

AMICUS EXPEDIENTE T-5443609

**Consideraciones ambientales acerca del proyecto carbonífero de El Cerrejón,
operado por las empresas BHP Billiton, Angloamerican y Xstrata en La Guajira.**

Elaborado por

**Julio Fierro Morales, Geólogo MSc Geotecnia
Ana Maria Llorente Valbuena, Ingeniera Ambiental MSc Geomática (a)**



Con la colaboración de los miembros de la Corporación y Grupo de Investigación Geoambiental TERRAE

Diana Lozano Zafra, Geóloga MSc Sensores Remotos
Erika Cuida López, Geóloga
Angie Stephania Ramirez Huerta, Geóloga
Daniela Mateus Zabala, Geóloga
Juan Francisco Díaz González, Geólogo
Eduardo Villamil Rodríguez, Estudiante de Geología
José Sebastián Gómez Romero, Estudiante de Geología
Maria Alejandra Ramos, Estudiante de Geología
Jeremy Audrey León, Estudiante de Geología
Vanessa Rincón, Estudiante de Geología
Xiomara Triana, Estudiante de Geología

Agradecimiento a Alexandra Fierro Morales – Socióloga Magistra en Estudios Culturales

Bogotá D.C, octubre de 2016

Foto: Ana María Llorente Valbuena

Dotados de recursos que en otra época estuvieron reservados a la Divina Providencia, modificaron el régimen de lluvias, apresuraron el ciclo de las cosechas, y quitaron el río de donde estuvo siempre y lo pusieron con sus piedras blancas y sus corrientes heladas en el otro extremo de la población, detrás del cementerio.

GABRIEL GARCÍA MÁRQUEZ

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La minería consiste en la extracción de objetos geológicos que se han formado en el lapso de millones de años, razón por la cual no se renuevan en las escalas humanas de tiempo, situación que tiene dos consecuencias principales: la imposibilidad de plantear la sostenibilidad de la actividad y la generación de compensaciones económicas denominadas regalías.

A causa de los desequilibrios socioculturales, económicos, ecosistémicos, geotécnicos, geoquímicos e hidrológicos, la minería ha sido reconocida como fuertemente deteriorante de la base natural existente en las zonas de explotación, situación implícitamente reconocida en la legislación ambiental colombiana, en la cual, sin excepción, todos los proyectos mineros, sin importar escala, tipo de extracción, material extraído o ubicación, requieren de licencia ambiental. Las consecuencias sociales son cada vez más evidentes, con tensiones y conflictos en la mayor parte de zonas afectadas o prospectadas para la explotación, especialmente las de cielo abierto y a gran escala (Fierro, 2014).

Cuando la actividad se desarrolla en marcos de debilidad institucional reflejada en normas omisivas, instrumentos insuficientes y en ocasiones autoridades cooptadas, y además se lleva a cabo en ecosistemas de alta biodiversidad o ecosistemas poco representados -situación que implica una alta probabilidad de extinción de especies- o en zonas afectadas históricamente por la inequidad o la violencia, se tienen los elementos propicios para configurar un riesgo inherente a la actividad y a la generación de pasivos y daños ambientales e impactos sociales que constituyen un deterioro perenne de la base natural que afecta a las generaciones presentes y, en muchos casos, a las generaciones futuras (Fierro, 2014).

1. LA MINERÍA DE CARBÓN Y SUS IMPACTOS

El Departamento de La Guajira ha sido afectado desde hace más de 30 años por la explotación minera de carbón a cielo abierto y a gran escala del Proyecto Cerrejón, el cual incluye la extracción de carbón, su beneficio (tritarlo hasta volverlo polvillo), el acopio (el del carbón y la disposición de los desechos rocosos en botaderos y como retrolenado de los tajos de extracción), el transporte por tren y el embarque del carbón en Puerto Bolívar. De allí, continúa por grandes barcos carboneros hacia Estados Unidos y Europa.

Dado que el proyecto inicia en 1980 con la declaración de comercialidad y en 1984 se extraen los primeros volúmenes de carbón, no existen estudios detallados de línea base ambiental ni local ni regional en el sentido actual de la legislación, puesto que la Ley 99 se expidió en diciembre de 1993. Por este motivo, hay deficiencias en el soporte técnico para la toma de decisiones respecto a permitir una actividad reconocida por sus muy fuertes impactos ambientales en todo el mundo (Lewis, 1906; Drake, 1931; Biesecker and George, 1965, Wentz 1974, Moran & Wentz 1974, Palmer et. al 2010, entre otros).

Epstein et al. (2011) afirman que el carbón contiene mercurio, plomo, cadmio, arsénico, manganeso, berilio, cromo y otros tóxicos y carcinogénicos. El triturado y el lavado de carbón liberan toneladas de partículas y químicos contaminando aguas y afectando la salud pública y los sistemas ecológicos. En cuanto a las aguas, algunos investigadores en Estados Unidos han encontrado elevados niveles de arsénico en aguas para consumo humano en zonas de minería de carbón, junto con la contaminación de aguas subterráneas consistentemente relacionadas con actividades de minería de carbón en áreas cercanas a instalaciones mineras. Un estudio en aguas para consumo humano en cuatro condados en Virginia Oeste encontró que la concentración de metales pesados (talio, selenio, cadmio, berilio, bario, antimonio, plomo y arsénico) excede las normas en el 25% de las muestras.

A pesar de la falta de información ambiental, en los últimos años se ha trabajado de manera preliminar y sin la posibilidad de generación de información primaria independiente, una serie de indicios respecto a impactos no previstos, impactos difusos, huellas del agua, huellas materiales, incluso en documentos construidos en el marco o para instituciones estatales como Corpoguajira (Corpoguajira - UDEA, 2014) y la Contraloría General de la República (Cabrera y Fierro, en Garay, 2013) y para otras entidades no gubernamentales, en particular sobre los efectos sobre el agua (Fierro, Cuida y Quintero, 2014) y la contaminación de aguas y de aire (Llorente, 2015).

Para el caso colombiano, los estudios más robustos sobre la megaminería a cielo abierto de carbón fueron adelantados por la Contraloría General de la República y compilados desde la perspectiva de los impactos ambientales por Fierro (2014). Allí se reconoce de manera explícita para la minería del Cesar el mismo tipo de problemáticas detectadas de manera preliminar para el Cerrejón y es que:

Los impactos ambientales no han sido reconocidos o gestionados en su totalidad o su evaluación y manejo son deficientes, por lo cual se puede afirmar que se están constituyendo pasivos y daños ambientales. Aún más, sobresale el carácter difuso y acumulativo de los impactos sobre el agua y el aire, la falta de línea base ambiental y de un seguimiento adecuado de cuerpos de agua, aire, vegetación, fauna y, lo que es más grave, sobre la salud de los pobladores.

2. LA PROBLEMÁTICA DE LOS INSTRUMENTOS AMBIENTALES

En el contexto planteado, los instrumentos ambientales se convierten en meras formalidades sin contenido, los estudios ambientales se escriben en un lenguaje excluyente para el gran público, lo cual podría resolverse con resúmenes ejecutivos que sean claros para un lector medio, pero no es el caso. Los datos contenidos en los informes de cumplimiento ambiental son poco sistemáticos y contienen cifras anómalas, situación aparentemente no detectada por las autoridades de control y seguimiento ambiental, con visitas de seguimiento y emisión de conceptos técnicos y de actuaciones jurídicas de la ANLA probablemente insuficientes y omisivas.

Las licencias y permisos se convierten en patentes de corso para permitir daños y configurar pasivos ambientales, dados los impactos no identificados o identificados y no gestionados o gestionados de manera totalmente inadecuada. Las empresas han remitido datos que muestran anomalías y omisiones, lo cual las constituiría en corresponsables por los impactos no gestionados, los daños irreversibles e irreparables y los pasivos ambientales que involucran la salud humana y la de los ecosistemas, lo cual ya ha sido abordado desde la perspectiva jurídica por Santacoloma y Negrete (2014).

La centralidad de los estudios ambientales en las normas colombianas se da en función de que facultan que los proyectos se lleven a cabo. El propio Código de Minas vigente (Ley 685 de 2001) establece en su artículo 197 que solamente el cumplimiento cabal de las normas ambientales constituye el derecho a explotar minas. En los proyectos mineros anteriores a la expedición de la Ley 99 de 1993, como es el caso de Cerrejón, la centralidad de los estudios es si se quiere mayor, puesto que el establecimiento del Plan de manejo ambiental (PMA) presentado por la empresa (previa aprobación, así esta palabra no sea usada en el marco legal) constituye el permiso para continuar con las actividades del proyecto.

Por ello la insistencia en evaluarlos a profundidad para detectar omisiones que pueden constituir daños y pasivos ambientales por impactos no detectados o detectados/no gestionados. Los pasivos ambientales se entienden como deudas dejadas por los empresarios a las comunidades y al Estado por la no gestión de los impactos que llevan a problemas de contaminación y salud pública en un largo plazo, mucho mayor que la duración del proyecto minero (para mayor información sobre este tema desde una perspectiva técnica, Fierro & López, 2014) y daño ambiental como las afectaciones en la función ecosistémica o en la renovabilidad de sus componentes (Henao, 2007; Castañón del Valle, 2006; Fierro & López, 2014), con base en lo cual se plantea que los impactos no gestionados se constituyen en pasivos/daños ambientales, incluso cuando ellos han sido permitidos con el licenciamiento ambiental o con las autorizaciones ambientales como los Planes de Manejo Ambiental, lo cual es el argumento típicamente usado por las empresas o sus abogados.

Este documento demuestra que en primer lugar los estudios ambientales remitidos por la empresa para permitirles avanzar en el proyecto minero y que son la base técnica para la toma de decisiones de autorización ambiental son omisivos y deficientes en aspectos clave como el ciclo hidrológico y la composición de las rocas que son desechadas y dispuestas en cantidades gigantescas como botaderos de manera perpetua en el territorio. En segundo lugar, que el control por parte de las autoridades ambientales (ANLA y Corpoguajira) es casi inexistente y que a pesar de recibir información con indicios de anomalías o distorsiones que pueden indicar la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, la actuación de las autoridades y en particular de las ambientales (particularmente la ANLA) se ha limitado a recibir documentos de la empresa minera sin efectuar ningún análisis. De dichos documentos, en particular de los Planes de Manejo Ambiental (de aquí en adelante PMA) se tomará la mayor parte de la información de base para este documento.

CAPÍTULO II. LA DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE EXPLOTACIÓN MINERA DEL CERREJÓN Y SUS FASES¹

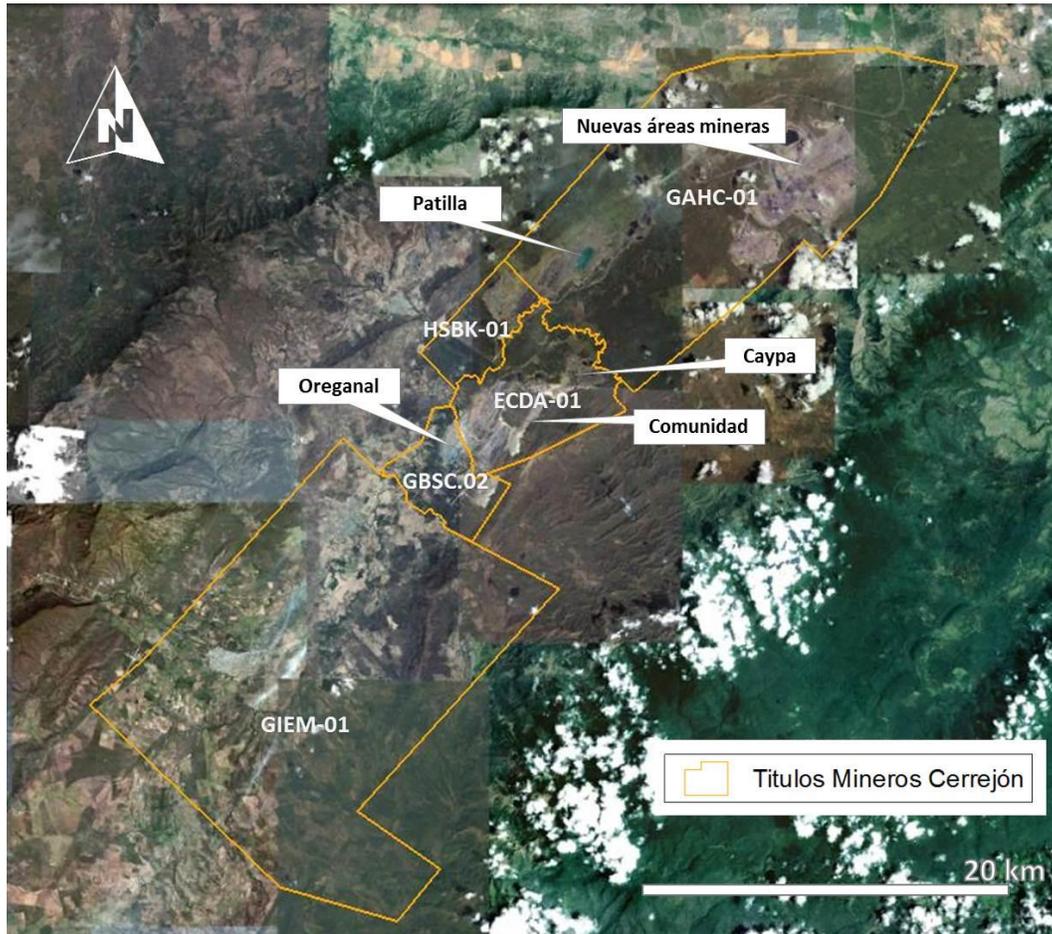


FIGURA 1. TÍTULOS DEL PROYECTO MINERO CERREJÓN. TOMADO DE GOOGLE EARTH 2010 Y CATASTRO MINERO 2012 (FUENTE: FIERRO, QUINTERO & CUIDA, 2014)

El proyecto Cerrejón está ubicado en la cuenca del Río Ranchería abarcando parte de los municipios de Barrancas, Hatonuevo y Albania en el departamento de La Guajira al extremo norte colombiano. Comprende un área minera de más de 69.000 hectáreas correspondientes a la suma de los títulos mineros otorgados a Cerrejón, lo que implica un futuro potencial de afectación directa. Además cuenta con un ferrocarril de uso privado que recorre 153 km desde el complejo carbonífero hasta el puerto marítimo Puerto Colombia el cual recibe buques de hasta 180.000 toneladas de capacidad (www.cerrejon.com). Los operadores desde el año 2001 son tres empresas extranjeras a partes iguales: BHP Billiton, Angloamerican y Xstrata (recientemente fusionada con Glencore). Anterior a ello, el Estado tuvo el 50% del control del proyecto a través de Carbolcol, en convenio con la empresa Exxon. Los precios internacionales del carbón fueron el motivo que se argumentó para la venta de los activos estatales.

¹ Modificado de Fierro, Cuida y Quintero (2014). Minería de carbón y oro y su relación con el agua: impactos, consumo y aproximaciones al costo social. Informe de Foro por Colombia.

TABLA 1. ÁREAS DE LOS TÍTULOS MINEROS DE CERREJÓN A 2013. FUENTE: FIERRO, QUINTERO & CUIDA, 2014

Código RMN de Título	Área (ha)
GAHC-01	25.431
067-2001	2.239
ECDA-01	5.332
GBSC-02	2.492
GIEM-01	34.183
TOTAL	69.677

El proceso minero contó con una fase de exploración que se desarrolló desde 1977 hasta 1980 en el área de El Cerrejón Zona Norte. Ya definida la factibilidad económica del proyecto (1980) se inicia el montaje de la infraestructura necesaria para el desarrollo del mismo. En el caso de Cerrejón se adecuaron vías externas que comunican las minas con los centros poblados más cercanos (Barrancas, Hatonuevo y Albania) y dentro del complejo se *“presenta una red de vías internas de tajos y perimetrales, a través de las cuales se realiza la conexión de estos con los botaderos de estériles y el patio de acopio de carbón, conformadas sobre materiales de afirmado y estériles extraídos del propio proyecto, con una banca promedio de 18 m de ancho”* (Cerrejón, 2006). Como se comentó, también se construyó una línea férrea que cuenta con un tren de 562 vagones y un puerto marítimo en Bahía Portete (Puerto Bolívar) (www.cerrejón.com). Adicionalmente se construyeron instalaciones administrativas, base militar, almacenes, depósitos, talleres, ciudadelas e instalaciones anexas las cuales, según el PMA del Proyecto Minero Cerrejón Centro, del 2006 para la fecha *“se encuentran distribuidas en la parte central de la mina, ocupando un área total de 40.000 m², la mayor parte de la cual (15.000 m²) corresponde a la zona de estacionamiento de equipos”*.

La fase de explotación se inicia con la remoción de vegetación y suelo que se encuentra sobre la zona de minado afectando parcial o completamente ecosistemas que allí se hallan. Además en Cerrejón, como en muchos otros megaproyectos mineros, se dio uno de los reasentamientos más visibles en el país en los últimos años: en agosto del 2001 la comunidad de Tabaco, corregimiento del municipio Hatonuevo, fue expropiada de sus terrenos por motivos de utilidad pública, por lo tanto Cerrejón (en ese entonces Intercor) *“de forma violenta propició un ataque armado a la comunidad, con el apoyo de policías y civiles, cumpliendo de esta manera con el desalojo y destrucción de las viviendas y demás propiedades muebles e inmuebles”* (González, 2011).

Luego de la remoción de vegetación y suelo *“se procede a retirar todo el material que cubre los mantos de carbón, generalmente las rocas Terciarias están bajo los depósitos aluviales cuaternarios que alcanzan un espesor máximo de 10m, este tipo de material se presenta poco consolidado lo que permite su corte, extracción y carga con la utilización de retroexcavadoras o palas mecánicas, la lixiviación de carbonato de calcio puede aumentar la resistencia de estos depósitos y hace necesaria la utilización de la herramienta “ripper” de las topadoras de orugas. El horizonte de meteorización en las rocas Terciarias que no están cubiertas por depósitos aluviales puede superar los 10m, se caracteriza por la tonalidad amarilla que adquieren las areniscas, limolitas y arcillolitas, y la degradación total o parcial de los mantos de carbón, la resistencia de este horizonte hace necesaria la utilización de voladuras”*. En cuanto a la remoción de la roca: *“estas son fracturadas mediante voladuras controladas en las cuales se utiliza una mezcla de nitrato de amonio y ACPM, denominada ANFO (amonium nitrate - fuel oil), como explosivo principal, y detonantes de diferentes tipos; para luego proceder a su extracción con excavadoras y*

disposición final en los botaderos o depósitos de estériles” (Cerrejón, 2006). Estos desechos de roca son cargados en camiones 320 y 240 toneladas para ser llevados a botaderos que alcanzan hasta 70 metros de altura. Teniendo en cuenta la composición litológica de la Formación Cerrejón, unidad de la cual se extrae el carbón, los principales materiales que conforman estos botaderos son lodolitas, con una cantidad menor de areniscas (Cerrejón, 2006). No obstante lo anterior, también se encuentran restos de carbón provenientes de capas de espesor menor de 90 cm, los cuales no son recogidos como producto.

