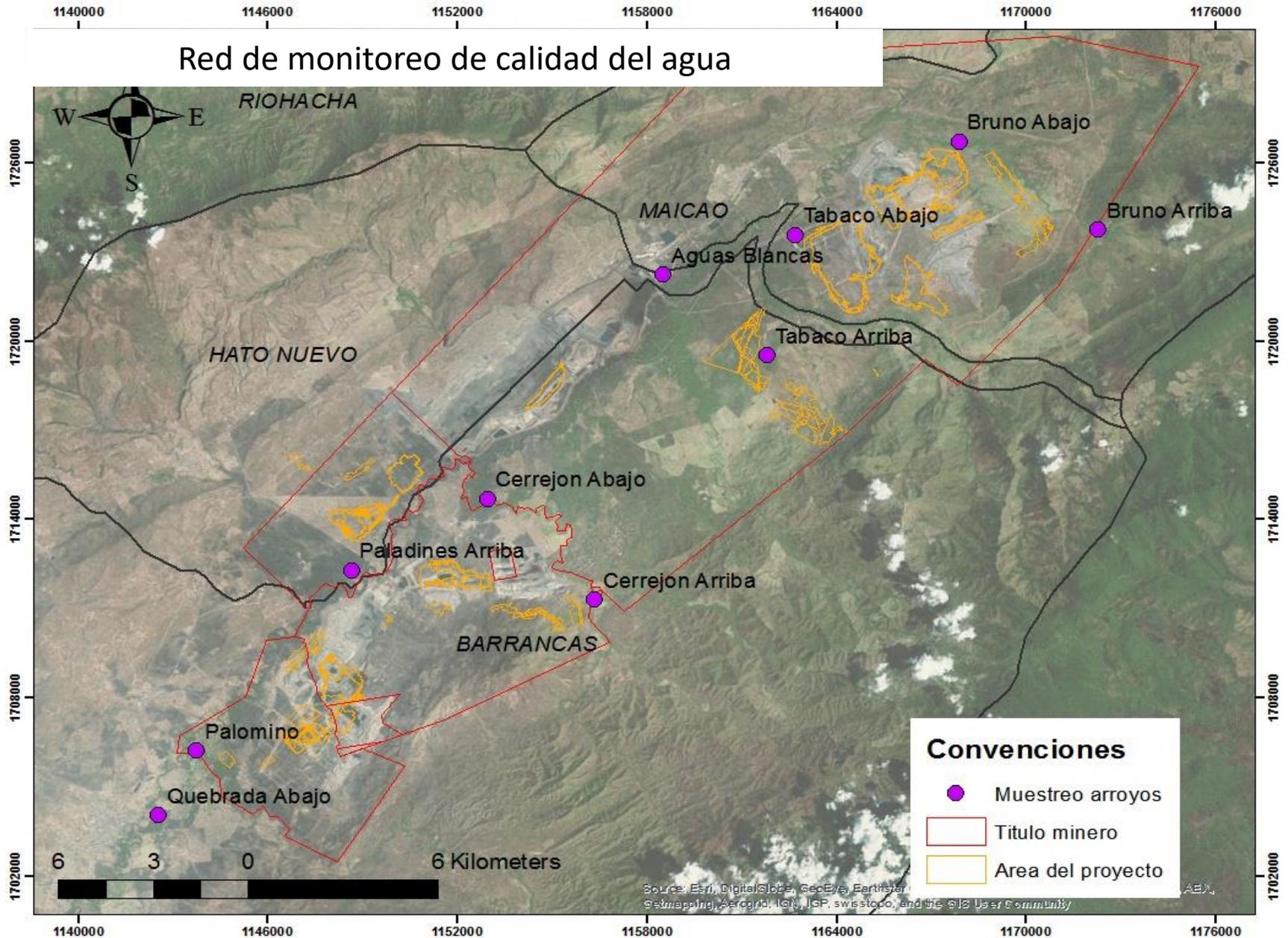
Minería legal: El caso Cerrejón y los Wayuu

“(…) la relación volumétrica carbón-estéril (es) 1:7.7” (PMA Cerrejón 2006).

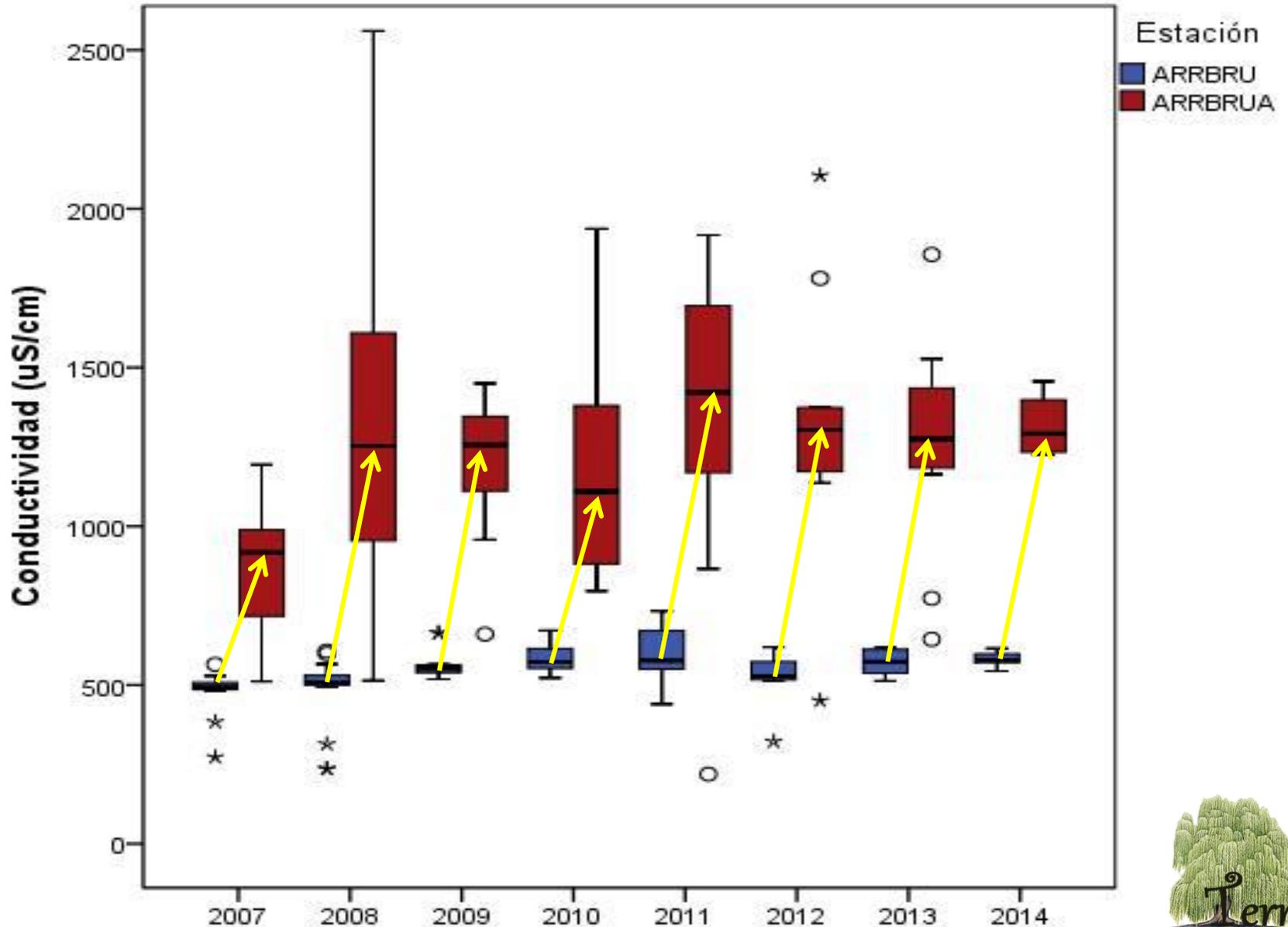
Si el peso unitario para la roca en ésta zona es de 2,3 Ton/m³ (Cerrejón, 1990) **se calcula que por cada tonelada de carbón que se aprovecha se generan 17,7 toneladas de desechos de roca.** (TERRAE, 2016)