Una vez se llega a las capas de carbón que posean un espesor suficiente, cargadores frontales y palas hidráulicas entran a los tajos y cargan el carbón el cual luego es llevado en camiones de 190 toneladas hacia los patios de acopio o las maquinas trituradoras (www.cerrejon.com). Sin embargo, debido a las características del carbón que es extraído, éste debe ser pasado primero por una lavadora de carbón (Expediente 544 ANLA) para luego ser apilado. Finalmente, el carbón previamente irrigado es cargado a los vagones del tren, para recorrer 153 kilómetros hasta Puerto Bolívar y ser embarcado en los buques.

De acuerdo con lo expuesto por Cabrera & Fierro (en Garay, 2013), del Cerrejón se han extraído para su exportación más de 500 millones de toneladas de carbón (el cálculo es desde 1990 hasta 2011), lo cual involucra una huellas materiales, huellas sobre el agua y profundas huellas socioeconómicas y culturales, particularmente cuando el proyecto se desarrolla en territorios con fuerte presencia indígena.

Otro aspecto fundamental a considerar es el uso del agua por parte del proyecto. Fierro, Cuida y Quintero (2014) establecieron que con base en las resoluciones de Corpogujaira, son de más de 24 millones de litros al día, distribuidos así:

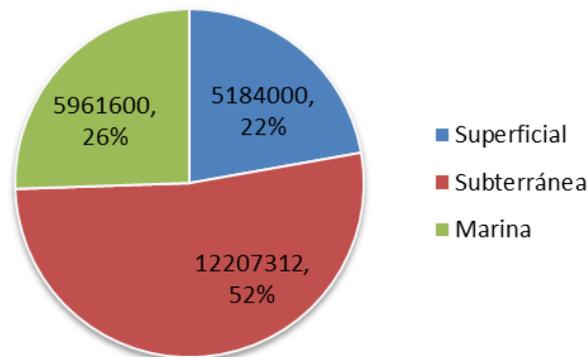


FIGURA 2. VOLUMEN (L) Y PORCENTAJE DE AGUA CAPTADO AL DÍA. FUENTE: FIERRO, QUINTERO & CUIDA, 2014

No obstante lo anterior, la revisión detallada llevada a cabo en ese documento permitió estimar un valor aproximado de consumo de agua diario en el Complejo Carbonífero Cerrejón el cuál es 34.903 m³. Este valor es calculado a partir de la compilación de los datos más recientes o en su defecto de los únicos datos reportados para algunas actividades; igualmente existen varias incertidumbres debido a falta de información que debe ser reportada por la empresa como periodicidad de ejecución de las actividades, funcionamiento continuo o por periodos de maquinaria o equipos, especificar a qué tipo de consume corresponden los en algunas actividades de la mina, entre otras. Es necesario que la empresa minera reporte los datos reales de consumo de agua en cada una de las actividades desarrolladas allí para poder calcular con mayor precisión

el consumo total de agua en todo el complejo (incluyendo puerto y ferrocarril y sus implicaciones ambientales).

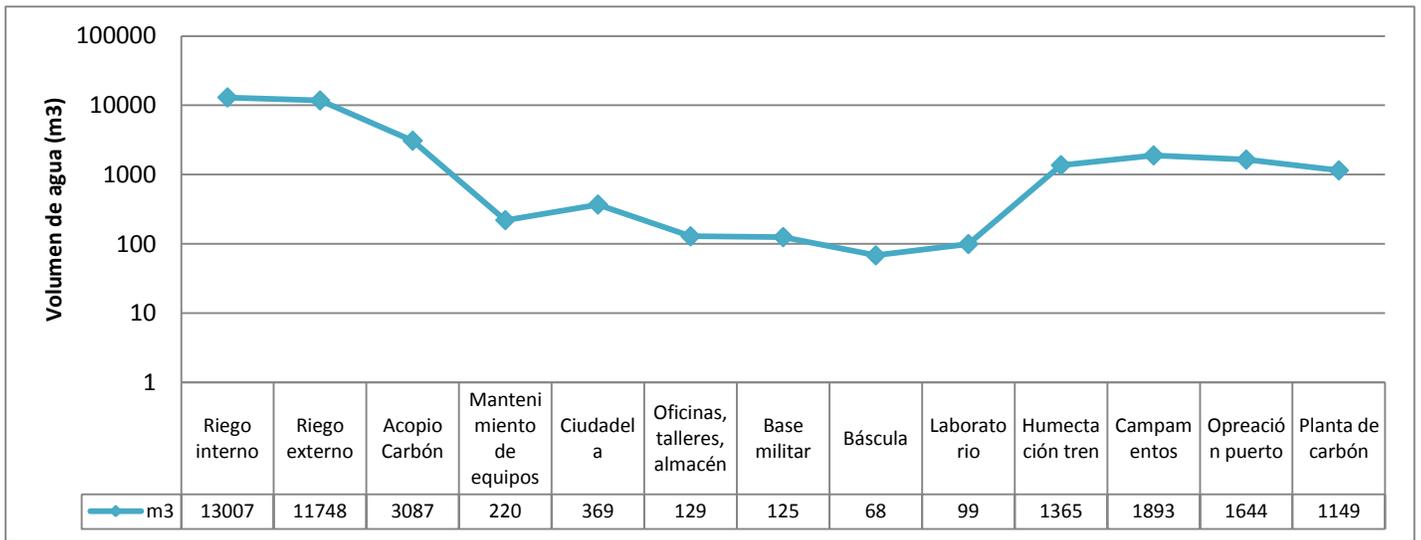


FIGURA 3. CONSUMO DE AGUA DIARIO EN CERREJÓN. TOMADO DE FIERRO, QUINTERO & CUIDA, 2014

Adicional al gran volumen de agua captado, analizar la temporalidad de los consumos del proyecto minero permite demostrar el conflicto por uso de agua entre consumo humano y ecosistemas versus el consumo del proyecto minero (Figura 4), donde es evidente que en los momentos en que las lluvias son muy escasas o inexistentes (diciembre, enero y febrero) los consumos son muy altos.

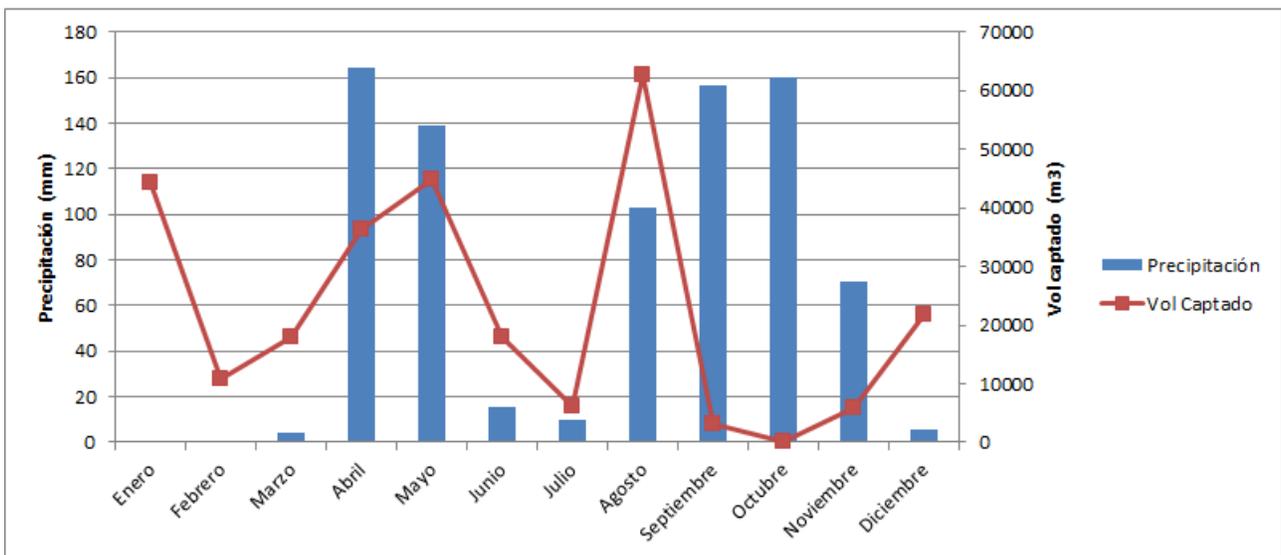


FIGURA 4. GRÁFICA DE PRECIPITACIÓN VS VOLUMEN DE AGUA CAPTADO. TOMADO DE FIERRO, QUINTERO & CUIDA, 2014

A continuación se presentan datos presentados por Cerrejón en el documento de modificación del PMAI para el proyecto P40 donde recopilan los consumos de agua (en litros/segundo) desde el año 2006 a 2012 de acuerdo con la información reportada en los respectivos ICA.

TABLA 2. CAPTACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS DEL AÑO 2006 A 2012.

FUENTE: CERREJÓN – INGETEC, 2014)

FUENTE		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Superficial	Río Ranchería y arroyos Bruno y Tabaco (l/s)	94,8	61,6	35,2	52,5	52,5	54,2	33,2
	Escorrentía, lagunas y sumideros (l/s)			35	35	35	59,4	87,4
Subterránea	Acuífero Aluvial (l/s)	25,5	21,7	30,6	31,5	31,5	14,7	8,6
	Pozos de despresurización (l/s) (aguas acuífero rocoso)		36,2	91,3	96	96	85	100,6
TOTAL		120,3	120	192	215	215	213	229,8

Los datos permiten ver como el requerimiento de agua por parte de Cerrejón tiende a incrementar por lo menos en el periodo de tiempo evaluado. En el 2006 sus fuentes de captación se restringían al río Ranchería y arroyos Bruno y Tabaco para aguas superficiales, y el acuífero aluvial (acuífero Fonseca) para aguas subterráneas. Desde el 2007 – 2008 iniciaron las captaciones desde pozos de despresurización y otros cuerpos de agua superficial.

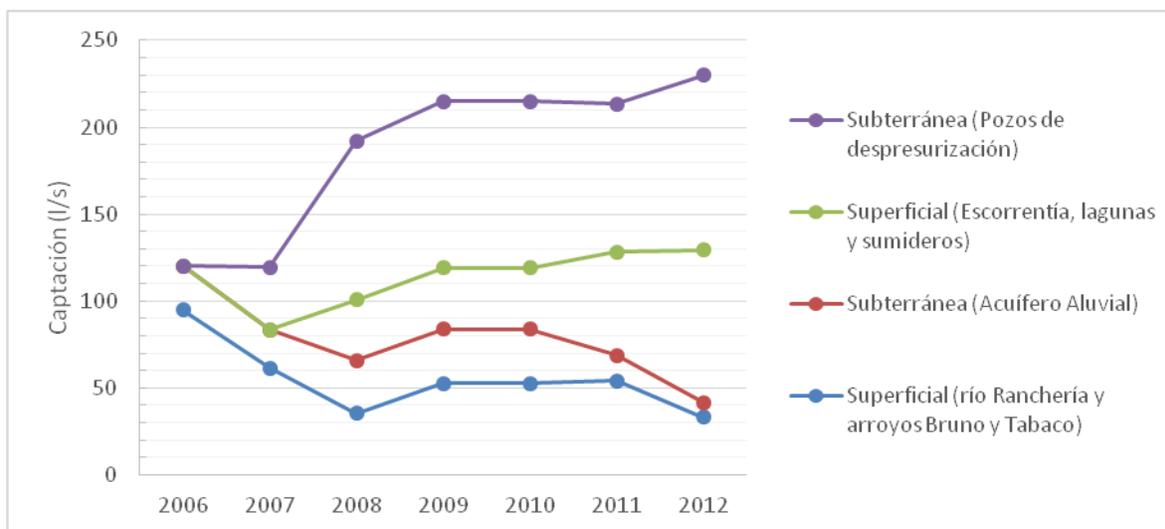


FIGURA 5. CAPTACIÓN ACUMULADA DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS DEL AÑO 2006 A 2012.

ELABORACIÓN PROPIA CON INFORMACIÓN DE CERREJÓN – INGETEC, 2014)

La Figura anterior corresponde a una gráfica acumulada lo que significa que para cada año se muestran los valores de captación de cada fuente (identificados por colores) apilados de tal forma que se van sumando. En esta se observa como la captación desde pozos de despresurización y otros cuerpos de agua superficial van incrementando, sin embargo permanecen las captaciones desde el acuífero Fonseca y el río Ranchería y arroyos Bruno y Tabaco.

El incremento de consumo de agua por parte de Cerrejón genera aún más presión sobre la región, el territorio y el sistema hidrológico, teniendo en cuenta ya que las fuentes de agua para consumo humano y demás actividades son limitadas y escasas. De manera adicional, **en el marco de la**

ejecución del proyecto P40, el aumento de consumo de agua se incrementa aún más, intensificando la problemática por fuentes hídricas que actualmente se vive en la región.

A partir del máximo índice histórico de consumo de agua por tonelada de carbón producido obtenido entre el 2006 y 2012, Cerrejón realizó proyecciones del consumo de agua para la producción actual de carbón (35 millones de toneladas por año) y para el escenario de ampliación con el proyecto P40 (41 millones de toneladas por año).

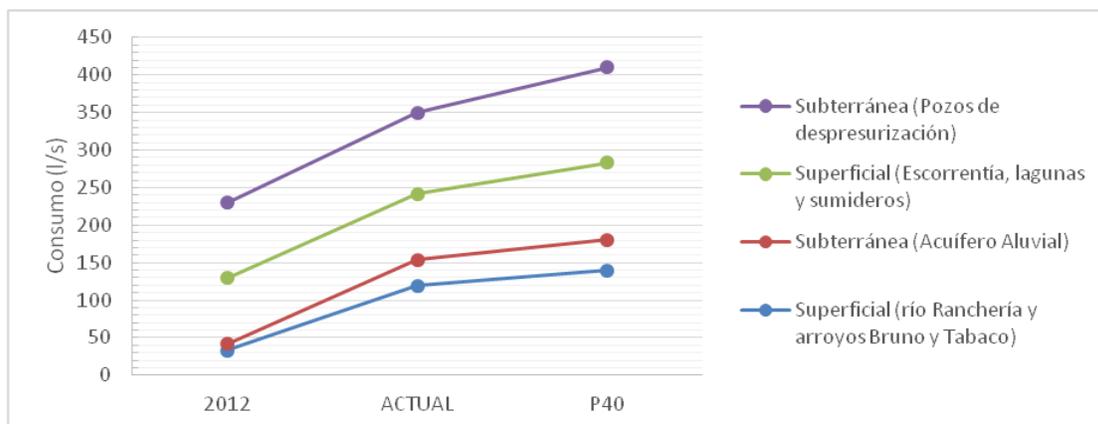


FIGURA 6. CAPTACIÓN ACUMULADA DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS DEL AÑO 2012 Y PROYECTADAS CON EL MAYOR ÍNDICE DE CONSUMO PARA LA PRODUCCIÓN ACTUAL DE CARBÓN Y LA PRETENDIDA EN EL PROYECTO P40.
ELABORACIÓN PROPIA CON INFORMACIÓN DE CERREJÓN – INGETEC, 2014)

CAPÍTULO III. LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL PROYECTO CERREJÓN Y DE LA AMPLIACIÓN EN PARTICULAR

Dado el carácter complejo de la megaminería, en este documento se separan las afectaciones analizadas en la extracción, el cargue en el puerto y en el territorio afectado por la extracción a posteriori de la actividad minera (post-minería).

La zona minera de Cerrejón en la cuenca media del Río Ranchería está conformada actualmente por cinco áreas denominadas Nuevas Áreas Mineras – NAM (La Puente y Tabaco), Patilla, Caypa (CCC), Comuneros (o Comunidad) y Oreganal. Vale la pena destacar que el área minera de Caypa se encuentra dentro del subcontrato del título minero de Comunidad a nombre de Cerrejón, sin embargo según el catastro minero a julio de 2015 el costado oriental de esta mina (aproximadamente 30% del área intervenida) se encuentra dentro del contrato minero GEOA-01 a nombre de SAAB MAQUINARIA y BRIDGE COALD LTDA.

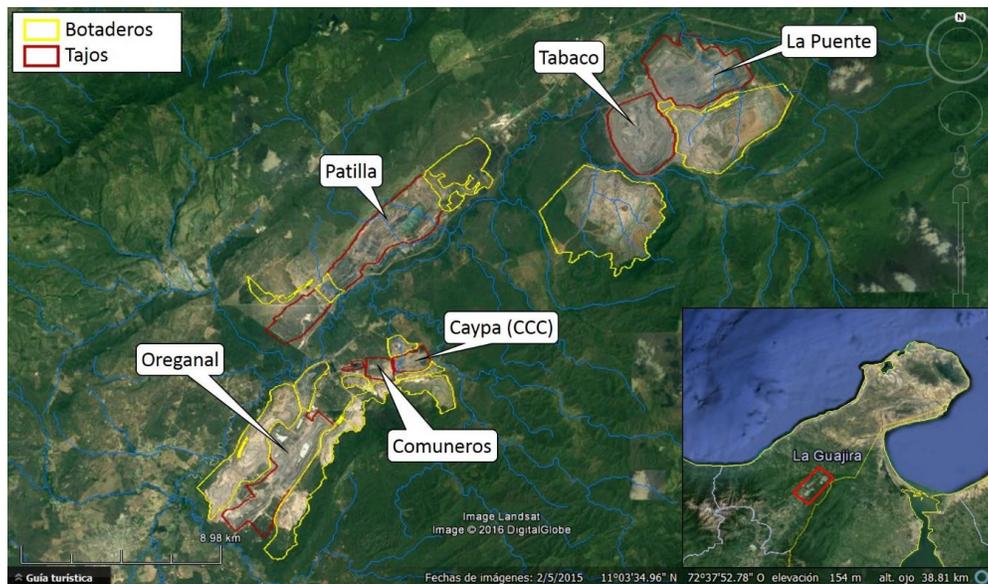


FIGURA 7. IDENTIFICACIÓN DE TAJOS Y BOTADEROS EN LA ZONA MINERA DE CERREJÓN A 2015.

ELABORACIÓN PROPIA. FUENTE: CERREJÓN – INGETEC, 2014; INTERPRETACIÓN PROPIA DE CURVAS DE NIVEL DE CERREJÓN – INGETEC, 2014; SOBRE IMAGEN SATELITAL DE GOOGLE EARTH DE MAYO DE 2015.

Con base en los anexos cartográficos entregados por Cerrejón en el marco de la modificación del PMAI para la ejecución del proyecto P40, se tomaron los polígonos de tajos y botaderos del año 2015 (se debe aclarar que no se tomaron los de 2016 ya que el año aún no termina y no podemos asegurar que el escenario planteado en esos polígonos sea el real).

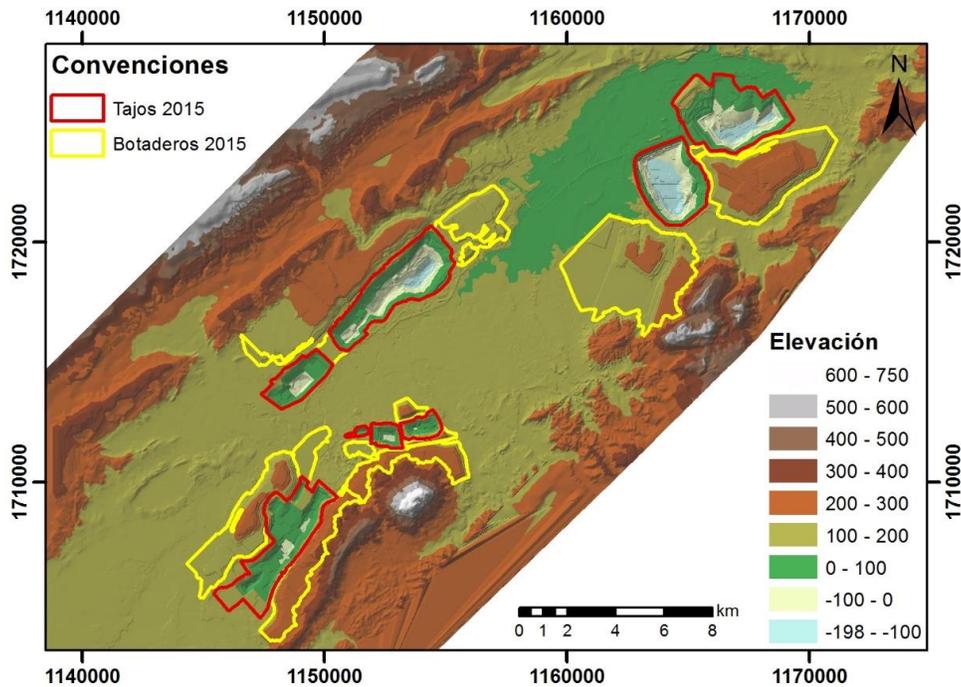


FIGURA 8. TIN (RED DE TRIANGULACIÓN IRREGULAR) A PARTIR DE CURVAS DE NIVEL A 2015. NÓTESE QUE LOS TONOS AZUL CLARO Y BLANCO HUESO EN LOS TAJOS CORRESPONDEN A VALORES DE ALTURA NEGATIVOS, ES DECIR POR DEBAJO DEL NIVEL DEL MAR. ELABORACIÓN PROPIA CON BASE INFORMACIÓN DE CERREJÓN – INGETEC, 2014.

Adicionalmente se tomó la topografía para el año 2015 a partir del cual se generó un TIN (Red de triangulación irregular) el cual permite identificar con mayor facilidad zonas altas o zonas de depresiones. Esto permitió delimitar la zona de tajo y botadero de Caypa (CCC) ya que esta no estaba considerada en la cartografía inicial. Además, con ayuda de imágenes de años anteriores de Google Earth, se delimitó un botadero de la zona de Patilla que tampoco se encontraba inicialmente.

1. IMPACTOS AMBIENTALES DE LA EXPLOTACIÓN

La extracción minera del carbón a cielo abierto implica remover todos los objetos geológicos y ecosistémicos que estén sobre el carbón, así como a las comunidades humanas. La profundidad máxima del carbón extraído es cercana a los 320 metros, aunque esas profundidades son variables y dependen de la configuración geológica del subsuelo, donde las capas de roca y carbón se doblan y se rompen generando una gran complejidad en cuanto a profundidades e inclinaciones.

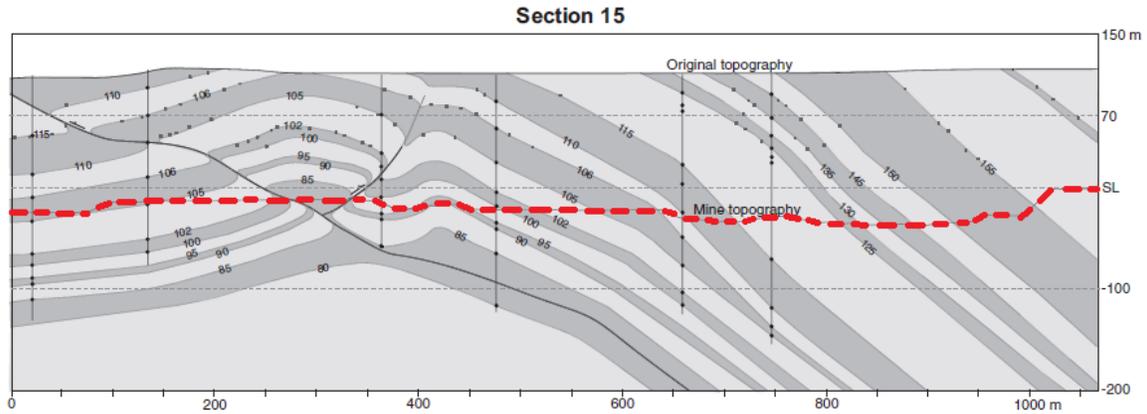


Fig. 4. Vertical cross sections 6 and 15 in Fig. 3. In both sections, the original and excavated topography are shown. The interpretation of coal seams (ID numbers as in Fig. 2) and major thrusts is constrained by exploration boreholes (vertical lines with filled circles at coal seams intersections), and shorter blasting boreholes (squares at coal seams intersections).

FIGURA 9. SECCIÓN VERTICAL A TRAVÉS DEL ÁREA MINERA, NÓTESE LOS NIVELES DE CARBÓN NUMERADOS Y LA LÍNEA ROJA QUE REPRESENTA LA TOPOGRAFÍA DE MINA EN COMPARACIÓN CON LA TOPOGRAFÍA ORIGINAL (MODIFICADO DE CARDOZO, 2016).

Dado el carácter geocientífico de los investigadores del Grupo Terrae y de la Corporación Terrae, enfocaremos en el impacto que se genera por la remoción y disposición de materiales geológicos y su relación con las aguas, lo cual no obsta para expresar que grandes áreas de ecosistemas secos tropicales, los cuales son muy vulnerables por estar poco representados en el país (la acción de los seres humanos sobre ellos ha sido muy fuerte en casi toda Colombia) han sido removidos o sepultados por acción del proyecto Cerrejón (Figura 9) de manera completamente irresponsable, a pesar de que justamente en este momento la necesidad de conservar estos ecosistemas son parte de la discusión mundial en la conservación.

Recientemente específicamente en el año 2006 la Red de Bosques Secos Tropicales de Latinoamérica y el Caribe (DRYFLOR) realizó una investigación para los ecosistemas de bosque seco desde México hasta el sur de Brasil. Considerando las relaciones ecológicas entre espacios geográficos identificaron 12 grupos florísticos. Para el caso del área de interés, los bosques secos de la Guajira comparten características biológicas con aquellos ubicados en América central y el norte de América del sur. El estudio demuestra que, a diferencia de otros ecosistemas como los bosques de la Amazonía, en los bosques secos existentes en el área de estudio se evidencia una variación alta en la composición florística entre los 12 grupos geográficos, lo cual indica altos niveles de endemismos y por ende una fuerte dinámica de recambio de especies. Lo anterior sugiere que la falta de medidas de protección sobre estos ecosistemas en cada una de las áreas o grupo identificados podría resultar en una gran pérdida de diversidad de especies únicas. Por lo tanto urgen medidas de conservación efectivas para la diversidad de especies de estos ecosistemas altamente fragmentados y que actualmente siguen amenazados por diferentes actividades humanas a gran escala (DRYFLOR 2006).

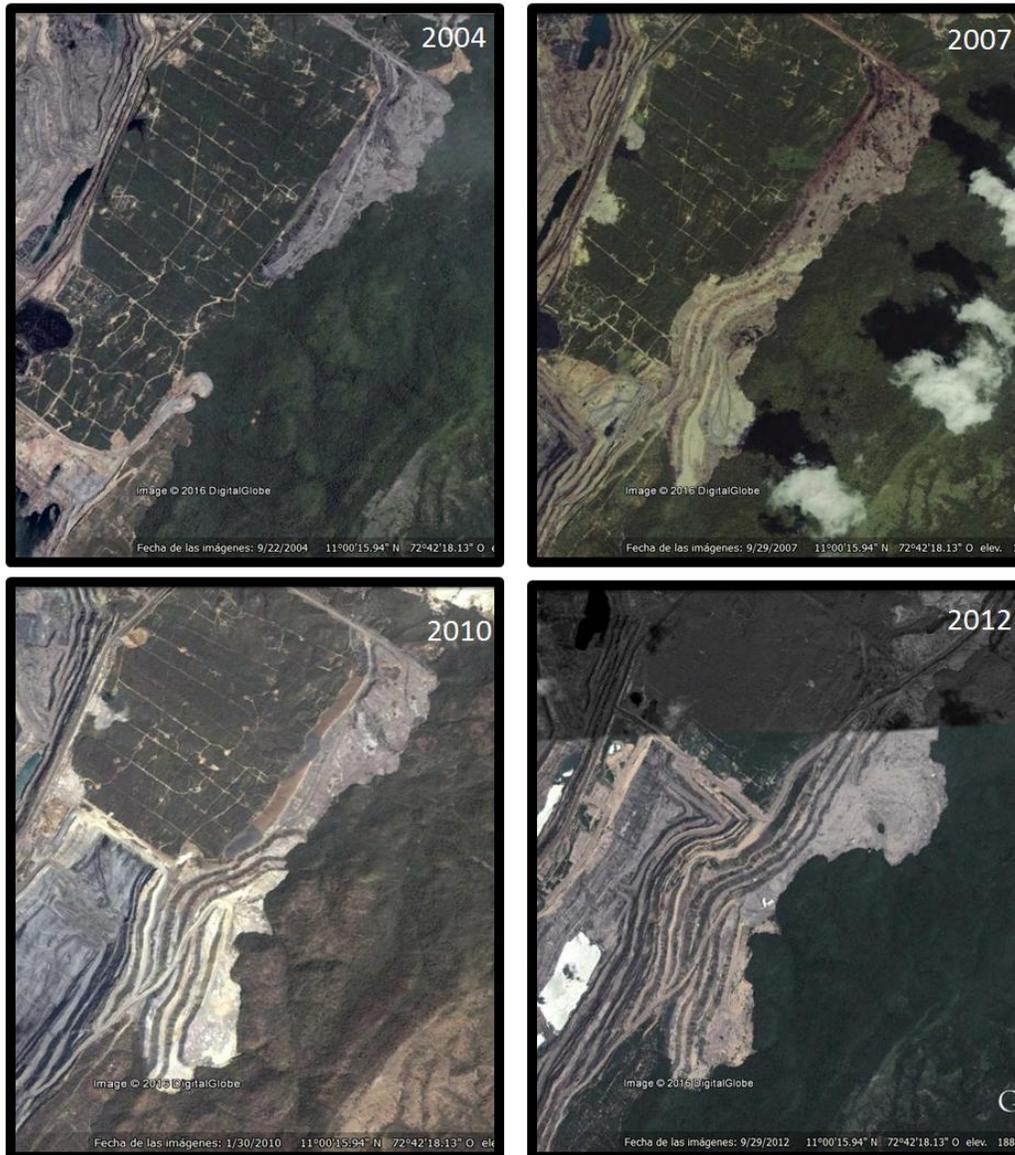


FIGURA 10. SEPULTAMIENTO DE ECOSISTEMAS SECOS TROPICALES CON BOTADEROS MINEROS EN EL TAJO OREGANAL POR PARTE DE CERREJÓN. ELABORACIÓN PROPIA, SOBRE IMAGEN SATELITAL DE GOOGLE EARTH 2004 - 2012

Tampoco se abordarán temas de alta importancia como el desplazamiento forzado Wayuu y de otras comunidades afrodescendientes y campesinas, las cuales han sido obligadas a dejar sus territorios y sus lugares sagrados (los cementerios para los Wayuu) para dar paso al proyecto minero. No obstante, vale la pena recordar las posibles irregularidades en que incurrieron las empresas trasnacionales que conforman El Cerrejón cuando pretendieron correr en casi 30 km el río Ranchería, estableciendo acuerdos leoninos con las comunidades indígenas de la media Guajira, cambiando el río, los acuíferos y 500 millones de toneladas de carbón por chivos e hilos.

1.1. Impacto sobre las aguas subterráneas

Es necesario destacar antes de abordar este ítem que **Cerrejón no ha remitido dentro de los estudios para la evaluación del proyecto de ampliación P40 el estudio hidrogeológico del arroyo Bruno**, a pesar de que desviar de manera definitiva este importante curso de agua es una condición sin la cual no es posible iniciar el proyecto de expansión.

En este numeral se separan afectaciones en acuíferos y en las aguas subterráneas que estos objetos geológicos contienen o pueden contener. Los acuíferos pueden entenderse como grandes esponjas geológicas de infiltración/almacenamiento/flujo de agua las cuales van a llenarse dependiendo de las condiciones climáticas del lugar donde se encuentran como régimen de precipitación, evapotranspiración, entre otros. La capacidad de almacenamiento de un acuífero va a depender del volumen de espacios vacíos que haya en éste, lo cual se conoce como porosidad, sin embargo es importante también que estos espacios se encuentren conectados entre sí para que el agua que allí se encuentre pueda moverse dentro del material. Teniendo en cuenta estas características se puede afirmar que los depósitos recientes de ríos y demás cursos de agua son acuíferos importantes ya que al ser materiales inconsolidados su porosidad es esta en un rango de 28 a 60 % dependiendo del tamaño de los fragmentos que lo componen (Hamill & Bell, 1986 en Singhal & Gupta 2010).

Es necesario centrarse en la definición de los acuíferos, que en un sentido ecosistémico pueden ser definidos como los objetos geológicos (rocas o suelos) que permiten que el agua los infiltre y que se mueva a través de ellos, algunos de manera relativamente rápida. Para Fierro & López (en Garay 2014), los acuíferos son capas de roca o depósitos o zonas de roca muy fracturadas que permiten la entrada, la acumulación y el flujo rápido de aguas en escala de tiempo de la vida humana (1×10^{-1} a 1×10^{-6} m/seg)., lo cual significa que en una vida humana promedio el recorrido del agua subterránea entre el acuífero con estas velocidades de flujo puede ser de miles de kilómetros, mientras que los acuitardos lo son en escalas de tiempo ecosistémica, puesto que permiten la entrada, acumulación y el flujo de aguas en velocidades considerables en tiempos ecosistémicos (1×10^{-6} a 1×10^{-12} m/seg). La más baja velocidad de flujo mostrada permitiría que una gota de agua avanzara cerca de 100 km en 10.000 años.

Las aguas subterráneas son las contenidas en los acuíferos, tanto en los poros (en el caso de los depósitos de ríos o aluviales, como en las fracturas, las cuales se relacionan con la deformación tectónica y que incluyen fallas y diaclasas).

1.1.1. Incertidumbres y omisiones en la información geoambiental con la cual se tomaron las decisiones de autorizaciones ambientales

Esta incertidumbre sobre el efecto de las fallas geológicas en los modelos de acuíferos del Cerrejón sigue siendo falta al Principio de Precaución, en razón a su relación con el agua y los ciclos hidrológicos para toda la zona afectada. En la modificación del Plan de Manejo Integral (PMAI en lo sucesivo) por el Proyecto P40 (Cerrejón – Ingetec, 2014) la deficiencia y las omisiones este ítem se pueden evidenciar en la incoherencia entre las caracterizaciones de las fallas geológicas y su ausencia en los modelos hidrogeológicos:

Las tres fallas principales que definen el depósito de carbón son la falla Ranchería, la falla de Oca y la falla Cerrejón (Figura 4.2-3). Falla Ranchería duplica el depósito (norte y sur), es una falla de rumbo con desplazamiento hacia la izquierda, con un desplazamiento horizontal de más de cinco kilómetros. La Falla de Oca es parte del cinturón de deformación del Caribe del sur y tiene una tendencia E-W. La falla de Cerrejón es una

estructura de escala de empuje de corteza, que empuja las rocas de edad Cretácico sobre rocas Paleoceno - Eoceno y define el borde de la Serranía del Perijá.

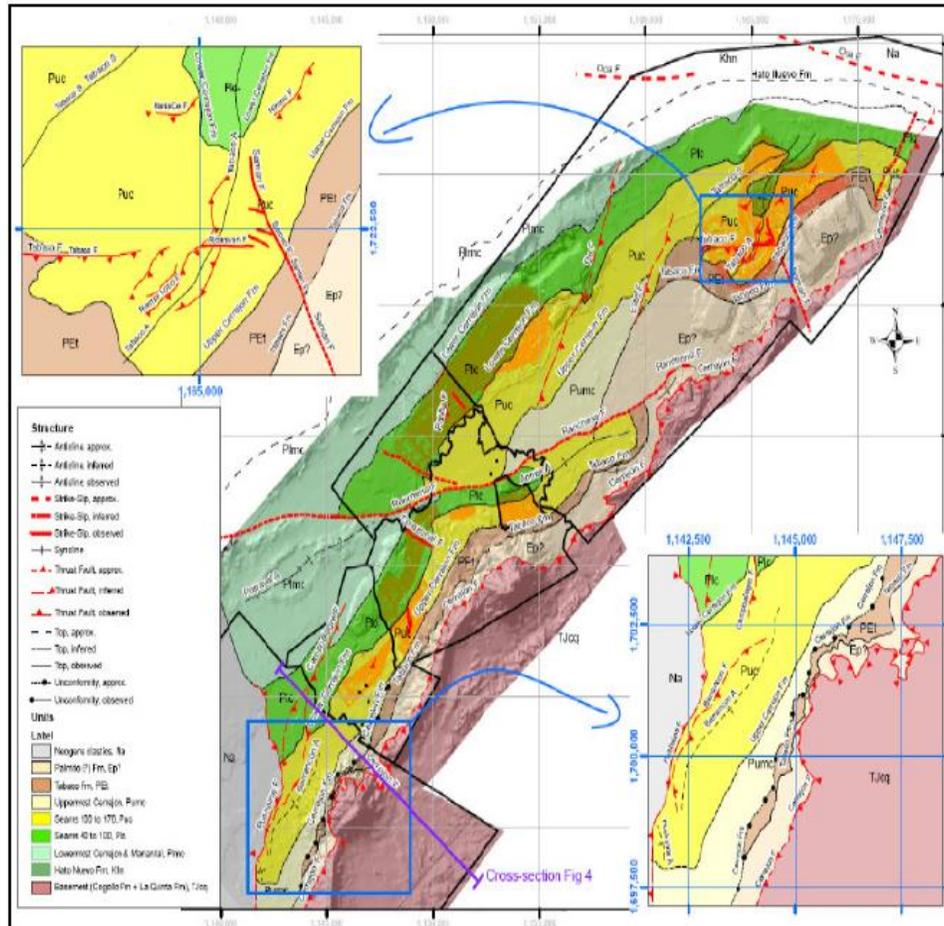


Figura 11. Figura 4.2-2. Geología estructural del depósito carbonífero El Cerrejón, mostrando las falla principales en el depósito, tal como la Falla de Oca, Falla Cerrejón y Falla Ranchería

Otros grandes sistemas de fallas han sido reconocidos durante la exploración y la cartografía geológica dentro de los tajos, entre los que se incluyen el sistema de fallas Campoalegre, Falla D, Falla Este, Falla Tabaco, Rampade Lobo, Samán, Corazonal, Pit 100 y el sistema de fallas del tajo La Puente (Figura 4.2-4). En el numeral a continuación se describen las más importantes; posteriormente se presentan los pliegues y discontinuidades. (Subrayados fuera de texto)

4.2.1.3 Geología estructural del área de influencia directa

4.2.1.3.1 Fallas

La zona de estudio se localiza en el extremo norte de la cuenca del Cesar – Ranchería y las estribaciones occidentales de la Serranía de Perijá, donde se han identificado las Fallas de Cerrejón, Papayal y Sarahita, el sinclinal de Palomino y la discordancia que pone en contacto las Formaciones La Quinta y Cogollo. En estas descripciones se incluye la falla de Oca, la cual constituye el límite norte de la cuenca del Cesar – Ranchería, por su importancia desde el punto de vista sismotectónico.