Volumen de material dispuesto en los Botaderos			
Año	Cantidad	Volumen en m3	Peso en ton
A 2015	15	2.954.887.758	6.796.241.843
A 2033	17	7.717.939.727	17.751.261.372

Minería legal: El caso Cerrejón y los Wayuu



ANÁLISIS DE CONDUCTIVIDAD DE AGUAS DEL ARROYO BRUNO A SU PASO POR LA MINA DE EL CERREJÓN



Datos tomados de los ICA remitidos por Cerrejón

Minería legal: El caso Cerrejón y los Wayuu

IMPACTOS	MEDIO	IMPACTO	DURACIÓN	IMPORTAN CIA DEL IMPACTO (escala de 1 a 10)
Negativos	Socioeconómico	Desplazamiento involuntario de población	Permanente	3,60
	Socioeconómico	Generación de expectativas y de conflictos	Mediana duración	3,56
	Fisicobiótico	Pérdida de cobertura vegetal y hábitat terrestres	Larga duración	4,15
	Fisicobiótico	Afectación de la calidad del aire y ruido	Larga duración	1,57
	Fisicobiótico	Afectación cuantitativa y cualitativa del recurso hídrico en cuerpos naturales superficiales y subterráneos	Permanente	1,62
	Fisicobiótico	Afectación de fauna terrestre	Larga duración	2,74
	Socioeconómico	Incremento del proceso de migración de población	Corta duración	1,00
	Socioeconómico	Afectación del patrimonio arqueológico	Permanente	1,76
	Fisicobiótico	Pérdida y/o alteración del recurso suelo	Larga duración	0,95
	Fisicobiótico	Afectación del paisaje	Larga duración	1,66
	Fisicobiótico	Afectación de ecosistemas acuáticos	Larga duración	2,52

Evaluación de impacto ambiental Proyecto P40 (Cerrejón – Ingetec, 2014).

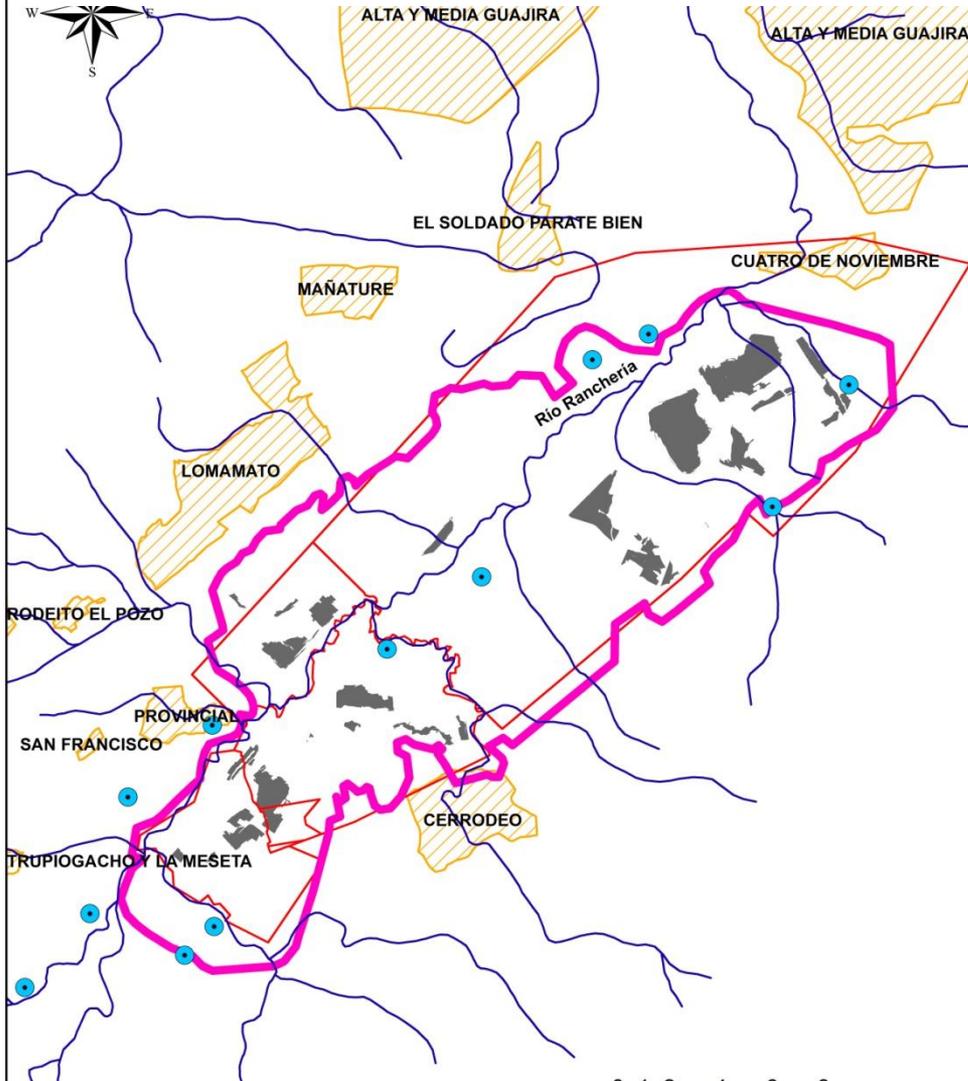
Minería legal: El caso Cerrejón y los Wayuu