- *Falla de Oca*

Es una falla de rumbo dextro-lateral y normal de alto ángulo, orientada en la dirección E-W. (...) Es catalogada como una falla activa con una tasa de movimiento de 0,2 mm/año - 1,0 mm/año (Paris G., Machette M., Dart R. y Haller K; 2000).

- *Falla Cerrejón*

Es una falla con dirección NE-SW, de bajo ángulo (...) En la zona del embalse de compensación del río Palomino, la falla Cerrejón está orientada en la dirección general NS a N14ºE, con buzamiento suave de 7º a 10 al SE. (...) Esta falla se considera inactiva, sin fuentes sismogénicas asociadas.

En las márgenes del río Palomino se identificó una zona de brecha muy restringida, correspondiente a esta falla, la cual desplaza las rocas de la Formación Cogollo sobre las rocas de la Formación Cerrejón (Figura 4.2-5). En el sector definido como sitio de presa se ejecutaron perforaciones y exploraciones de superficie que permitieron establecer la presencia de la falla de Cerrejón. (...)

- *Falla de Ranchería*

(...) es de tipo rumbo dextral y ángulo alto, con su flanco SE levantado. (...) De acuerdo con estudios sísmicos realizados por Cerrejón, la Falla de Ranchería puede ser trazada al menos 5.000 m por debajo de la superficie. (...)

- *Falla de Papayal*

Es una falla inversa con orientación NE-SW, que se desprende de la Falla de Ranchería en el sector de Patilla. El lineamiento de esta falla está cubierto por depósitos recientes.

- *Falla de Corazonal*

Se localiza en el extremo suroriental del área y se extiende con dirección SE-NW desde el sur del Cerro Cerrejón, afectando la falla de Cerrejón, hasta terminar contra la falla de Ranchería, donde al parecer es desplazada, para continuar con la misma dirección tomando el nombre de falla del arroyo Paladines. En la depresión del Cerro Cerrejón - Cuchilla de Palmarito, la falla de Corazonal está acompañada por varias fallas menores paralelas.

- *Falla de Sarahita*

Con dirección sensiblemente paralela a la anterior, desde la falla de Cerrejón hasta la falla de Ranchería, esta falla está acompañada por un conjunto de fracturas menores que delimitan los sectores de Sarahita y Palmarito. En este último sector se presentan varias fallas que causan aparentemente desplazamientos menores de poca importancia en las rocas de la Formación Cerrejón.

- *Falla D*

Pertenece a las fallas menores y se extiende desde cercanías del caserío de Chancleta hasta proximidades de la Loma La Sierrecita. Es una falla de tipo inverso con dirección NE-SW y su plano de deslizamiento inclinado 72º SE, con desplazamiento vertical hasta de 50 m.

- *Fallas menores*

Las fallas menores cortan el área transversalmente, con direcciones sensiblemente al noroeste. La Falla de Palotal causa un pequeño desplazamiento en la falla de

cabalgamiento de Cerrejón en las estribaciones del cerro Cerrejón. La Falla La Puente, derivación de la falla anterior, cruza diagonalmente el sector de Corazonal con dirección inicialmente SE-NW para terminar casi E-W contra la Falla de Corazonal y causa un cambio apreciable en el rumbo de las rocas Terciarias de la Formación Cerrejón.

Hacia el extremo suroccidental del área, además de la Falla de Palomino, aparece la Falla del arroyo Pasito con dirección SE – NW; estas dos fallas originalmente constituían una sola fractura pero ahora están desplazadas por la Falla de Ranchería; este tipo de desplazamiento se observa hacia el norte con las Fallas del arroyo Paladines y Corazonal. Por último, aparece la Falla de Guimara, paralela a las dos anteriores.

La intersección de las grandes fallas longitudinales de dirección NE con las fallas menores transversales originan una tectónica de pequeños bloques (que) afecta fundamentalmente a la Formación Cerrejón.

Como se ve de la lectura del aparte de las fallas geológicas del PMAI (Cerrejón – Ingetec, 2014) se mencionan tres fallas regionales, una de las cuales es de las principales estructuras de toda Colombia (la Falla de Oca), cuatro fallas de importancia local y al menos siete fallas menores mencionadas. Las fallas geológicas constituyen volúmenes de roca de intenso fracturamiento, que incluso puede llegar al brechamiento (tal como se reconoce en la Falla del Cerrejón), una situación de tal intensidad en el fracturamiento que las rocas son molidas por la acción tectónica.

Por supuesto, el entramado de fallas, fracturas y molienda en las rocas establece caminos preferenciales para los flujos de aguas subterráneas, los cuales deben ser involucrados en los modelos hidrogeológicos para acercarse al entendimiento, en particular cuando se va a realizar una acción tan fuerte sobre el sistema como un tajo de hasta 320 metros de profundidad, y que puede alcanzar más de 7 km de longitud y 2 km de ancho, con la remoción de miles de millones de metros cúbicos de rocas.

No obstante lo anterior, los modelos hidrogeológicos de Cerrejón – Ingetec (2014) no involucran la acción de las fallas geológicas, con toda la incertidumbre asociada a ello, máxime cuando muchas de las estructuras tectónicas se reconocen como fallas de rumbo en sus estudios, estructuras que se caracterizan por una arquitectura de grandes bandas de fracturamiento, sin importar la escala a las cuales son descritas (Woodcock & Rickards, 2003, Caine, 1996; Cello et al., 2001; Jourde, 2007; Kim, Peacock & Sanderson, 2004, entre otros)

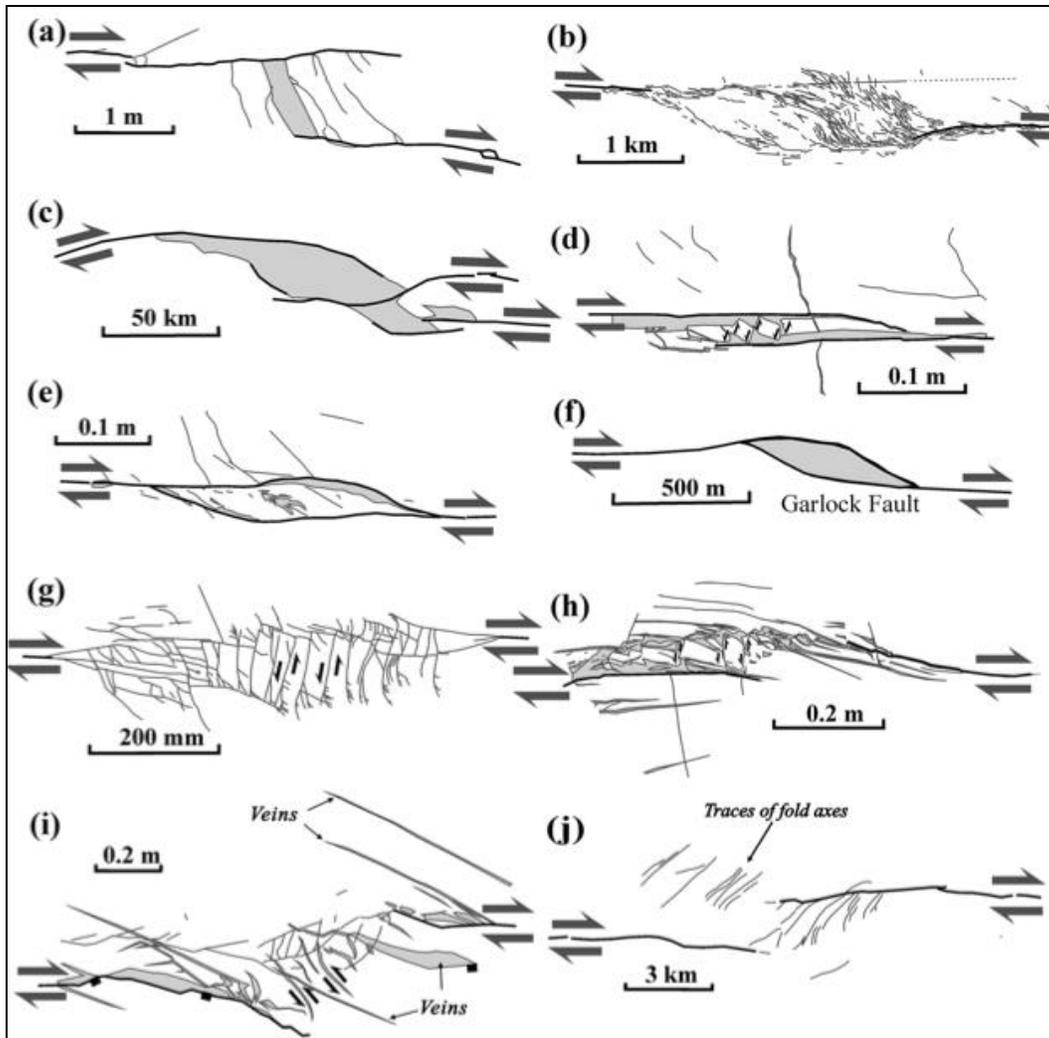


Figura 12. Geometría de las fallas de rumbo vistas en planta (desde arriba) con patrones geométricos que persisten a pesar de las diferencias de escala. Nótese la existencia de zonas lenticulares de alto fracturamiento (Tomado de: Kim, Peacock & Sanderson, 2004)

También es importante mencionar, en cuanto a las incertidumbres que se relacionan con la falta de información generada por Cerrejón – Ingetec (2014), la poca información sobre diaclasas (fracturas en roca que a diferencia de las fallas no presentan desplazamiento de los bloques que separan):

Discontinuidades - Diaclasas

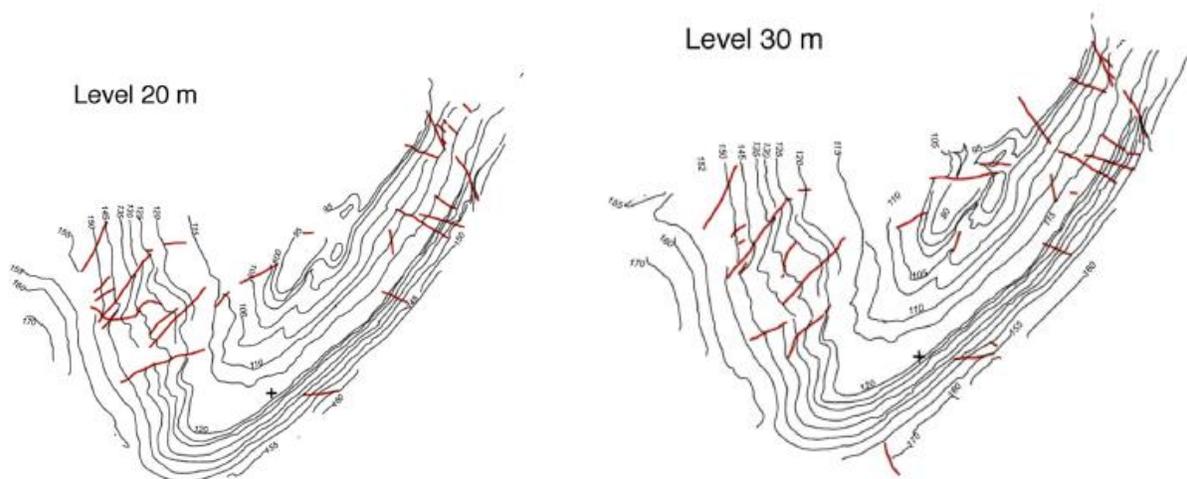
En los afloramientos de caliza de la formación Cogollo localizados en la margen derecha del río Palomino, aguas abajo de la confluencia del río Palomino con el arroyo Mapurito, se describieron las características principales y se midió la orientación de las discontinuidades presentes, las cuales se agrupan en el sistema 1, en tanto que las diaclasas descritas en los afloramientos de arenisca de la Formación Girón localizados sobre la margen izquierda del río Palomino, aguas arriba de la confluencia del río Palomino con el arroyo Mapurito, se agrupan en los sistemas 2 y 3. La orientación y características de estas diaclasas se resumen en el Cuadro 4.2-2.

Tabla 3. Cuadro 4.2-2 Orientación y características de diaclasas en la de la confluencia del río Palomino con el arroyo Mapurito

SISTEMA	ORIENTACIÓN		CARACTERÍSTICAS
	Rumbo	Buzamiento	
1	N16°W	46°NE	Continuidad media y discontinuas, rugosas a ligeramente rugosas, planas, separadas 10 cm a 80 cm, abiertas y cerradas
2	N43°W	70°NE	Continuas y discontinuas, lisas, planas, muy próximas (separadas de 2 cm a 10 cm), abiertas a ligeramente abiertas
3	N40°E	87°NW	Continuas y de continuidad media, rugosas y lisas, planas, separación de 10 cm a 80 cm, abiertas y cerradas

De la información adjuntada se puede ver que dos de los sistemas de diaclasas son verticales, lo cual es coherente con la existencia de fallas de rumbo, muy probablemente relacionados con una deformación tectónica denominada cizalla, pero que en relación con el agua facilitan la infiltración rápida de aguas desde la superficie hasta niveles profundos en la corteza. Tampoco reportan fallas medidas en campo, con lo cual las interpretaciones con base en pruebas geofísicas y perforaciones no se validan con datos de campo, aumentando la incertidumbre en el conocimiento relacionado con la deformación tectónica, que no solamente se relaciona con los flujos de aguas subterráneas, sino también con la generación de sismos, hecho reconocido de manera marginal, pero no desarrollado, por Cerrejón – Ingetec (2014) cuando describe la Falla de Oca como “*falla activa*” importante “*desde el punto de vista sismotectónico*”.

Para ofrecer un mayor soporte de lo expuesto en cuanto a las deficiencias de los estudios ambientales de Cerrejón en lo referente a las fallas geológicas, estudios recientes (Cardozo et al., 2016) han documentado de manera detallada la existencia de fallas geológicas en todas las escalas de trabajo, es decir que se deben describir y trabajar estas estructuras tanto si se trabaja a escala regional como a escala local, y que omitirlas significa faltar a la comprensión cabal de los eventuales impactos ambientales sobre elementos naturales vitales como el agua.



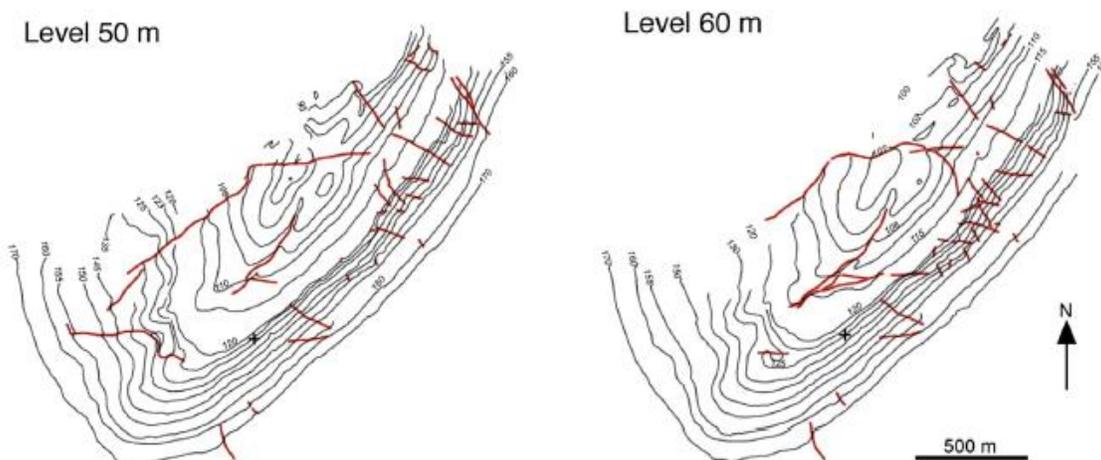


FIGURA 13. FALLAS GEOLÓGICAS LOCALES EN EL TAJO TABACO DEL CERREJÓN (TOMADO DE CARDOZO ET AL., 2016). NÓTESE LA GRAN CANTIDAD DE FALLAS GEOLÓGICAS QUE EXISTEN EN LA ZONA, PERO QUE SON OBLVIADAS EN LOS MODELOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS POR LA EMPRESA, LO CUAL INTRODUCE UNA FUERTE INCERTIDUMBRE EN LO RELACIONADO CON EL CICLO DEL AGUA Y SUS IMPACTOS EN RELACIÓN CON EL PROYECTO MINERO

4.2.5 Hidrogeología

(...)

*El avance de los tajos conlleva el corte parcial de los acuíferos, situación que puede alterar el recurso asociado al agua subterránea. Por su parte, **la presencia de aguas subterráneas afecta la explotación minera y las actividades de extracción de carbón**. Por tales motivos, por varios años las Compañías Intercor / Cerrejón han tenido dentro de sus prioridades conocer, estudiar y modelar su presencia y comportamiento, con el objetivo de darle un manejo racional que esté acorde con las necesidades ambientales, mantenimiento del recurso y con las necesidades del desarrollo minero. Así, un gran número de estudios hidrogeológicos han sido realizados por Cerrejón, a través de consultores nacionales e internacionales, así como también por los profesionales de Cerrejón.*

El conocimiento y la experiencia adquiridos por las compañías mineras mencionadas, en el manejo del agua subterránea, las ha llevado a implementar medidas de manejo y mitigación como lo son la construcción de barreras de baja permeabilidad y el uso de pozos de despresurización. Específicamente para las barreras de baja permeabilidad, en el Anexo 3-9 se presenta un resumen de los principales elementos de diseño de las barreras adicionales estimadas para el proyecto P40 (barreras nos. 14, 14A, 2A, 20, 11 y 15).

Este documento consigna los principales aspectos hidrogeológicos que caracterizan las áreas de los tajos Patilla, Annex, Oreganal y Tabaco, donde se realizarán las actividades del Proyecto P40, objeto del presente estudio. Aquí se describen las condiciones para cada uno de los tajos en mención, haciendo referencia a las unidades geológicas, unidades hidrogeológicas, caracterización de acuíferos, flujos y posibles alteraciones al recurso hídrico y correspondientes medidas para minimizar el flujo de agua subterránea hacia el tajo.

(...)

Como complemento a los desarrollos técnicos y estudios ambientales relacionados, en el Anexo 4-18 se presentan los impactos y manejos básicos relativos a los acuíferos con

afectación potencial por el proyecto P40. En el Anexo 3-9 se presentan las características básicas de las barreras de baja permeabilidad diseñadas para el proyecto P40.

(...)

De este aparte introductorio, es importante destacar que el avance de los tajos conlleva el corte total de muchos acuíferos (los aluviales cuaternarios que son zonas de recarga y todos acuíferos que son removidos para llegar al carbón) y que **no es correcto afirmar que la extracción a cielo abierto puede alterar el agua subterránea sino que dicha alteración es un impacto inevitable e irreversible**. Pero más importante aun es mencionar que la construcción de barreras de baja permeabilidad y en particular el uso de pozos de despresurización no es una medida ambiental, sino de estabilidad de taludes, y se usan para que el agua subterránea no aporte o cause el deslizamiento en las paredes de los tajos mineros, puesto que el énfasis en los estudios hidrogeológicos no es entender el impacto, sino evitar que las aguas subterráneas afecten la extracción minera. Mas aun es importante aclarar que contrariamente a lo planteado por Cerrejón **la extracción de aguas subterráneas para “despresurizar” los tajos mineros conlleva un fuerte impacto ambiental por la profundización del nivel de las aguas subterráneas**, que es justamente su objetivo, puesto que afectan la disponibilidad de aguas a nivel regional y además inducen la oxidación de suelos y rocas cuyos poros estaban previamente saturados con agua. La oxidación es el principal factor de desequilibrio geoquímico en la superficie terrestre.

La transcripción de la hidrogeología del tajo Patilla (se reitera que no se presentó el del tajo La Puente que sería el primero en ser intervenido desviando el arroyo Bruno) ilustra las deficiencias del estudio de las aguas subterráneas en todos los tajos al no incluir fallas ni diaclasas, es decir, no considerar las rocas como medios fracturados.

4.2.5.1.1 Geología local

Con base en la información existente y en los datos obtenidos de las perforaciones realizadas en la campaña de campo, se establecen las unidades litoestratigráficas (Figura 4.2-20 Mapa Geológico).

En superficie se presentan rocas del Terciario Inferior, correspondientes a las formaciones Manantial y Cerrejón y del Cuaternario representado por los Depósitos Aluviales asociados a corrientes superficiales denominados Aluvial del Patilla y Qal, por Depósitos Aluviales del Río Ranchería, y los depósitos del arroyo Paladines (...). Hacia la parte Central y Sur del área de estudio, se presentan fallas con dirección aproximada Este – Oeste que afectan las rocas Terciarias.

(...)

• Acuífero Formación Cerrejón (Tc)

El Acuífero Cerrejón es de tipo confinado, multicapa y de extensión regional, con desarrollo de porosidad primaria baja en las areniscas y secundaria por fracturas en los mantos de carbón, los cuales constituyen acuíferos, considerándose en menor escala las areniscas que poseen alguna capacidad de almacenamiento.

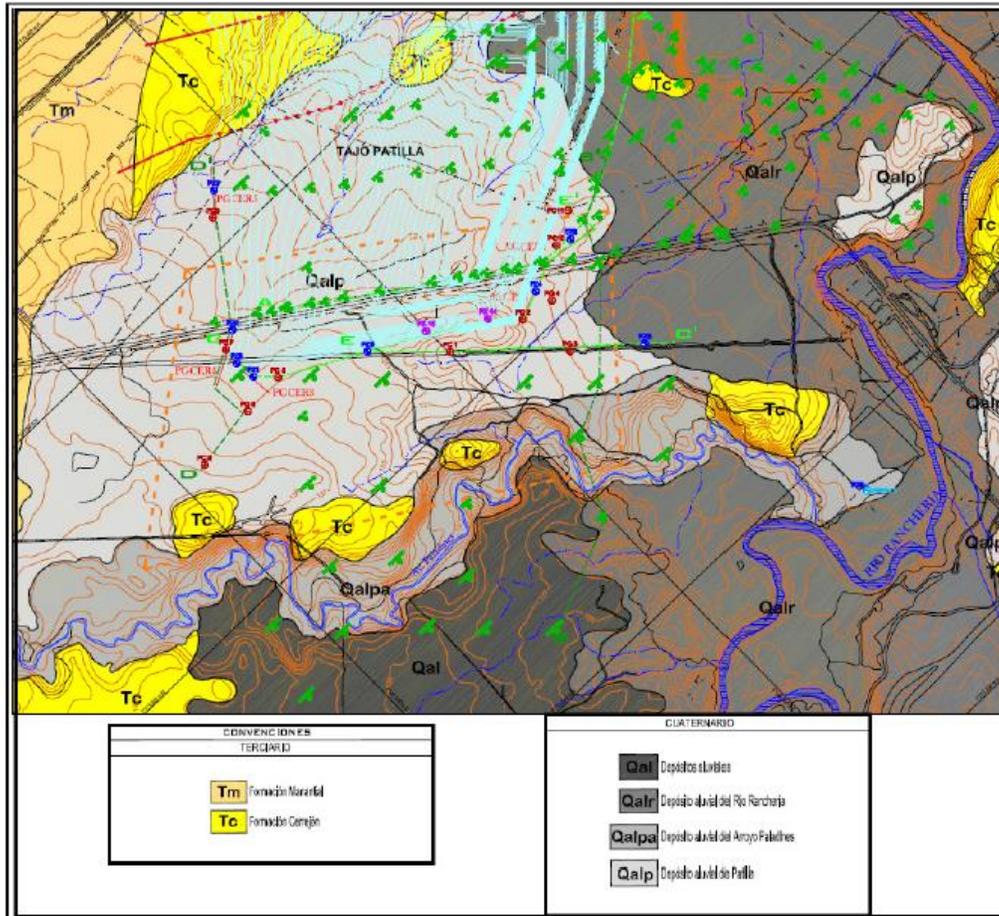


FIGURA 14. FIGURA 4.2-20 MAPA GEOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO

A pesar del reconocimiento de las fallas geológicas, el modelo de acuíferos y aguas subterráneas no las contempla, lo cual no permite acercarse al entendimiento de los flujos y puede llevar a no identificar o a evaluar de manera deficiente los impactos ambientales que el proyecto causa al ciclo del agua. El mapa de la Figura 14 presenta algunas fallas geológicas que luego son desechadas en el modelo hidrogeológico sin mencionar el porqué.

Adicionalmente, el listado de unidades hidrogeológicas es descriptivo, sin ningún dato numérico de porosidad medido a partir de secciones delgadas, petrofísica, relación con granulometría, etc. (si incluye datos numéricos de la hidráulica del agua subterránea obtenidos a partir de pruebas de bombeo) y además haciendo generalidades acerca de la importancia de las fracturas en los mantos de carbón pero no en las areniscas que son removidas. **Lo que expone Cerrejón-Ingetec (2014) en este punto es completamente incoherente con los datos del numeral Geotecnia,** donde los datos de fracturamiento medidos a partir de los testigos de roca obtenidos en perforaciones (RQD) reportados en la tabla 4 del estudio de Cerrejón – Ingetec (2014) muestran valores entre 32 y 48%, que corresponden a un alto fracturamiento de las rocas en los tajos. Y no solamente se encuentra en contradicción con los planteamientos de su propio estudio, sino también con estudios anteriores como el de Molano et al. (1980) donde se plantea “*un intenso fracturamiento en las rocas de la Formación Cerrejón.*” y con estudios más recientes como el de

Cardozo et al. (2016) que muestran una gran cantidad de fallas locales que penetran en la totalidad de las secuencias rocosas y no se circunscriben a los mantos de carbón.

ESTUDIO CLASE III 32MTPA - RESUMEN RESISTENCIA AL CORTE POR REDUCCIÓN DEL MÓDULO CNI									
ÁREAS DE MINERÍA CENTRAL (TAJO 100 Y TAJO COMUNEROS)									
Resistencia Media									
Fi Macizo Rocosos	Cohesión Macizo Rocosos			RQD	Confiabilidad RQD	Fi Estratificación	Cohesión Estratificación		
(grados)	(psi)	(kpa)	ton/m ²	%	%	(grados)	(psi)	(kpa)	ton/m ²
24.6	28.7	198.2	20.2	32	75	12.6	5.0	34.8	3.5
Resistencia -1 Desviación Estándar									
Fi Macizo Rocosos	Cohesión Macizo Rocosos			RQD	Confiabilidad RQD	Fi Estratificación	Cohesión Estratificación		
(grados)	(psi)	(kpa)	ton/m ²	%	%	(grados)	(psi)	(kpa)	ton/m ²
22.0	16.9	116.6	11.9	32	75%	11.1	2.5	17.2	1.77
ÁREAS DE MINERÍA NORTE (EXPANSIÓN EWP Y TAJO ANEX)									
Resistencia Media									
Fi Macizo Rocosos	Cohesión Macizo Rocosos			RQD	Confiabilidad RQD	Fi Estratificación	Cohesión Estratificación		
(grados)	(psi)	(kpa)	ton/m ²	%	%	(grados)	(psi)	(kpa)	ton/m ²
26.5	44.3	305.8	31.2	48.0	75%	5.0	34.8	3.5	
Resistencia -1 Desviación Estándar									
Fi Macizo Rocosos	Cohesión Macizo Rocosos			RQD	Confiabilidad RQD	Fi Estratificación	Cohesión Estratificación		
(grados)	(psi)	(kpa)	ton/m ²	%	%	(grados)	(psi)	(kpa)	ton/m ²
23.3	24.8	171.0	17.4	48.0	75%	11.1	2.5	17.4	1.8
ÁREAS DE MINERÍA NORTE (TAJOS TABACO Y LA PUENTE)									
Resistencia Media									
Fi Macizo Rocosos	Cohesión Macizo Rocosos			RQD	Confiabilidad RQD	Fi Estratificación	Cohesión Estratificación		
(grados)	(psi)	(kpa)	ton/m ²	%	%	(grados)	(psi)	(kpa)	ton/m ²
27.3	37.9	261.1	26.6	40.0	75%	12.6	5.0	34.8	3.5
Resistencia -1 Desviación Estándar									
Fi Macizo Rocosos	Cohesión Macizo Rocosos			RQD	Confiabilidad RQD	Fi Estratificación	Cohesión Estratificación		
(grados)	(psi)	(kpa)	ton/m ²	%	%	(grados)	(psi)	(kpa)	ton/m ²
24.4	21.5	148.5	15.1	40.0	75%	11.1	2.5	17.4	1.8
RESISTENCIA DE BOTADEROS Y RETROLLENADOS (CNI 1991)									
Resistencia Media									
Fi Material Estéril				Cohesión Material Estéril					
24.5 (grados)				1.8 (psi)		12.2 (kpa)		1.2 ton/m ²	

TABLA 4. CUADRO 4.2-6 RESISTENCIA AL CORTE OBTENIDA POR EL MÉTODO DE REDUCCIÓN DEL MÓDULO DE CN

El aparte hidrogeológico del tajo Patilla continúa haciendo un reconocimiento explícito de la importancia de los acuíferos aluviales relacionados con los ríos, en particular con el Rancharía. De igual manera, sin un soporte de datos, se expresan las pocas posibilidades acuíferas del acuífero Cerrejón, pero sin el entendimiento de la deformación tectónica y su relación con las fracturas es ligero hacer este tipo de inferencias, lo cual ratifica la incertidumbre que se observa en todo este aparte y que se evidencia de la lectura del siguiente inciso con un lenguaje completamente honesto en términos de los condicionales, pues **en cuestiones tan importantes como la recarga de acuíferos, que tiene una implicación legal, se expresa que “debe provenir” o que “no se deben descartar” eventuales recargas de la parte alta.** De igual manera se hacen inferencias respecto a la dirección del movimiento de las aguas subterráneas en acuíferos que serán removidos por el proyecto.

Todo ello lleva a recordar que **en la Sentencia C-339 de 2002 la Corte Constitucional estableció que en caso de falta de certeza científica absoluta, las decisiones deben inclinarse hacia la protección ambiental, y en un tema absolutamente vital para el territorio guajiro, como lo es el agua, las incertidumbres respecto a la generación de un daño ambiental irreversible y perpétuo, deben estar sustentadas en estudios completos y detallados que consideren todas las**

posibilidades respecto al flujo, el volúmen y la dirección de las aguas subterráneas, tanto en los depósitos aluviales como en las rocas, y tanto en los poros como en los medios fracturados.

(...)

4.2.5.1.3 Isolíneas piezométricas, direcciones de flujo y áreas de recarga

El acuífero presente en la zona de estudio, relacionado a los diferentes Depósitos Cuaternarios, presenta propiedades hidrogeológicas no isotrópicas, con interconexiones hidráulicas. En la zona de estudio, el aluvial del Río Ranchería presenta las mejores características hidráulicas e hidrogeológicas, los acuíferos de Patilla y del Arroyo Paladines presentan poca saturación relacionadas a características hidráulicas e hidrológicas menores; a estos acuíferos jóvenes, relacionados con los depósitos Cuaternarios les infrayace el acuífero Cerrejón, el cual por sus propiedades hidráulicas posee pocas posibilidades acuíferas.

(...)

En la Figura 4.2-22 se presenta la dirección de flujo en los acuíferos asociados a los depósitos Cuaternarios, la cual tiene una dirección predominante en sentido Occidente – Oriente, y hacia el sur del área de estudio (confluencia del Arroyo Paladines y el Río Ranchería) se observa una leve desviación en dirección al Sur-Oriente. Esta dirección de flujo es consistente con la dirección que lleva el Río Ranchería.

Recarga: la recarga de los acuíferos Cuaternarios debe provenir principalmente por aportes de los lechos de los ríos Ranchería y del Arroyo Paladines, y en menor proporción por infiltración desde la superficie, ya que a partir de las perforaciones realizadas se observó que se presenta una cubierta limosa poco permeable. No se deben descartar flujos de recarga desde la parte más alta (Cerro Hato Nuevo).

En la Formación Cerrejón se considera que el agua debe tener un movimiento en dirección al rumbo de los estratos y siguiendo una tendencia de flujo de agua subterránea regional hacia el norte-noreste; su recarga proviene principalmente a través de los depósitos aluviales que le suprayacen y directamente del agua lluvia en los sitios en los que se encuentra aflorando.

Finalmente, en el caso de la hidrogeología del Tajo Patilla, escogida por Terrae por ser el más completo de los presentados para los diferentes tajos que serán objeto de la ampliación (a excepción del tajo La Puente, no presentado) se concluye con un modelo hidrogeológico conceptual sin fallas geológicas, con la Formación Cerrejón considerada “acuitardo”, en contradicción con los numerales anteriores donde lo denominan “acuífero Cerrejón” y también con los estudios de la autoridad ambiental a través de la Universidad de Antioquia, donde a dicha unidad se le denomina “acuífero multicapa” (Corpoguajira – UDEA, 2011). Se debe recordar que **los acuíferos tienen zonas de recarga protegidas por la ley y que son mucho más sensibles e importantes en la regulación de corto plazo del ciclo del agua si se los compara con los acuitardos, razón por la cual se puede estar minimizando un daño ambiental sobre las aguas y su ciclo.**

Además, llama la atención que el estudio de Corpoguajira - UDEA no sea tenido en cuenta por la empresa minera, pues es información de referencia de alta calidad, situación que lleva a dudar de las fuentes de información revisadas por los consultores de la empresa minera.

De manera concluyente se puede notar que **todo el modelamiento se hace con fines de estabilidad de los taludes, no con una concepción ambiental de interacción de aguas superficiales / subterráneas o definición de zonas de recarga de acuíferos, las cuales son claves en una zonificación ambiental que pretenda el cumplimiento de la normativa colombiana.** Lo anterior es evidente cuando se acota como condición de frontera los ríos y arroyos, situación que no permite considerar las afectaciones para las comunidades y el ambiente al otro lado del río, sino que los tajos son tomados como sifones que pueden “halar” las aguas de los ríos y por lo tanto afectar, como ya lo planteó Cerrejón – Ingetec (2014) en el capítulo 5 Evaluación de impactos ambientales, afectar la operación minera.

4.2.5.1.8 Modelo hidrogeológico conceptual

Para la modelación numérica proponen un modelo de 4 capas. La capa inferior (capa 4)

corresponde al basamento hidrogeológico representado por las formaciones Terciarias Formación Cerrejón y Formación Manantial. Se representan aproximadamente 70 metros del Acuífero Cerrejón. La capa 3 representa el meteorizado de la Formación Cerrejón, considerada hidrogeológicamente como un acuitardo. La capa 2 del modelo numérico es conformada por los depósitos Cuaternarios, todos ellos considerados acuíferos libres. (...)

El Tajo Patilla será modelado como un drenaje con una transmisividad extremadamente alta.

Se establecen como condiciones de fronteras las corrientes superficiales (Río Ranchería y Arroyo Paladines), las cuales tienen interacción directa con el sistema acuífero, especialmente con los acuíferos someros y, por tanto, con el flujo de agua subterránea.

(...)

De manera concluyente, el modelo hidrogeológico no considera las fallas geológicas ni ningún tipo de fractura relacionada, pero con todas sus deficiencias, Cerrejón – Ingetec establecen que el tajo atrae las aguas subterráneas (nótese la dirección convergente de las flechas rojas), drenando ríos, acuíferos aluviales y acuíferos porosos y por otra parte removiendo todo tipo de acuíferos, incluyendo el aluvial, que es clave en la regulación de caudales del río Ranchería, tal como ha sido reconocido por todos los estudios de aguas subterráneas que se han llevado a cabo en la zona durante los últimos 50 años.

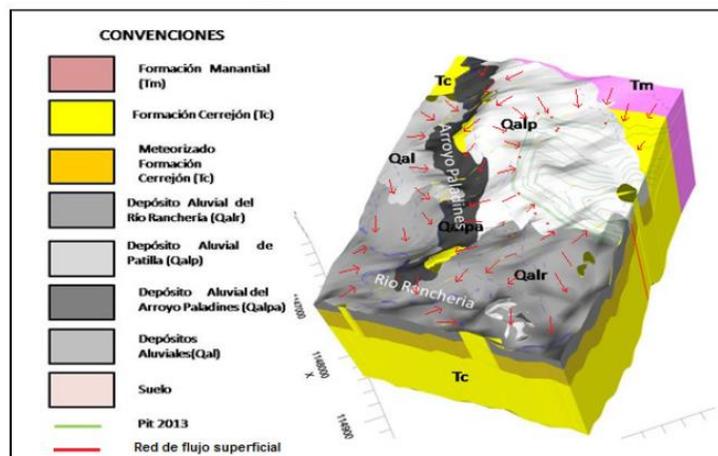


Figura 15. Figura 4.2-24 Modelo conceptual

1.1.2. Afectaciones de acuíferos y aguas subterráneas ya generadas por Cerrejón

1.1.2.1. Afectación de zonas de recarga de acuíferos

Según el Modelo hidrogeológico y sistema de información en la Cuenca del río Ranchería (Corpogujira – UDEA, 2011) las unidades hidrogeológicas que se encuentran en el área minera son el acuífero libre Fonseca correspondiente a los depósitos recientes (Cuaternarios) del río Ranchería, y el acuífero multicapa del Eoceno, al que se refieren en el PMAA como acuífero Cerrejón, que comprende las formaciones Manantial, Cerrejón y Aguas Nuevas (areniscas de grano fino hasta conglomeráticas con intercalaciones de lodolitas).