IMPACTOS	MEDIO	IMPACTO	DURACIÓN	IMPORTAN CIA DEL IMPACTO (escala de 1 a 10)
	Socioeconómico	Afectación de la infraestructura vial y a la conectividad	Corta duración	0,23
	Socioeconómico	Posibles molestias a la comunidad por alteración de la calidad del aire (generación de molestias a las comunidades)	Corta duración	0,25
	Fisicobiótico	Generación de residuos (material estéril, residuos sólidos ordinarios, residuos sólidos peligrosos y especiales)	Larga duración	0,21
	Fisicobiótico	Alteración de los procesos geomorfológicos naturales (erosión, sedimentación e inestabilidad)	Permanente	0,19
Positivos	Socioeconómico	Generación de impuestos y regalías	Larga duración	3,42
	Socioeconómico	Generación de empleo	Larga duración	0,46

Evaluación de impacto ambiental Proyecto P40 (Cerrejón – Ingetec, 2014).

Minería legal: El caso Cerrejón y los Wayuu

La línea de área de influencia ambiental definida por la empresa se toma con base en calidad de aire y no hay de qué preocuparse. NO AFECTA LOS RESGUARDOS, PERO...



TERRITORIOS ETNICOS FRENTE A LA MINERIA

RESGUARDOS INDIGENAS
Y CALIDAD DE AIRE



Corporación y Grupo de Investigación
Geoambiental TERRAE

Convenciones

- Calidad Aire
- Área de influencia directa físico biótica P40
- Título minero Cerrejón
- Área del proyecto
- Resguardo Indígena
- drenajes

Minería legal: El caso Cerrejón y los Wayuu

Tras siete meses del fallo que ampara los derechos fundamentales a la salud, la vida en condiciones dignas y un ambiente sano de Moisés Gvette, niño indígena Wayuu de tres años, afectado por acciones y omisiones de la EPS Asociación Indígena del Cauca, Cerrejón Limited, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y entidades ambientales de La Guajira, el cumplimiento de la tutela avanza de manera parcial y lenta ignorando los tiempos estipulados en la misma.

Luz Ángela Uriana, madre de Moisés, interpuso una tutela en septiembre de 2015 considerando que su cercanía a dos kilómetros con tajos y botaderos de carbón a cielo abierto operado por el Cerrejón, ha generado los problemas respiratorios para su hijo.

(...)

El 09 de noviembre de 2015 el Juzgado Promiscuo Municipal de Barrancas- La Guajira resolvió que Moisés recibiera de la EPS tratamiento médico oportuno. Ordenó a las autoridades nacionales y regionales ambientales atendiendo el principio de precaución, implementar un plan de acción para reducir los niveles de contaminación particulado y emisiones de gases de combustión.

La Silla Vacía, agosto de 2016



**MEGAMINERÍA A CIELO ABIERTO: CARBÓN EN EL
CESAR**

DRUMMOND

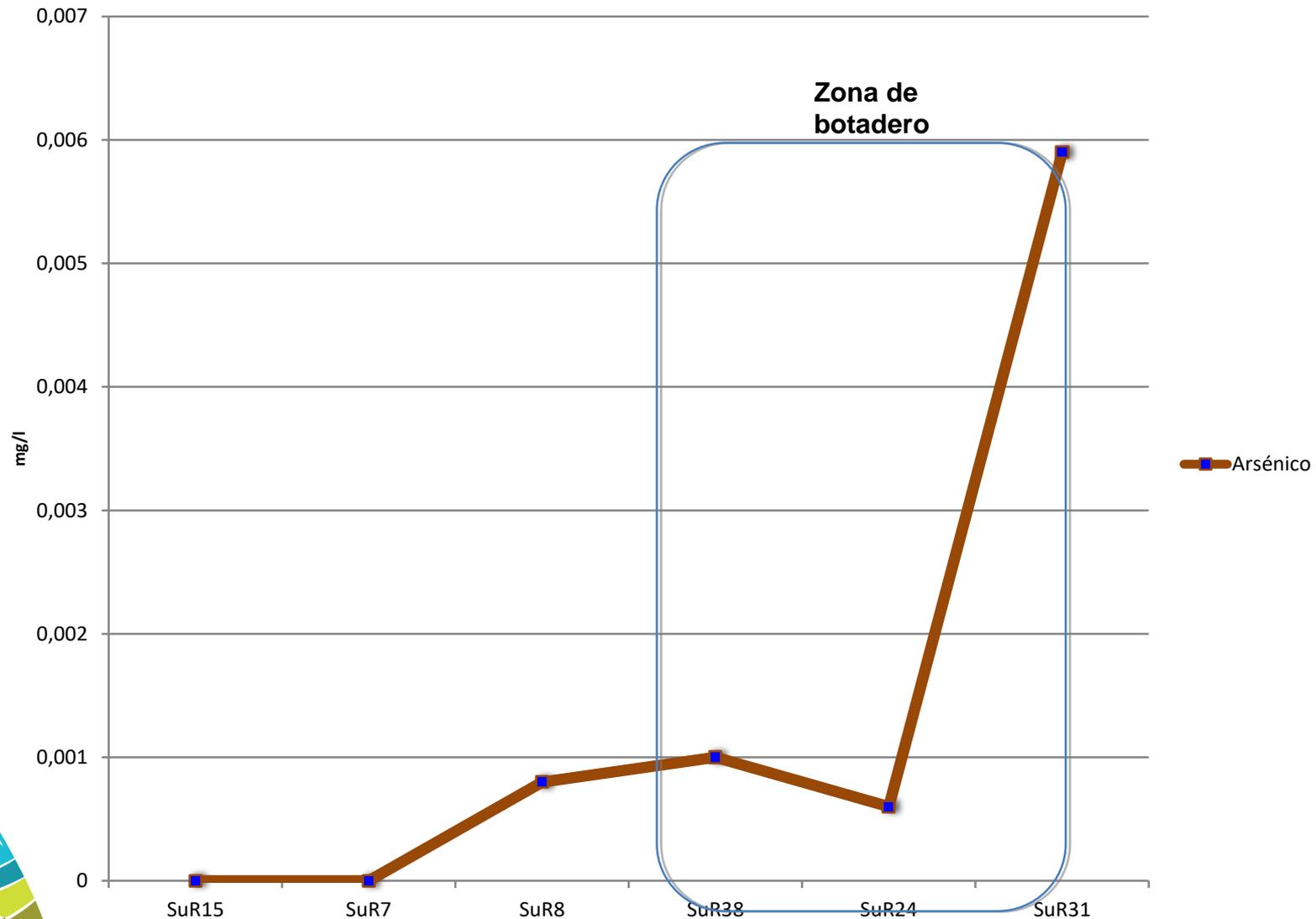
GLENCORE

PACIFIC COAL

Autoridad ambiental: ANLA

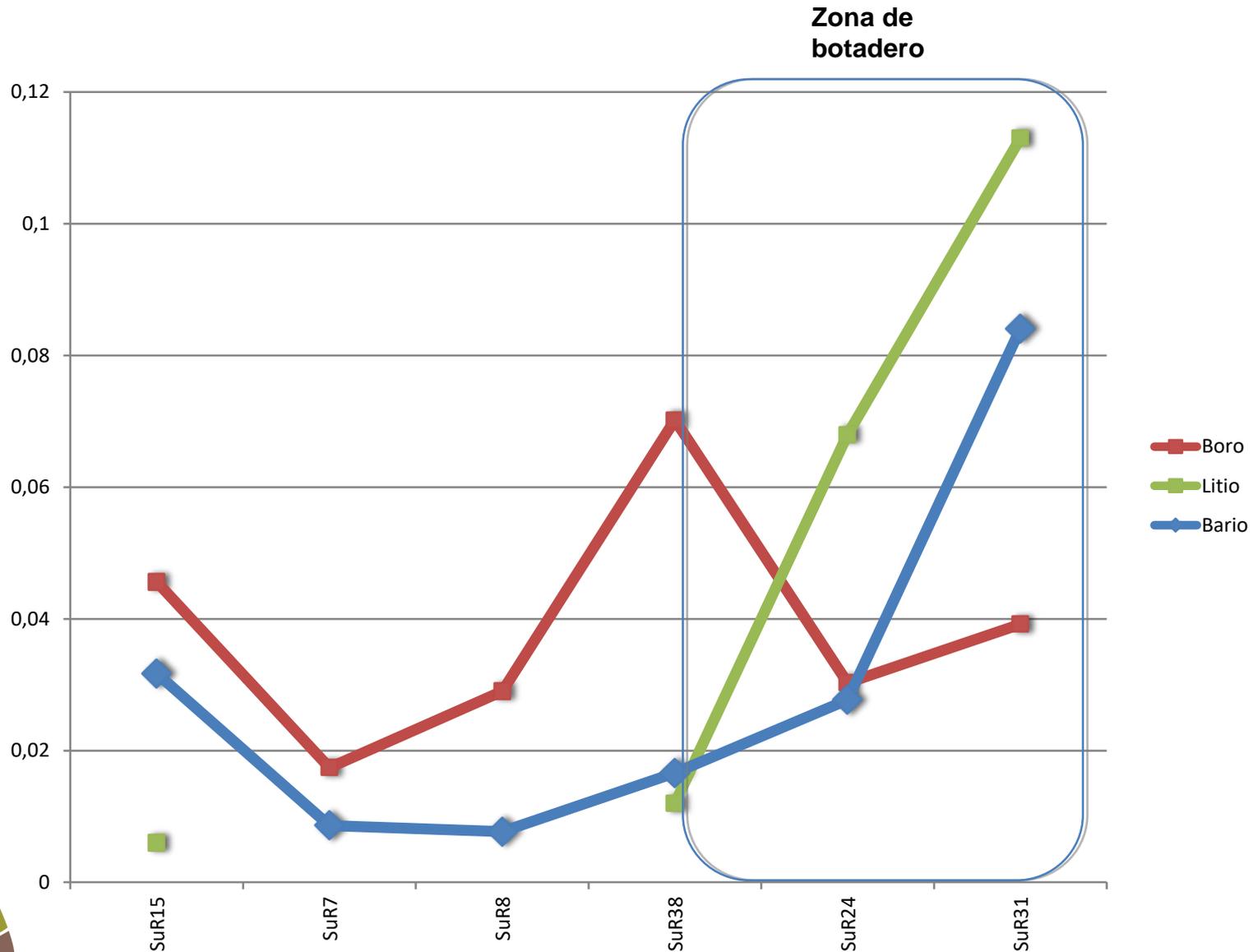
Norcarbón y CDJ (Pacific coal y Glencore)