Con respecto al acuífero Cerrejón, en el Modelo Hidrogeológico de la UDEA se afirma lo siguiente: *“La fuerte intervención antrópica asociada a la minería de El Cerrejón ha removido material sólido desconfigurando las propiedades texturales y estructurales de los depósitos y ha modificado el curso de corrientes superficiales, ocasionando la desaparición del acuífero hacia el norte de este dominio hidrogeológico”* (subrayado fuera de texto). Además, aunque no se menciona en dicho estudio es evidente que el acuífero libre de Fonseca (los aluviales) es también modificado y removido por la actividad minera, lo cual es reconocido en el PMAI del proyecto de ampliación P40 (Cerrejón – Ingetec, 2014): *“los sujetos (sic) afectados para este impactos (sic) son los cuerpos de aguas (superficiales y subterráneos) del área de influencia del proyecto P40 (...) Por intervención a las formaciones aluviales asociadas, principalmente arroyo Tabaco, río Palomino, arroyo Cerrejón, arroyo Paladines y sus respectivos acuíferos”* (subrayados fuera de texto).

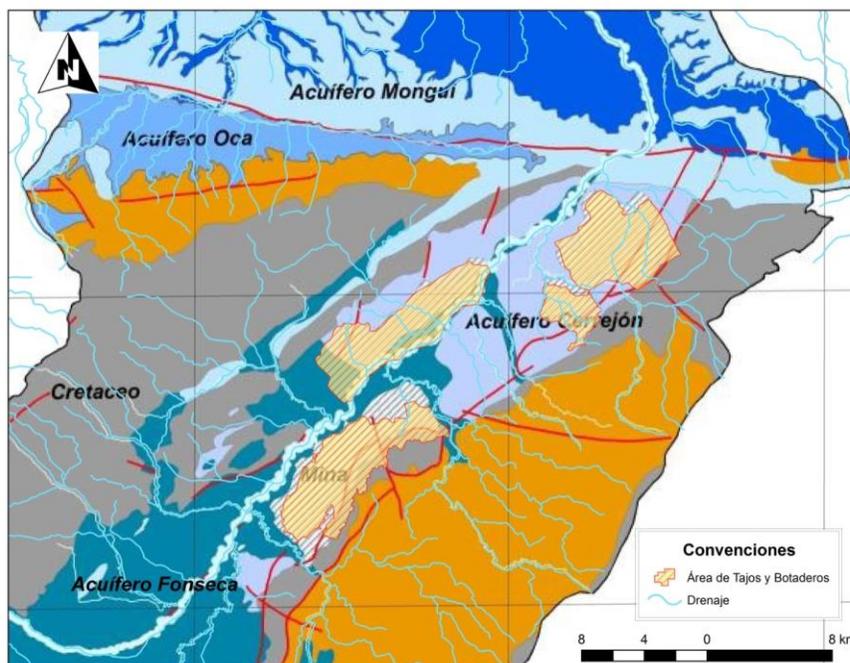


Figura 16. Mapa hidrogeológico de la Cuenca del río Ranchería. Modificado de UDEA, 2011

De los sondeos eléctricos verticales (SEV) que se realizaron en el Modelo Hidrogeológico de Corpogujira - UDEA (2011) dos se encuentran en la zona minera, cerca de los tajos de la mina Caypa (Pb08) y Patilla (Ph07). Con respecto a los espesores de los acuíferos aluviales, el Pb08 que se encuentra más cerca al tajo presenta un espesor de 5 metros (probablemente fue removido de

manera parcial por la actividad minera) mientras que el Ph07 ubicado más lejos de los tajos tiene un espesor de 15 metros. En cuanto a las porosidades éstas fueron halladas a partir de la Ley de Archie y resultaron en valores de 34% para el aluvial en Ph07 y 43% para el de Pb08, con porosidad efectiva de 19 y 28 % respectivamente. Al tener en cuenta estos valores de porosidad junto con el área definida a partir de imágenes de Google Earth para cada uno de los tajos actuales es posible acercarnos al valor del volumen depósito aluvial con capacidad de almacenamiento perdido.

Tabla 5. Volumen de acuífero perdido. Tomado de Fierro, Quintero & Cuida, 2014

Acuífero	SEV	Área (m ²)	Espesor (m)	Volumen retirado (m ³)	Porosidad efectiva (%)	Volumen máx de almacenamiento (m ³)
Fonseca	Pb08	35.640.000	5	178.200.000	28	49.896.000
	Ph07	35.640.000	15	534.600.000	19	101.574.000

Con base en los valores de la tabla anterior se puede afirmar que por causa del proyecto minero se ha perdido la posibilidad almacenar de 50 a 100 millones de metros cúbicos de agua solo en el acuífero libre, asumiendo que el nivel freático es muy cercano a la superficie como actualmente ocurre aguas arriba cerca de la cabecera municipal de Distracción donde alcanza los 1,45 m (Corpoguajira - UDEA, 2011), así como de la información histórica (Diezemann, 1956) de la poca profundidad del nivel freático y la buena calidad de las aguas subterráneas de los aljibes de Fonseca, Distracción y Barrancas. En este último municipio el agua freática estaba a menos de 1,5 metros respecto a la superficie.

También se ha reconocido por parte de Cerrejón – Ingetec (2014) a los ríos y arroyos y a sus depósitos (aluviales) como zonas de recarga de acuíferos, así como su importancia en la regulación del ciclo de las aguas, en particular en la época seca (estiaje):

4.2.2.1.1 Río Ranchería

(...)

La corriente del río Ranchería se caracteriza por tener un régimen torrencial, con almacenamiento de aguas subterráneas las cuales contribuyen a la escorrentía durante las épocas de estiaje. (...)

4.2.2.1.3 Arroyo Aguas Blancas

Nace en la loma Los Bañaderos, por la margen izquierda del río Ranchería. (...) el curso del arroyo ha sido desviado a través de un canal en dirección NE hasta desembocar a la Laguna Este. Finalmente se ha construido un canal que drena intermitentemente las aguas de la Laguna Este al río Ranchería, cruzando por debajo de la línea del ferrocarril.(...) presenta en las márgenes y en el lecho amplios depósitos aluviales constituidos por gravas y cantos (...) estos depósitos presentan una alta permeabilidad.

4.2.2.1.4 Arroyo Paladines

(...)

Hacia la parte final del curso del arroyo Paladines, por la margen izquierda, se puede diferenciar un nivel de terraza constituida por gravas bien seleccionadas cuyo tamaño varía entre 10 cm y 20 cm que presentan una alta permeabilidad.

(...)

4.2.2.1.6 Arroyo La Trampa

(...) A partir de la intersección con la vía que conduce a Caypa **recibe las aguas del manejo de la mina en mención, la cual percola a través del suelo antes de llegar a la confluencia con el arroyo Cerrejón.** (...)

4.2.2.1.9 Arroyo Tabaco

(...) Debido a la alta permeabilidad de los materiales existentes, en época de verano no hay un flujo continuo de agua en este sector. En la parte media del recorrido en el área de la explotación minera, este arroyo ha sido canalizado parcialmente y cambia su curso hacia el NE; hacia el final el arroyo se profundiza

De los resaltados y subrayados fuera de texto, además del reconocimiento de la alta permeabilidad de los depósitos de los ríos, lo cual permite alimentar los acuíferos, es decir que son recarga, se puede ver que en caso del Arroyo La Trampa la contaminación se infiltra, lo cual podría conllevar la contaminación de acuíferos y aguas subterráneas. A pesar de lo anterior, muchos de estos arroyos han sido desviados, **lo cual configuraría un incumplimiento del marco legal colombiano, puesto que en los principios ambientales generales, plasmados en la Ley 99 de 1993 se establece que “las zonas de recarga de acuíferos serán objeto de protección especial”**, la cual por supuesto no se consigue cambiando de manera definitiva los cursos de agua, los cuales han conseguido un equilibrio hidráulico, ecosistémico y geomorfológico a lo largo de más de un millón de años y no puede ser reemplazado así se repliquen características geométricas de los canales.

1.1.2.2. Remoción de acuíferos y afectación del ciclo de aguas

Uno de los principales impactos ambientales por minería de carbón es la remoción de grandes volúmenes de roca, la cual según sus características litológicas e hidráulicas puede configurarse como acuífero.

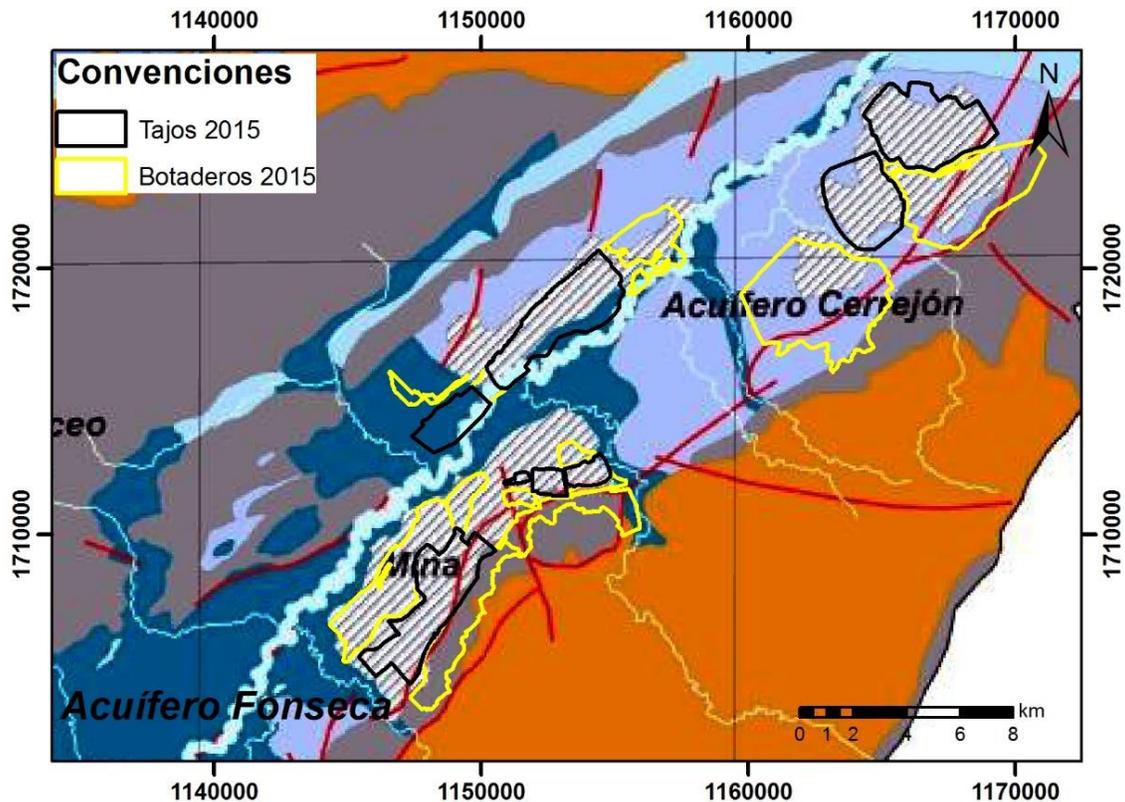


Figura 17. Intervención minera a 2015 sobre unidades hidrogeológicas. Elaboración propia con información de UDEA – Corpogujaira, 2011 y Cerrejón – Ingetec, 2014.

En el caso de la cuenca del río Ranchería, según el Modelo hidrogeológico y sistema de información en la Cuenca del río Ranchería (2011) las unidades hidrogeológicas que han sido intervenidas por la actividad minera son el acuífero libre Fonseca correspondiente a los depósitos recientes del río Ranchería, y el acuífero multicapa del Eoceno, al que se refieren en el PMAA como acuífero Cerrejón, que comprende las formaciones Manantial, Cerrejón y Aguas Nuevas (areniscas de grano fino hasta conglomeráticas con intercalaciones de lodolitas). Respecto a este último acuífero, debe tenerse en cuenta que en los tajos mineros se ha intervenido principalmente la Formación Cerrejón, dado que ésta es el objetivo de la actividad extractiva.

Ya se discutió respecto a los acuíferos aluviales y los ríos y arroyos como zonas de recarga de acuíferos. Respecto a las unidades de roca de edad Paleocena, en el PMA del Proyecto minero Cerrejón Zona Centro (Cerrejón, 2006) se dan valores de porosidad a las rocas afectadas por la extracción de carbón a partir de ensayos geomecánicos: para la arenisca es de 9,4 %, arcillolita 1,4 % y shale 1,1 %. Adicionalmente, la secuencia estratigráfica descrita en el mismo documento presenta la siguiente distribución (es necesario aclarar que los porcentajes del nivel superior fueron inferidos de los otros dos niveles ya que esta información no se encontraba en el documento):

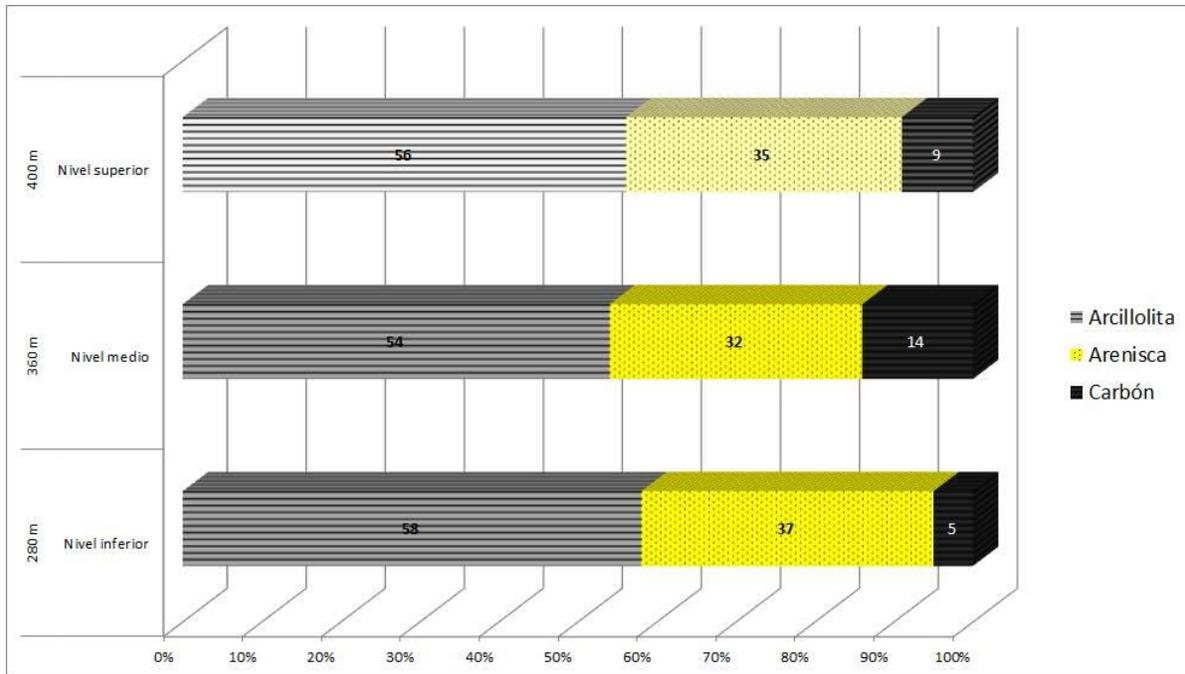


FIGURA 18. COMPOSICIÓN DE CADA NIVEL DE LA SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA SEGÚN PMA (2006)

A partir de estos datos se calculan los siguientes porcentajes de arenisca, arcillolita y carbón en la secuencia estratigráfica total:

TABLA 6. COMPOSICIÓN DE LA SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA SEGÚN PMA (2006)

Nivel	Espesor (m)	Porcentaje en la secuencia	Porcentaje en la secuencia		
			Lodolita	Arenisca	Carbón
Superior	400	38	22	13	3
Medio	360	35	19	11	5
Inferior	280	27	16	10	1
Total	1040	100	56	35	9

En cuanto al volumen retirado, en el PMA del proyecto minero Cerrejón Zona Centro (Cerrejón, 2006) se lee:

“Las características geológicas del yacimiento, el tipo y calidad de carbón, la relación volumétrica carbón-estéril (1:7.7) hacen económicamente viable la minería a cielo abierto por el sistema de multibanco”.

Por lo tanto, a partir de esta relación de descapote y el peso unitario para la roca en ésta zona que es de 2,3 Ton/m³ según la Declaratoria de Impacto ambiental (Cerrejón, 1990) se calcula que por cada tonelada de carbón que se aprovecha se generan 17,7 toneladas de desechos de roca.

Si se toman en cuenta los porcentajes de cada litología en la secuencia y su respectiva porosidad es posible tener un valor estimado del volumen de almacenamiento máximo de aguas subterráneas que se perdió de manera definitiva por la remoción de los acuíferos. **Si bien en el**

caso de los acuíferos rocosos terciarios, algunas aguas son de muy alta salinidad, no todas las rocas tienen aguas con estas características (Molano et al., 1980 muestran aguas subterráneas con conductividad eléctrica de 510 $\mu\text{S}/\text{cm}$), **situación no explicada por Cerrejón** que se limita a expresar, sin datos de soporte, que las aguas que se drenan de los acuíferos Terciarios “no son potables”.

En los estudios hidrogeológicos realizados por Hidrogeocol, Ingetec S.A y HVM Ingenieros Ltda entre el 2000 y el 2013 para diferentes áreas de la zona minera del Cerrejón, se caracterizaron litológica e hidráulicamente los acuíferos presentes en el área.

Uno de los aspectos notorios es la ausencia de valores de porosidad de estas unidades en la compilación que realiza Cerrejón-Ingetec (2014) en el documento de Modificación de PMAI en el marco del proyecto P40 en la sección de hidrogeología, en el cual tan solo se observan valores de porosidad eficaz² la cual no brinda información sobre la capacidad de almacenamiento de agua de estas unidades.

Sin embargo, en el documento sí se reportan valores de permeabilidad (o conductividad hidráulica) la cual representa la facilidad con que el agua se mueve dentro de estas unidades. Por ejemplo, para el acuífero conformado por los depósitos aluviales del río Ranchería (Acuífero Fonseca) se reportan datos de 13,1 a 15,8 m/día, mientras que para la Formación Cerrejón (Acuífero Cerrejón) se reportan datos de 0,037 a 0,16 m/día. Según los rangos de valores de conductividad hidráulica para diferentes materiales geológicos establecidos por Shingal y Gupta (2010) se obtiene que para el acuífero Fonseca estos son muy altos a altos, mientras que los del acuífero Cerrejón son altos a moderados, lo cual da idea de la importancia hidrogeológica de dichas unidades.