Agua superficial



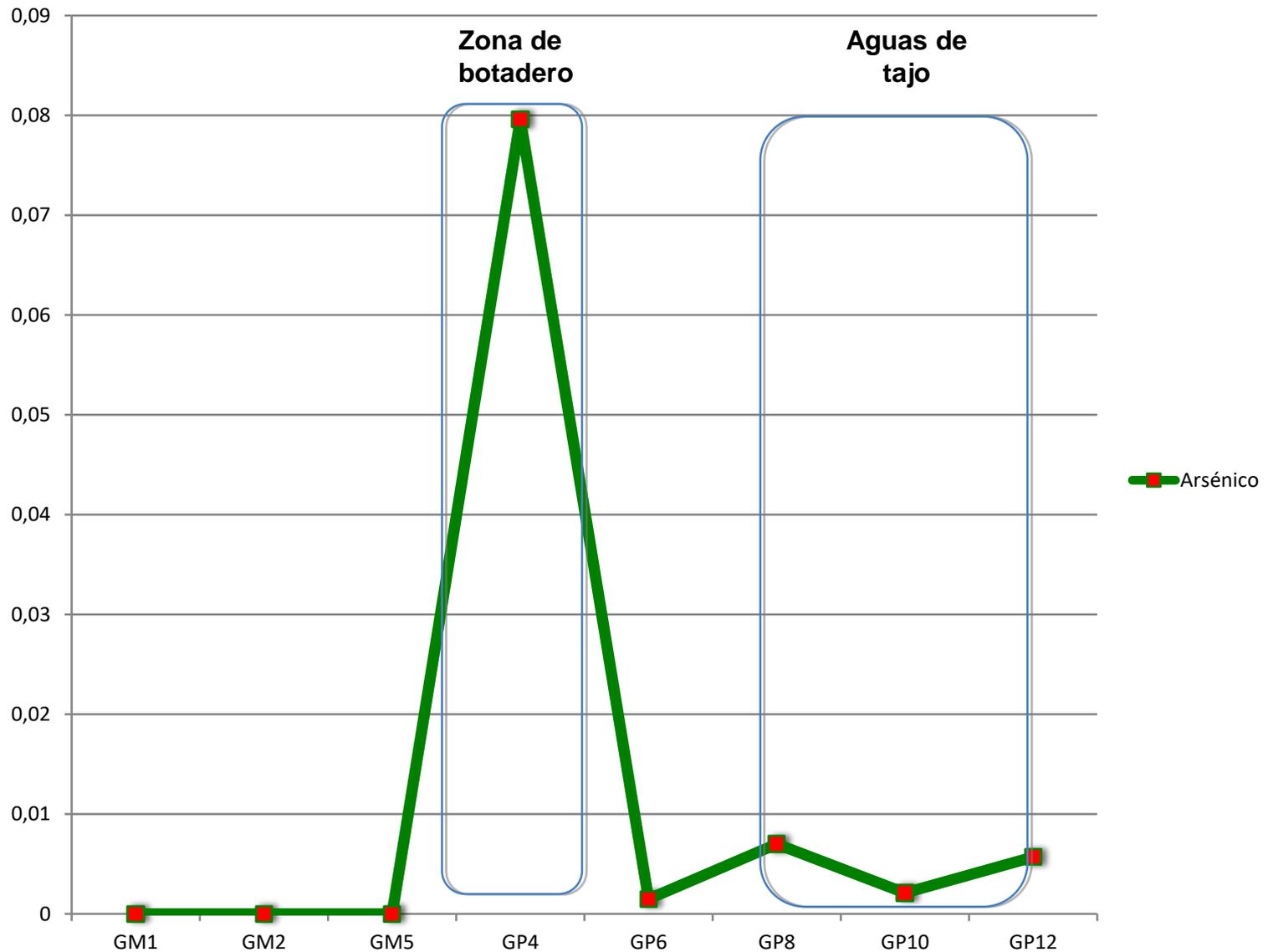
Datos tomados del trabajo de la Contraloría General (2014)

Agua superficial



Datos tomados del trabajo de la Contraloría General (2014)

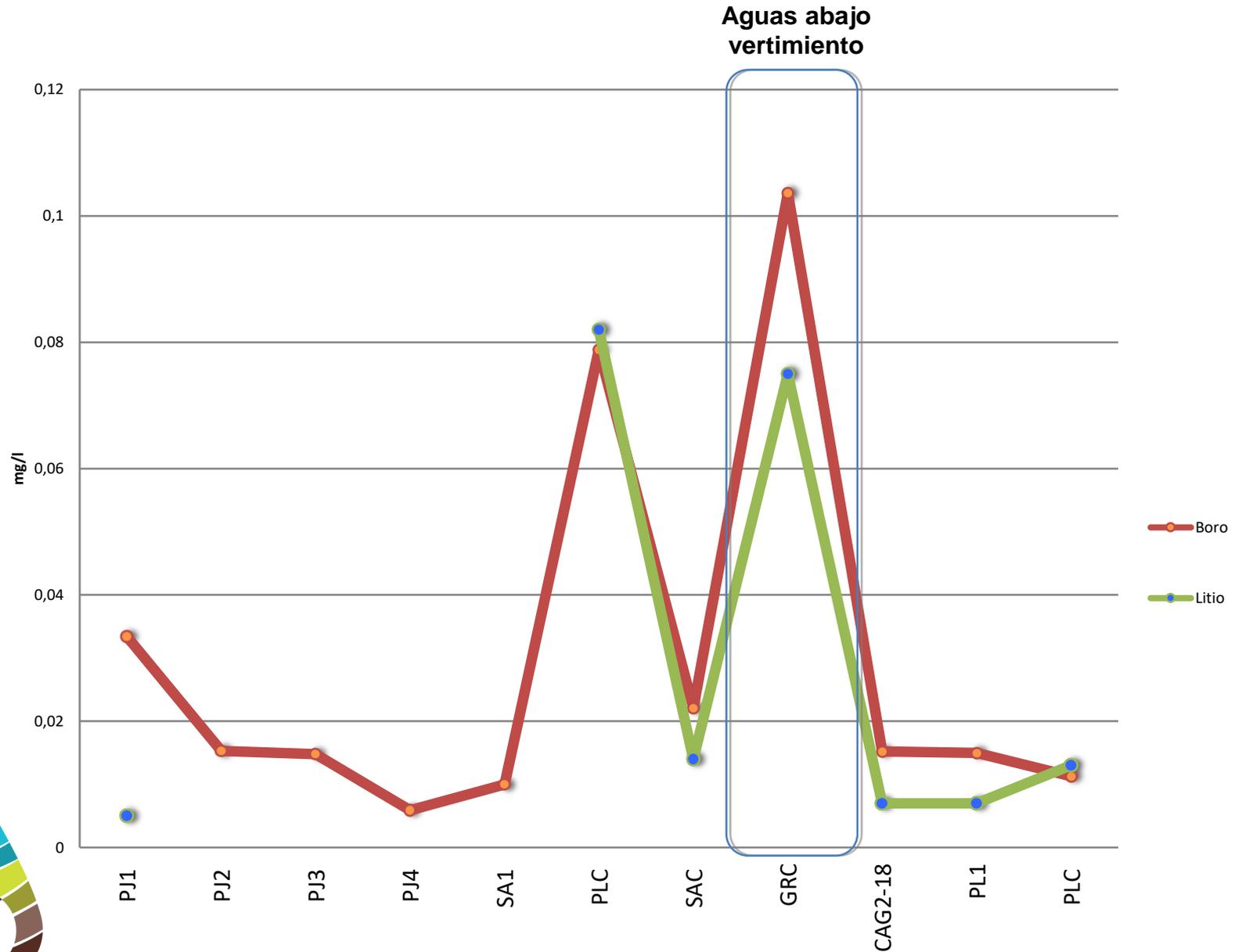
Agua subterránea



Datos tomados del trabajo de la Contraloría General (2014)

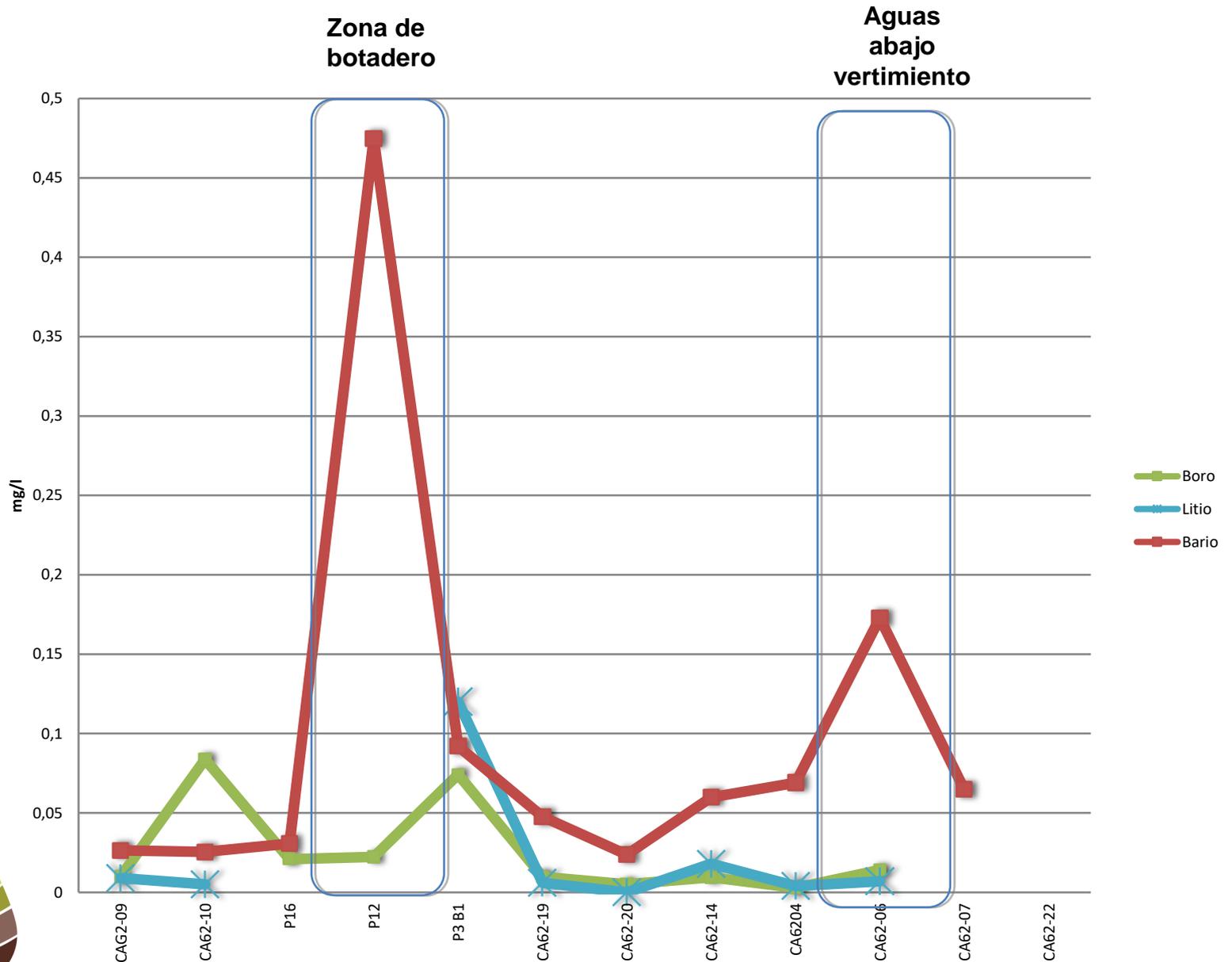
La Loma – Pribbenow (Drummond)

Agua superficial



Datos tomados del trabajo de la Contraloría General (2014)

Agua subterránea

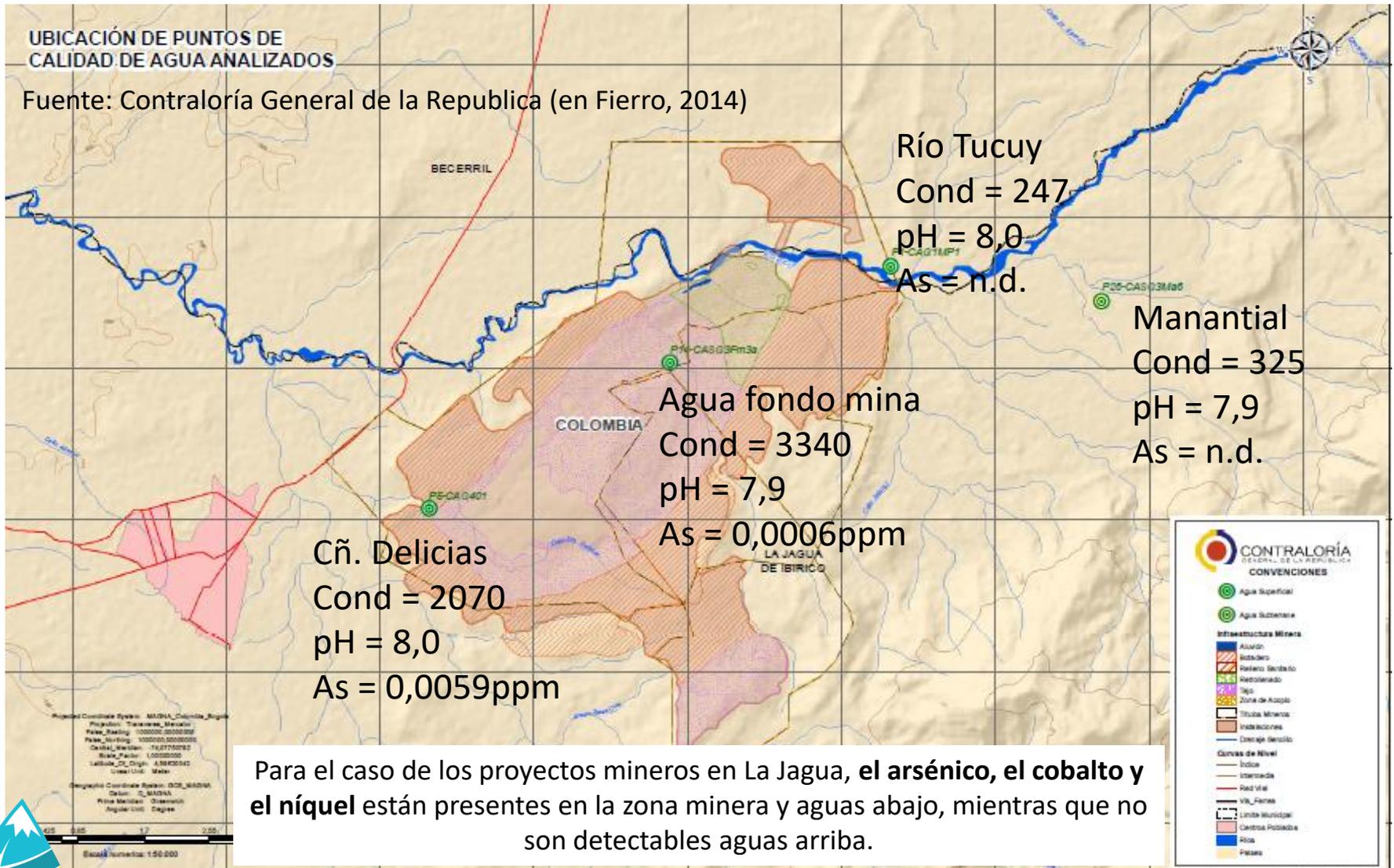


Datos tomados del trabajo de la Contraloría General (2014)

Problemática asociada al carbón. Departamento del Cesar.