El presente documento reporta de manera preliminar el volumen de acuíferos afectados por Cerrejón. Para calcular el volumen de acuífero removido durante la actividad minera se tomó el TIN (red de triangulación irregular) generado con la topografía de 2015 existente en el expediente del proyecto de ampliación P40 y promediando la cota de máxima altura alrededor de cada uno de los tajos (dado que no es la misma alrededor de todo el tajo) se calculó el volumen del sólido imaginario que se formaba con estos dos elementos, similar a como se calcularía el volumen de una laguna.

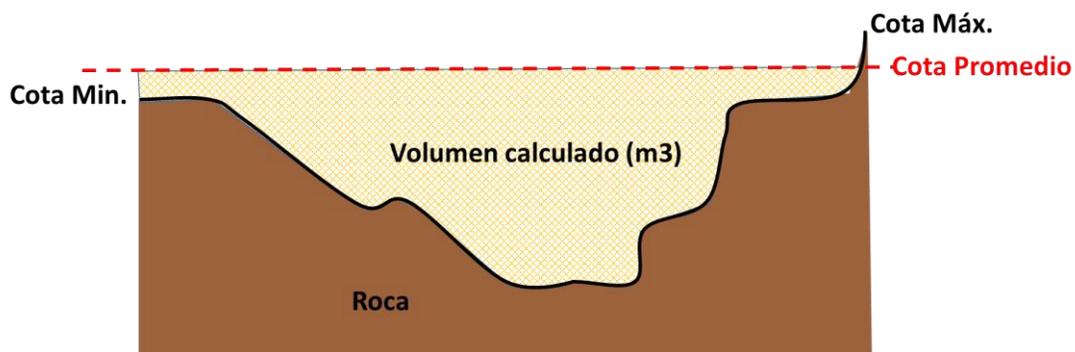


FIGURA 19. PERFIL ESQUEMÁTICO EN EL CUAL SE EXPLICA CÓMO SE CALCULÓ EL VOLUMEN DE LOS TAJOS.

ELABORACIÓN PROPIA

² Volumen de agua drenada por gravedad/ volumen total

TABLA 7. VOLÚMENES CALCULADOS PARA CADA UNO DE LOS TAJOS DE LA ZONA MINERA DE CERREJÓN. ELABORACIÓN PROPIA.

TAJO	COTA DE ALTURA PROMEDIO	VOLUMEN (MILLONES DE m ³)
Tabaco	100	1.084,55
La Puente	90	849,43
EWP	110	995,42
Comuneros	140	77,82
Oreganal	150	700,42
Comuneros (2)	125	8,61
Patilla	120	243,70
CCC (Terraе)	150	80,55
TOTAL		4.040,52

Teniendo en cuenta el modelo hidrogeológico generado por Corpoguajira – UDEA (2014), para los tajos de Tabaco y La Puente se harán los cálculos basados únicamente en el acuífero Cerrejón.

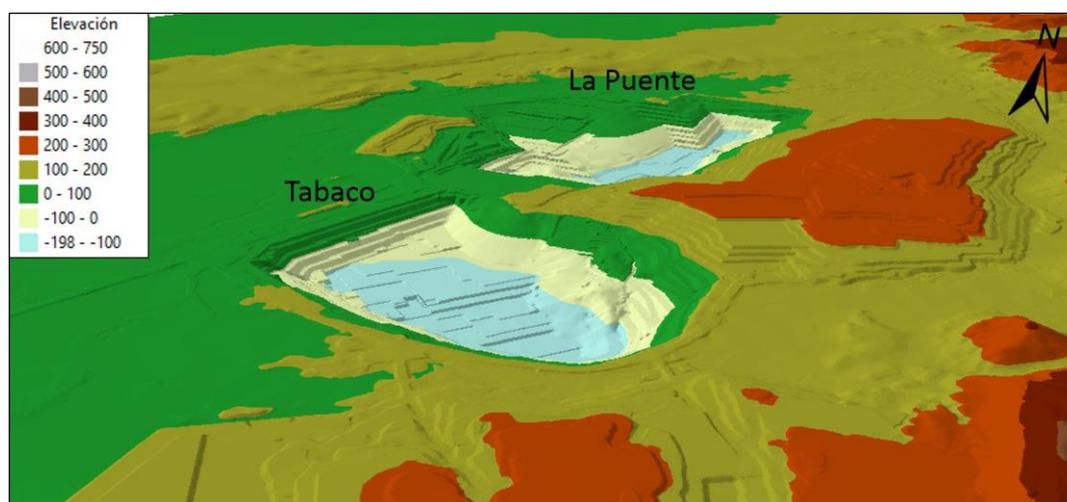


FIGURA 20. VISUALIZACIÓN 3D DE LOS TAJOS Y BOTADEROS DE TABACO Y LA PUENTE A 2015. ELABORACIÓN PROPIA.

A partir de dicha descripción y con los valores de volumen calculados, en los tajos La Puente y Tabaco se removieron aproximadamente 658 millones de m³ de arenisca (niveles acuíferos) y 1102 millones de m³ de lodolitas (niveles acuitardos) de la unidad hidrogeológica denominada Acuífero Cerrejón. Además, basados en sus porosidades, al removerse estos materiales se perdió la posibilidad de almacenar hasta 77 millones de m³ de agua sólo en estos dos tajos.

TABLA 8. VOLÚMENES DE ACUÍFERO Y ALMACENAMIENTO MÁXIMO DE AGUA CALCULADOS PARA LOS TAJOS LA PUENTE Y TABACO. ELABORACIÓN PROPIA.

Litología	Porcentajes	Volumen retirado (millones de m ³)	Porosidad	Volumen máx de almacenamiento (millones de m ³)
Arcillolita	57	1102	1,4	15
Arenisca	34	658	9,4	62
Carbón	9	174	0	0
Total (arenisca + arcillolita)		1760		77

En el caso de los tajos del sector de Patilla, Comuneros, Caypa (CCC) y Oreganal debe tomarse en cuenta también el acuífero Fonseca. Este, como se dijo previamente, está conformado por los depósitos aluviales del río Ranchería y se encuentra sobre el acuífero Cerrejón. Dado que las características hidráulicas, litológicas e hidrogeoquímicas de ambos acuíferos son muy diferentes, se calculará el volumen perdido de cada uno independientemente.

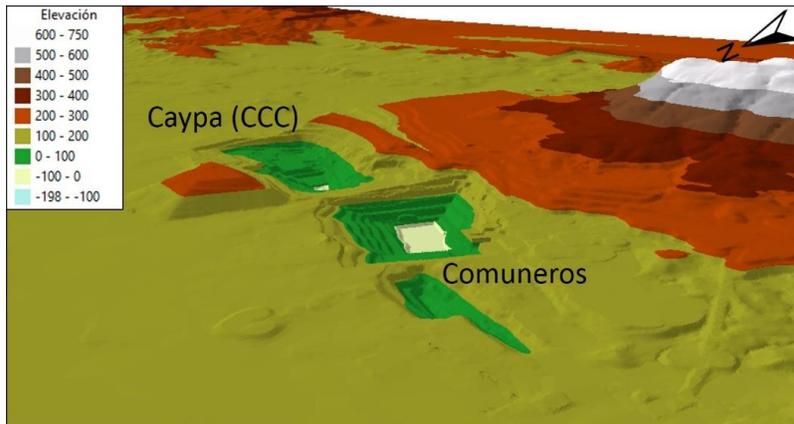


FIGURA 21. VISUALIZACIÓN 3D DE LOS TAJOS Y BOTADEROS DE CAYPA (CCC) Y COMUNEROS A 2015. ELABORACIÓN PROPIA.

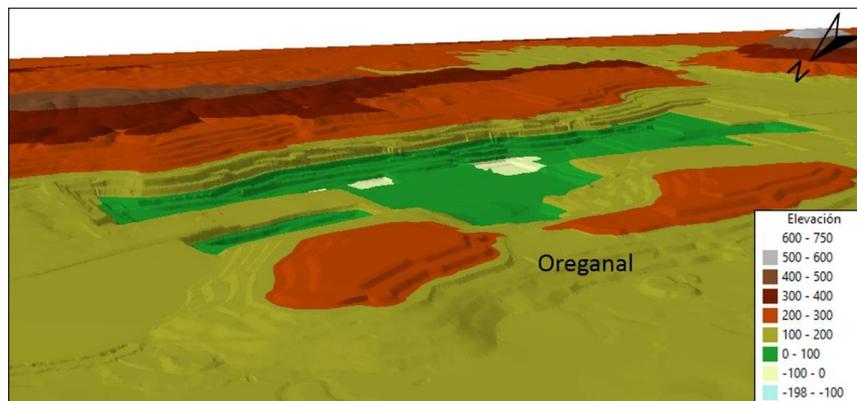


FIGURA 22. VISUALIZACIÓN 3D DE LOS TAJOS Y BOTADEROS DE OREGANAL A 2015. ELABORACIÓN PROPIA.

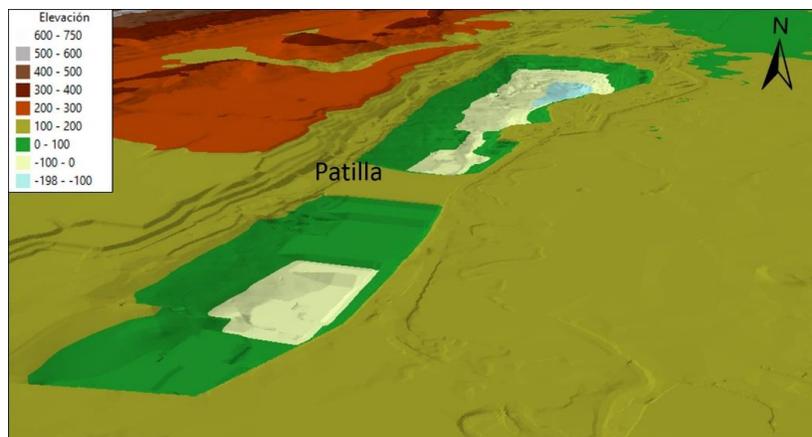


FIGURA 23. VISUALIZACIÓN 3D DE LOS TAJOS Y BOTADEROS DE PATILLA A 2015. ELABORACIÓN PROPIA.

Por otro lado, en el modelo hidrogeológico del sector Patilla³ determinan que éste tiene espesores de 13 a 24 metros. Dados estos valores se calculó un volumen mínimo (5 metros de espesor) y un volumen máximo (24 metros de espesor) para el acuífero Fonseca en los tajos ya mencionados. Adicionalmente se calcularon valores de pérdida de almacenamientos máximo de agua basados en los dos valores de porosidad efectiva reportados por UDEA – Corpoguajira (2011).

Tabla 9. Volúmenes de acuífero Fonseca y almacenamiento máximo de agua calculados para los tajos Patilla, Caypa, Comuneros y Oreganal. Elaboración propia.

Espesor Acuífero Fonseca (m)		Volumen retirado (millones de m ³)	Porosidad efectiva (%)	Volumen máx de almacenamiento (millones m ³)
Mínimo	5	122	19	23
			28	34
Máximo	24	554	19	105
			28	155

A partir de la anterior tabla se puede inferir que **las actividades extractivas de Cerrejón han removido de 122 a 554 millones de m³ del acuífero Fonseca, con la consiguiente incapacidad permanente de almacenar de 23 a 155 millones de m³ de agua**, asumiendo que el nivel freático es muy cercano a la superficie como actualmente ocurre aguas arriba cerca de la cabecera municipal de Distracción donde alcanza los 1,45 m (UDEA - Corpoguajira, 2011) y como se reportó en diferentes estudios anteriores a la explotación minera. **Este acuífero ha sido fundamental para la prestación de servicios ambientales para las comunidades y para los ecosistemas en la Guajira, razón por la cual debe evaluarse el daño ambiental que esto representa, a pesar de contar con las autorizaciones ambientales.**

En cuanto al acuífero Cerrejón se tomaron los espesores y proporciones expuestas previamente para los tajos La Puente y Tabaco. Sin embargo, para los demás tajos, dado que existe un volumen del acuífero Fonseca, se calculó el volumen de acuífero Cerrejón nuevamente teniendo en cuenta el espesor mínimo y máximo del aluvial.

TABLA 10. VOLÚMENES DE ACUÍFERO CERREJÓN Y ALMACENAMIENTO MÁXIMO DE AGUA CALCULADOS PARA LOS TAJOS PATILLA, CAYPA, COMUNEROS Y OREGANAL. ELABORACIÓN PROPIA.

Litología	Porcentaje	Volumen máximo retirado (millones de m ³)	Volumen mínimo retirado (millones de m ³)	Porosidad	Volumen máx de almacenamiento (millones de m ³)	Volumen mín de almacenamiento (millones de m ³)
Arcillolita	57	1.131	885	1.4	16	12
Arenisca	34	675	528	9.4	63	50
Carbón	9	179	140	0	0	0
Total (arenisca + arcillolita)		1.806	1.413	--	79	62

Así pues, a partir de los cálculos realizados se puede inferir que **las actividades extractivas desarrolladas en Oreganal, Caypa (CCC), Comuneros y Patilla removieron de 885 a 1.131 millones**

³ Cerrejón - Ingetec. 2014. Modificación PMAI – Proyecto P40

de m³ de arcillolitas (niveles acuitardos) y de 528 a 675 millones de m³ de areniscas (niveles acuífero) del acuífero de Cerrejón, impidiendo el almacenamiento de 62 a 79 millones de m³ de agua.

En total, en la zona minera de Cerrejón se han removido de 122 a 554 millones de m³ del acuífero Fonseca y de 3.173 a 3.566 millones de m³ de acuífero Cerrejón (1.185 a 1.332 millones de m³ de areniscas –niveles acuífero – y 1.987 a 2.233 millones de m³ de lodolitas – niveles acuitardo-). La cantidad de agua que ya no puede ser almacenada por la ausencia de acuífero (el cual es imposible de recuperar o rehacer), en el acuífero Fonseca es de 23 a 155 millones de m³ de agua, mientras que en el acuífero Cerrejón es de 139 a 157 millones de m³ de agua.

1.1.2.3. Afectación por redireccionamiento de los flujos de aguas subterráneas

La revisión de estudios hidrogeológicos con los que cuenta la autoridad ambiental regional Corpoguajira, junto con los datos remitidos por la empresa a las autoridades permite establecer que **existen indicios de deterioro de las aguas superficiales y evidencias de daño ambiental de acuíferos y por lo tanto de aguas subterráneas y en ese contexto las autoridades ambientales han omitido actuar en concordancia con su misión institucional.**

Como lo indica el Plan de Manejo Ambiental del Proyecto Minero para la Zona Centro “*los flujos de agua subterránea se localizan principalmente dentro de los mantos de carbón*”, es decir que el agua subterránea circundante fluirá hacia los tajos mineros. Lo anterior se observa con mayor claridad en el Plan de Manejo Ambiental de Acuífero de la Cuenca del Río Ranchería (2013) realizado por la Universidad de Antioquia (UDEA-Corpoguajira 2014) y Corpoguajira, donde en los mapas de flujo para agua subterránea es evidente que la tendencia predominante (*flechas negras*) en el área es hacia los tajos mineros debido al abatimiento del nivel freático causado por la actividad extractiva. Además se observa que los puntos de monitoreo en la mina son deficientes, en especial para los pozos de 20 a 50 metros de profundidad, teniendo en cuenta la afectación generada al nivel freático.

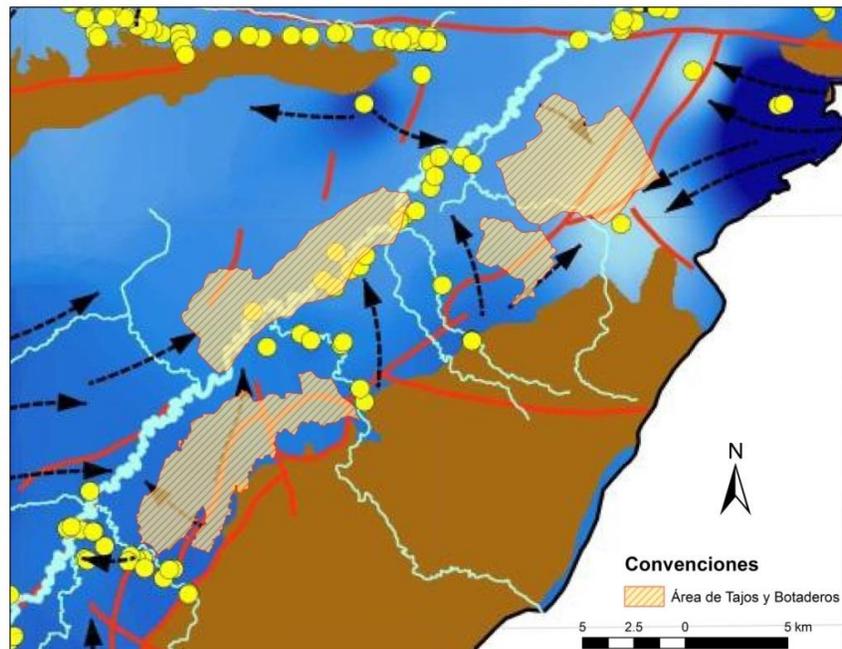


Figura 21. Piezómetros y direcciones de flujo de 0 a 20 m. Modificado de CORPOGUAJIRA-Udea, 2013

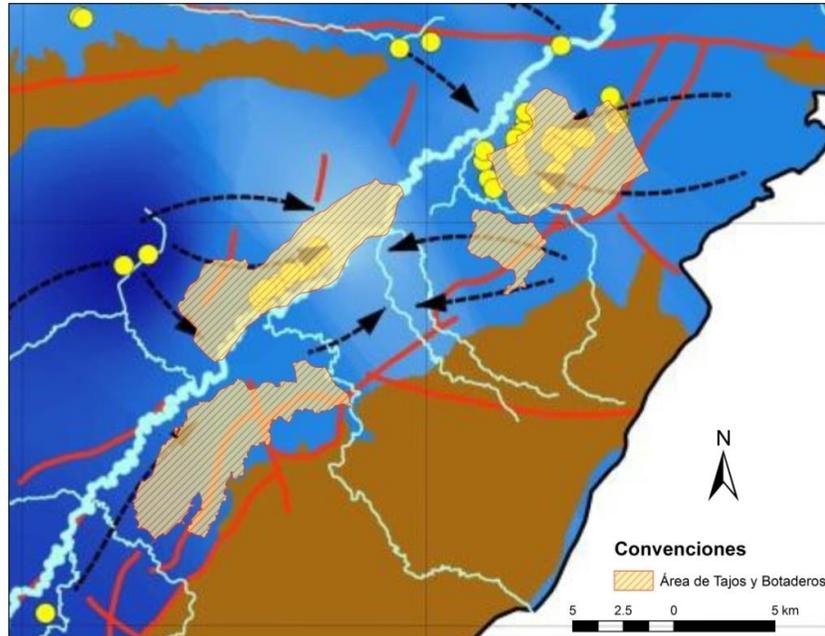


Figura 22. Piezómetros y direcciones de flujo para 50 m en adelante. Modificado de CORPOGUAJIRA-Udea, 2013

Esta agua generalmente es bombeada y llevada a los embalses de contención para luego ser utilizada en diferentes actividades.