UBICACIÓN DE PUNTOS DE CALIDAD DE AGUA ANALIZADOS

Fuente: Contraloría General de la República (en Fierro, 2014)



La ubicación de las muestras analizadas y escogidas para este aparte se destaca en los puntos verdes. Puntos de análisis para los proyectos mineros de La Jagua. Los valores de conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$. La sigla n.d. significa que no se detectó en laboratorio. La liberación de ciertas especies químicas se ilustra con el arsénico (As)

Problemática asociada al carbón. Departamento del Cesar. Abatimiento de los niveles freáticos

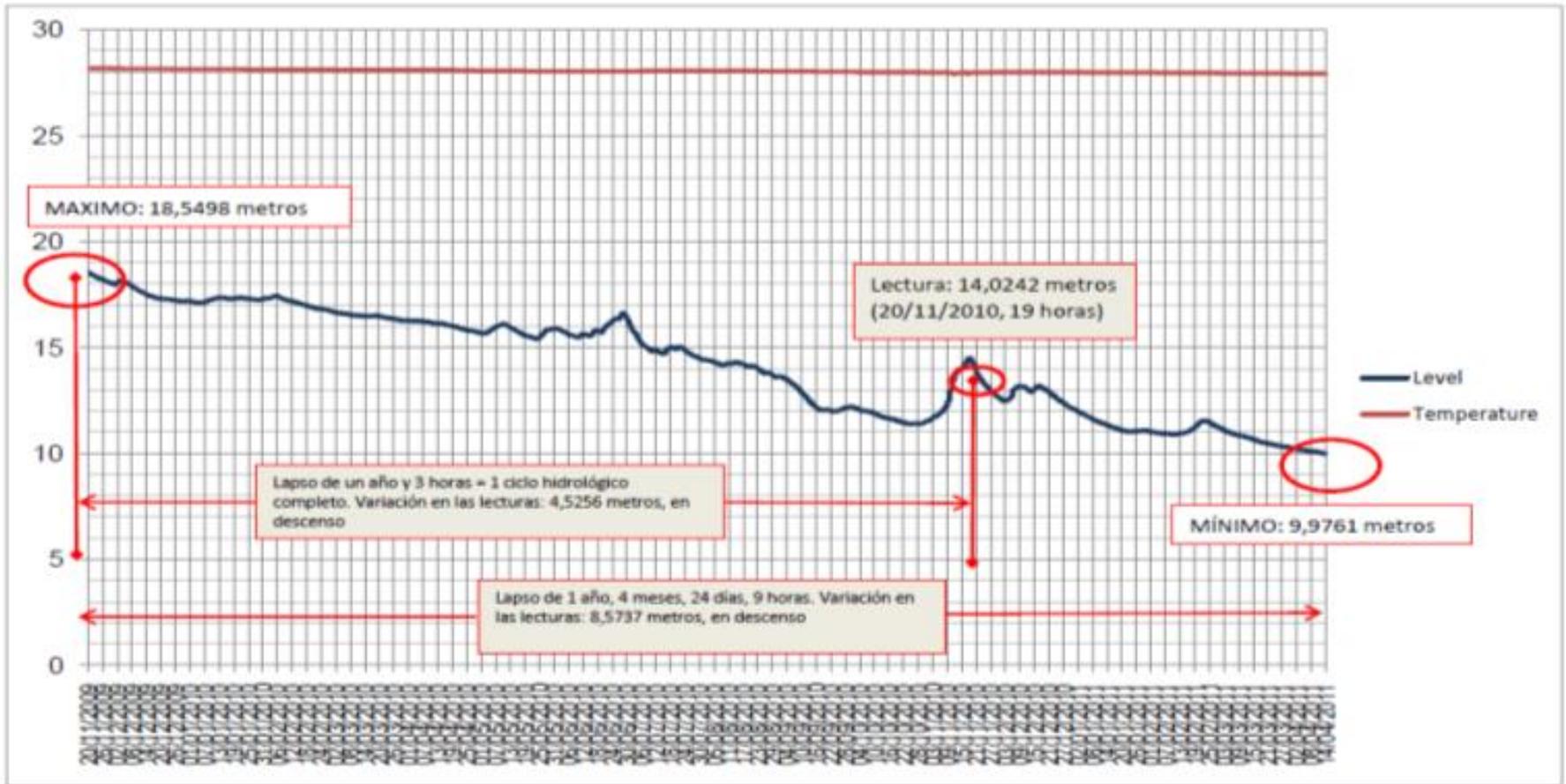


Figura 5. Comportamiento de las lecturas del sensor automático, pozo del Lote A-16. Palmeras de Alamosa Ltda.

Tomado de Corpocesar (2011). Informe técnico 2 Palmera de Alamosa _ Niveles de aguas.

En 16 meses el nivel freático se abatió en cerca de 20 metros en una zona de palmeras ubicada a menos de 300 metros del tajo minero El Descanso (Cesar)

Huella hídrica de la megaminería de carbón

Cabe destacar que durante parte del año 2010 y comienzo del año 2011 se experimentó ausencia de flujo en el Arroyo Caimancito (el cual discurre entre la plantación aludida y el proyecto minero El Descanso Norte), debido a intervenciones que se llevaron a cabo sobre el cauce de dicho arroyo en inmediaciones del proyecto Calenturitas (...).

El subsuelo de la región y, con ello, los acuíferos superficiales, pueden estar siendo alimentados por el caudal del caño Caimancito entre otros, por lo que las interrupciones en el flujo de esta corriente pueden llegar a afectar los niveles freáticos, disminuyéndolos. Así mismo, la explotación minera a cielo abierto puede estar contribuyendo a dicha afectación, lo cual ya ha sido predicho en los modelos hidrogeológicos elaborados por las mismas empresas mineras y que en su oportunidad han sido presentados al Ministerio de Ambiente.

MINERÍA: Contaminación de aguas



A two-headed trout deformed by selenium pollution. (photo: U.S. Fish and Wildlife Service)

● go to **original**

<http://readersupportednews.org/news-section2/312-16/24690-mountaintop-removal-coal-mining-decimates-fish-populations-in-appalachia>

Mountaintop Removal Coal Mining Decimates Fish Populations in Appalachia

By Matt Wasson, Appalachian Voices

10 July 14

A [study](#) from researchers at the U.S. Geological Survey (USGS) published this month provides strong new evidence that mountaintop removal coal mining in Appalachia is devastating downstream fish populations.

**Minería LEGAL: Cerromatoso (Córdoba) – Empresa BHP Billiton –
Autoridad ambiental: ANLA**

MINERÍA: Ferroníquel, mina de Cerromatoso

Condiciones leoninas para el Estado (documentado por Contraloría General de la República)
Evasión de pagos (documentado por Contraloría General de la República)
Contaminación ambiental (documentado por Contraloría General de la República)
Exenciones en impuesto de renta, Realidades de pobreza y condiciones de economía de enclave

**Minería LEGAL: Cerromatoso (Córdoba) – Empresa BHP Billiton –
Autoridad ambiental: MAVDT**

Contaminación de agua

En cuanto a la información reciente sobre contaminación química de aguas que se encuentra en el “*PROYECTO DE EXPANSIÓN MINA CERROMATOSO - ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL. 2009.*” continúan expresándose incertidumbres sobre la contaminación química.

Las concentraciones de metales como plata, cobalto, arsénico, cromo hexavalente, cobre y zinc para ambas situaciones climáticas, presentan concentraciones por debajo del límite detectable (<0,01 mg/l, <1,0 µg/l, <0,05 mg/l, <0,10 mg/l y <0,05 mg/l respectivamente, excepto para la estación WQ-14 (Puente Uré), en donde se reportó concentraciones sobre el límite de detección de 0,1 mg Cu/l y 0,05 mg Zn/l para periodo seco.

(...)

Los valores de otros metales como arsénico y cobre son bajos, con promedios de 0,0014 mg As/l y 0,0080 mg Cu/l. Los valores de zinc son bajos, excepto aguas abajo de la mina para los periodos de noviembre de 2006 y septiembre de 2007 con un valor pico de 1 mg/l;

Relaves de Sajana: escoria sin níquel del
proyecto Cerromatoso
(Fotografía CGR, 2012)

**Minería LEGAL: Cerromatoso (Córdoba) – Empresa BHP Billiton –
Autoridad ambiental: MAVDT**

©2004 by *Economic Geology*
Vol. 99, pp. 1197–1213

**The Mineralogy and Geochemistry of the Cerro Matoso S.A. Ni Laterite Deposit,
Montelíbano, Colombia**

S. A. GLEESON,^{†,*} R. J. HERRINGTON,

Department of Mineralogy, Natural History Museum, London SW7 2BP, United Kingdom

J. DURANGO, C. A. VELÁSQUEZ,

Cerro Matoso S.A., Calle 114 no.9-01 Torre A Piso 5, Ofc. 509, A.A. 110027, Bogotá, Colombia

AND G. KOLL

GK Consulting, 170 Nigel Road, Springs 1559, South Africa

Desechos mineros Cerromatoso
(Fotografía CGB, 2012)

**Minería LEGAL: Cerromatoso (Córdoba) – Empresa BHP Billiton –
Autoridad ambiental: MAVDT**

Analytical Methods

Fifty samples were analyzed for 21 elements by inductively coupled plasma-atomic emission spectroscopy (ICP-AES) at the Natural History Museum and Imperial College, London (Table 1). Specimens were oven dried at 110°C overnight, and 125 mg subsamples were fused with 750 mg of LiBO₂ flux in Pt crucibles. The beads were then dissolved in 25 ml of 2N HNO₃ with 150 ml of water and made up to 250 ml before analysis. International standards CRPG (biotite), USGS PCC-1 (peridotite) and GSJ JP-1 (peridotite) were run as independent laboratory checks. Results for many of the elements gave values close to or below detection limits for at least part of the profile. Only Si, Al, Fe, Mg, Mn, Co, Cu, Ni, Sc, and Zn were found at concentrations above detection limits in all 50 samples.

Location	Type	T(°C)	pH
Mine	Spring	30.7	7.95
Mine	Trench	30.0	7.75
Mine	Spring	30.2	8.11
Mine	Trench	31.8	7.6
Mine	Waterfall	30.7	8.12
Surface	Ure River	28.1	7.2
Surface	Ure River	27.1	7.3
Surface	Well	29.0	6.5
Surface	Stream	27.2	6.63

¹ All values are in ppm dissolved element

Elementos con riesgo de toxicidad como Cobre, Cobalto, Níquel, Escandio y Zinc fueron detectados en todas las muestras analizadas (50)

Y qué pasará con los pH en las aguas?

Minería LEGAL: Cerromatoso (Córdoba) – Empresa BHP Billiton. Autoridad ambiental: ANLA

Ni (wt %)	Cr (wt %)	Co (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Sc (ppm)	Ba (ppm)	V (ppm)
1.610	1.59	630	100	307	50	<1	<3
2.663	3.26	983	121	436	57	54	165
4.283	1.47	892	75	1325	30	100	92
6.139	0.62	1032	47	588	25	104	63
1.686	1.07	580	39	385	24	41	89
18.516	0.58	355	22	390	15	38	<3
4.323	0.42	188	43	171	14	71	34
5.305	0.61	1002	65	569	25	88	61
0.262	0.29	131	35	32	9	9	10
0.256	0.280	130	121	28	9	18	14
0.260	0.280	133	50	33	10	28	15
1.044	1.091	307	109	179	70	<1	<3
0.023	0.027	13	21	<1	1	42	<3
0.267	0.288	126	13	42	9	40	15
0.018	0.029	8	3	<1	1	13	<3
1.362	0.317	140	41	66	6	39	<3
0.721	0.508	450	68	199	15	14	<3
0.897	0.456	615	97	119	14	39	42
0.234	0.248	101	43	26	8	101	9
2.743	0.833	643	314	311	37	27	<3
7.540	0.158	509	31	509	7	23	3
0.216	0.129	82	48	6	5	70	<3

Gleeson, S., Herrington, R., Durango, J, Velasquez, C. & Koll, G. (2004). The mineralogy and geochemistry of the Cerro Matoso S.A. Ni Laterite Deposit.