Es importante ilustrar como referencia las problemáticas detectadas y diagnosticadas en la zona del Cesar afectada por extracción de carbón a gran escala. La información hidrogeológica que hace parte de los estudios ambientales elaborados por las empresas carboneras del Cesar (sitio menos árido que La Guajira) establece que la mayor parte de ríos, arroyos, caños y ciénagas se constituyen en las zonas de recarga de los acuíferos que existen en la llanura del río Cesar. Si se acepta el daño ambiental de elementos que pueden tardar miles de años en recuperarse, tal como lo establecen las publicaciones de la Contraloría (Cabrera & Fierro, en Garay, 2013 y Fierro, en Garay, 2014), los mecanismos y la conceptualización misma de compensación deben ser evaluados y acotados en función del conocimiento técnico-científico, lo cual debería llevar a la reevaluación de normas e instrumentos.

Lo anterior no es un acercamiento teórico, pues ya se tienen datos preliminares sobre los abatimientos de acuíferos en la llanura aluvial del río Cesar. Corpocesar (2011), estimando el impacto de proyectos mineros sobre el Arroyo Caimancito (el cual discurre entre una plantación de palmeras llamada Alamosa y el tajo del proyecto minero El Descanso Norte) a causa de las intervenciones que se llevaron a cabo sobre el cauce de dicho arroyo en inmediaciones del proyecto Calenturitas, expresa en un informe técnico:

La plantación de Palmeras de Alamosa se ubica inmediatamente al sur (arroyo Caimancito en medio) del actual emplazamiento del proyecto minero El Descanso Norte y al norte (río Calenturitas en medio) de los proyectos mineros Calenturitas, El Hatillo, La Francia y La Loma. 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, tal como

se pudo evidenciar durante las visitas efectuadas por la Corporación en 2011 a la zona geográfica aludida. 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.

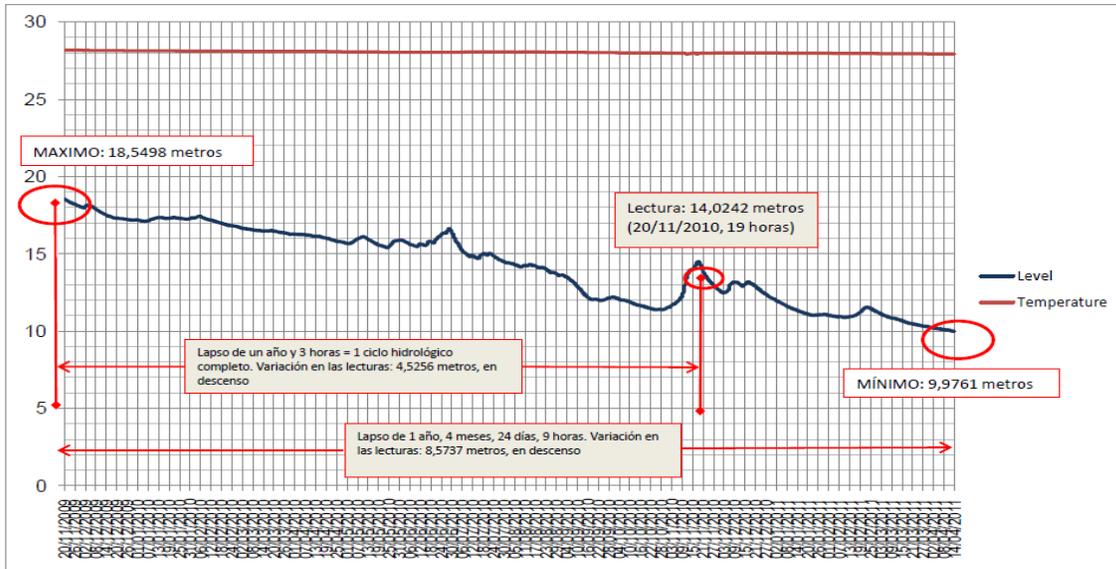


Figura 5. Comportamiento de las lecturas del sensor automático, pozo del Lote A-16. Palmeras de Alamosa Ltda.

Figura 26. 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) 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)

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.

1.1.3. Afectación eventual de acuíferos y aguas subterráneas por el proyecto de ampliación P40 que incluye la desviación del Arroyo Bruno

Finalmente, en relación con la intención de Cerrejón de ampliar la extracción de carbón debe considerarse que eventualmente más volumen de acuíferos será removido y perdido definitivamente. Para acercarse a su impacto/daño, se tomó la información proyectada para el año 2033 entregada en el documento de modificación del PMAI (curvas de nivel y tajos mineros). A partir de ellos se halló el volumen de los nuevos tajos (Annex) y de la ampliación de los ya existentes, con el fin de calcular el volumen de acuífero Fonseca y Cerrejón que se perdería. Es necesario tener en cuenta que el nuevo tajo Annex estaría sobre el acuífero Cerrejón, por lo cual los cálculos para el acuífero Fonseca se harán sobre las mismas áreas que en 2015. Adicionalmente debe tenerse en cuenta que en las proyecciones de Cerrejón no está contemplado Caypa (CCC) por lo cual se desconoce cuáles son las pretensiones sobre el avance de este tajo.

TABLA 11. VOLÚMENES DE ACUÍFERO FONSECA Y ALMACENAMIENTO MÁXIMO DE AGUA CALCULADOS PARA LOS TAJOS PATILLA, COMUNEROS Y OREGANAL PARA EL AÑO 2033 EN EL MARCO DEL PROYECTO P40. ELABORACIÓN PROPIA.

Espesor Acuífero Fonseca (m)		Volumen retirado (millones de m ³)	Porosidad efectiva (%)	Volumen máx de almacenamiento (millones m ³)
Mínimo	5	36	19	7
			28	10
Máximo	24	179	19	34
			28	50

Para el sector de Nuevas Áreas Mineras – NAM y el nuevo tajo Annex se realizó el cálculo únicamente en el acuífero Cerrejón teniendo en cuenta el modelo hidrogeológico de UDEA – Corpoguajira.

TABLA 12. VOLÚMENES DE ACUÍFERO CERREJÓN Y ALMACENAMIENTO MÁXIMO DE AGUA CALCULADOS PARA LOS TAJOS LA PUENTE Y TABACO PARA EL AÑO 2033 EN EL MARCO DEL PROYECTO P40. ELABORACIÓN PROPIA

Litología	Porcentajes	Volumen retirado (millones de m ³)	Porosidad	Volumen máx de almacenamiento (millones de m ³)
Arcillolita	57	1272	1,4	18
Arenisca	34	759	9,4	71
Carbón	9	201	0	0
Total (arenisca + arcillolita)		2.031		89

Finalmente, los volúmenes de acuífero Cerrejón removido por la ampliación de las áreas Patilla, Comuneros y Oreganal fueron los siguientes:

TABLA 13. VOLÚMENES DE ACUÍFERO CERREJÓN Y ALMACENAMIENTO MÁXIMO DE AGUA CALCULADOS PARA LOS TAJOS PATILLA, CAYPA, COMUNEROS Y OREGANAL PARA EL AÑO 2033 EN EL MARCO DEL PROYECTO P40. ELABORACIÓN PROPIA.

Litología	Porcentaje	Volumen mínimo retirado (millones de m ³)	Volumen máximo retirado (millones de m ³)	Porosidad	Volumen máx de almacenamiento (millones de m ³)	Volumen mín de almacenamiento (millones de m ³)
Arcillolita	57	636	718	1.4	9	10

Arenisca	34	379	428	9.4	36	40
Carbón	9	100	113	0	0	0
Total (arenisca + arcillolita)		1.016	1.146	--	45	50

En total, si se ejecutaran las labores de extracción tal y como se tiene planteado en el documento de modificación del PMAI del proyecto P40, para el año 2033 se habrán removido de 36 a 179 millones de m³ del acuífero Fonseca y de 3.047 a 3.177 millones de m³ de acuífero Cerrejón (1.138 a 1.187 millones de m³ de areniscas –niveles acuífero – y 1.908 a 1.990 millones de m³ de lodolitas – niveles acuitardo-). En cuanto a la cantidad de agua que ya no podría ser almacenada por la ausencia de acuífero, en el acuífero Fonseca es de 7 a 50 millones de m³ de agua, mientras que en el acuífero Cerrejón es de 134 a 139 millones de m³ de agua.

Al compararse los valores de 2015 y 2033 es evidente que el área que sufrirá más afectación por las eventuales nuevas actividades de Cerrejón sería la zona denominada Nuevas Áreas Mineras – NAM y el nuevo tajo Annex dado que los valores de acuífero removido son casi iguales a los valores actuales.

Con el fin de concluir y resaltar las cifras más relevantes, a continuación se destacan los datos más relevantes:

Tabla 14. Recopilación de datos relevantes. Elaboración propia.

	2015	2033 (Sí se desarrolla P40)
Remoción Acuífero Fonseca (millones de m ³)	122 a 554	36 a 179 adicionales
Remoción Acuífero Cerrejón (millones de m ³)	1.185 a 1.332 de areniscas –niveles acuífero	1.138 a 1.187 de areniscas – niveles acuífero adicionales
	1.987 a 2.233 de lodolitas – niveles acuitardo-	1.908 a 1.990 de lodolitas – niveles acuitardo adicionales
Agua que ya no podrá ser almacenada (millones de m ³)	23 a 155 en Acuífero Fonseca	7 a 50 adicionales en Acuífero Fonseca
	139 a 157 en Acuífero Cerrejón	134 a 139 adicionales en Acuífero Cerrejón

1.1.3.1. Evaluación de impactos sobre las aguas subterráneas por el P40 planteada por Cerrejón – Ingetec (2014): La configuración de pasivos y daños ambientales por no identificación de impactos.

En el PMAI (Cerrejón - Ingetec, 2014) se reconoce la segura ocurrencia de contaminación por vertimientos a aguas superficiales, la intervención directa a cauces y a acuíferos tanto aluviales como rocosos paleógenos:

Los sujetos afectados para este impactos son los cuerpos de aguas (superficiales y subterráneos) del área de influencia directa del proyecto y que son afectados por el Proyecto P40. A continuación se presenta el listado de los cuerpos de agua que se encuentran localizados en esta área. Este listado corresponde al ya declarado para la operación actual (estado actual sin proyecto)

- Por posibles vertimientos, descargas de sedimentos

- *Por intervención directa en el cauce actual: río Palomino y drenajes intermitentes. Cabe aclarar que en el caso de arroyo Cerrejón la intervención por tajo Annex ya está incluida en el PMAI actual.*
- *Por intervención a las formaciones aluviales asociadas: principalmente arroyo Tabaco, río Palomino, arroyo Cerrejón, arroyo Paladines y sus respectivos acuíferos*
- *Por intervención en formaciones geológicas: acuíferos Patilla, aluvial Cerrejón, formación Cerrejón, Palomino, Ranchería, Tabaco 1, Cuaternario*
- *Por vertimientos y posible arrastre de sedimentos y por reducción de áreas aferentes de escorrentía (por creación de tajos y conformación de botaderos): ríos y arroyos mencionados anteriormente, lo mismo que drenajes intermitentes*

Las consecuencias de este tipo de acción son planteadas en términos de impactos al ciclo de las aguas, alteración o incluso pérdida de caudales aportados a aguas superficiales (nótese la importancia de este impacto en una zona semidesértica), de las relaciones entre aguas subterráneas y aguas superficiales y contaminación, llamada eufemísticamente afectación en la calidad:

La afectación de calidad y cantidad de agua debida al incremento en la actividad minera por el Proyecto P40 se presenta por:

- *Afectación de caudales naturales en cuerpos superficiales por alteración o pérdida de área aferente por la conformación de las áreas de tajos, botaderos, retrollenados y áreas de servicio, el área aferente y de escorrentía cambia sus características (pendiente y relieve, cobertura natural, altura, etc.), llevando a una alteración o pérdida del caudal aportado a los cuerpos de agua superficiales. El agua lluvia que originalmente cae en coberturas naturales y por gravedad llega a los cuerpos de agua, aportando en caudal, en las áreas afectadas se deposita en el fondo de tajos, o se conduce por canales a sumideros.*
- *Afectación de caudales naturales de cuerpos superficiales por intervenciones en acuíferos aluviales asociados ya sea por pérdida del acuífero o por extracción del recurso subterráneo debido a la operación de pozos de despresurización. La intervención afecta la capacidad de intercambio formación aluvial-corriente superficial.*
- *Afectación a volúmenes disponibles de acuíferos por intervención directa durante excavaciones de tajos, lo que minimiza la capacidad de almacenamiento y liberación del recursos hídrico en épocas lluviosas y secas respectivamente*
- *Afectación de caudales naturales en cuerpos superficiales por uso del recurso en la actividad minera: para las diferentes actividades de minería (uso doméstico, uso industrial y ambiental), además del recurso recirculado de los embalses y lagunas de retención de Cerrejón, se realizan captaciones de agua superficial y del acuífero Ranchería.*
- *Afectación de las características de calidad por generación y vertimiento de aguas de escorrentía*

Por el incremento en las actividades mineras debidas al Proyecto P40 se genera un incremento en el aprovechamiento del recurso hídrico, ya sea por el incremento en el requerimiento de aguas para uso doméstico e industrial y el incremento y subsecuente operación de pozos de despresurización. Sin embargo cabe anotar que este incremento diferencial requiere de un volumen adicional que teniendo en cuenta las condiciones y requerimientos actuales de operación está cobijado bajo permisos vigentes. Por esta razón

no se considera como un impacto adicional, ya que se encuentra declarado en los permisos vigentes. La misma situación ocurre con los vertimientos de aguas de uso doméstico e industrial.

Es muy grave que se diga que no es necesario ajustar el plan de manejo porque todos estos impactos ya están “declarados en los permisos vigentes”, puesto **al aceptar el incremento de los impactos por el Proyecto P40, deberían reevaluarse los permisos ya obtenidos con base en documentación omisiva e incompleta.** Lo anterior ignora los presupuestos básicos de acumulación, residualidad y sinergia que se producen cuando los proyectos se amplían o cuando confluyen, sabiendo que dichos presupuestos son la base para acercarse a la determinación de pasivos ambientales.

La poca importancia ambiental de los acuíferos y las aguas subterráneas para Cerrejón en los estudios presentados en el PMAI (Cerrejón - Ingetec, 2014) es explícita cuando a pesar de reconocer la eventual contaminación por vertimientos a aguas superficiales, la intervención directa a cauces y a acuíferos tanto aluviales como rocosos paleógenos, **cuantifica la importancia de impacto “potencial” con un valor de 1,62 en una escala de 1 a 10.**

1.1.3.2. Medidas de manejo de los impactos ambientales sobre las aguas subterráneas planteada por Cerrejón – Ingetec (2014): La configuración de pasivos y daños ambientales por gestión inadecuada o inexistente de impactos.

La ficha PBF-02, mostrada en el numeral 6.1.2 del PMAI del proyecto P40 (Cerrejón – Ingetec, 2014) muestra la propuesta de Manejo acuíferos del río Ranchería (Cuaternario) y acuíferos Terciarios intervenidos por la operación minera, cuyo objetivo general es *“Proteger los acuíferos del río Ranchería y optimizar la utilización de los que se encuentran en los mantos de carbón.”*. Dicho objetivo es poco creíble cuando la actividad de minería a cielo abierto *per se* debe remover todos los acuíferos que se encuentren sobre los mantos de carbón que son su objetivo de explotación. De igual manera llama la atención que este estudio haya sido acogido por la autoridad ambientales cuando expone que los acuíferos *“pueden ser cortados por los tajos de explotación”* cuando dicho efecto es inevitable por el tipo de explotación, razón por la cual es condicional sobra.

También se expresa en el documento Cerrejón – Ingetec (2014) que no solamente se afectarán los acuíferos que ya tienen permiso de las autoridades ambientales para ser dañados irremediablemente (en el sentido estricto de daño ambiental planteado en el artículo 42 de la Ley 99 de 1993), se dice que *“Las explotaciones futuras, intervendrán además, el acuífero Areniscas de Tabaco.”*, con lo cual los planteamientos del numeral anterior no son correctos y se reitera con ello el pedido de suspensión de las actividades de ampliación aprobadas por las autoridades mineras y ambientales.

No obstante lo anterior, **nos centraremos este numeral en discutir las Medidas de manejo planteadas con el fin de gestionar el impacto, es decir prevenir, corregir, mitigar o compensar, soportados en los principios constitucionales colombianos de que el abordaje principal debe ser el de la Prevención.** Cerrejón – Ingetec (2014) proponen:

Para controlar los efectos que se generan por la intervención de los acuíferos, se deberán ejecutar las siguientes actividades:

- *Para el acuífero aluvial del río Ranchería:*

Construcción de barreras de baja permeabilidad para evitar la tubificación y flujos hacia el Tajo, las cuales deben instalarse antes de cortar el acuífero. El diseño típico de las barreras se presenta en el Anexo A2 de la Ficha PBF-02.

Construcción de sumideros que permitan desaguar el cuaternario dentro de la zona del tajo y en la zona aledaña al mismo

- *Para el acuífero de la formación Cerrejón:*

Construcción de pozos para manejar los flujos máximos de drenaje, que tienen como función drenar tanto el highwall como los endwall de los Tajos, para ayudar a la estabilidad.

Drenes horizontales para drenar las áreas de footwall y garantizar la reducción de las presiones en esta parte del área de minería.

Es evidente que esta ficha de manejo “ambiental” es realmente una ficha de manejo “geotécnica” donde lo que importa es la estabilidad de la operación de extracción de carbón. A lo largo de todo el estudio, Cerrejón – Ingetec (2014) han expresado que las aguas subterráneas son un “problema” para la estabilidad de los taludes y la operación minera. En este capítulo se reitera que las medidas de manejo son para *ayudar a la estabilidad y garantizar la reducción de las presiones* en los tajos mineros.

No existe manera de entender cómo es posible que “desaguar el cuaternario”, con todas las implicaciones negativas de abatimiento del nivel freático, contaminación de dichas aguas cuando entran en contacto con las aguas de mina dentro del tajo, o drenar acuíferos de la Formación Cerrejón, exponiendo algunos de los niveles de alta salinidad y extrayendo sus aguas para introducirlas al sistema de aguas superficial puedan ser planteadas dentro de una ficha de “manejo ambiental”.

Y no solamente existiría irresponsabilidad por parte de Cerrejón al no gestionar el impacto (posiblemente porque no es posible prevenir, ni corregir, ni mitigar ni compensar el daño al sistema acuíferos/agua subterránea en un proyecto de minería a cielo abierto), sino de las autoridades ambientales ANLA y Corpoguajira que han permitido el proyecto y su ampliación.

1.1.4. Conclusiones respecto a las aguas subterráneas

- Los estudios del Cerrejón tratan el agua como un elemento problema en la actividad minera y la hidrogeología se efectúa con propósitos de estabilizar sus fosas y no tener “problemas” en la operación.
- No hay ninguna consideración por las fallas geológicas y la deformación tectónica y su relación con las aguas subterráneas.
- No se plantea de manera clara relación de los acuíferos con ríos y arroyos. Los estudios no son claros ni profundos en este aspecto.
- La modificación del PMA integral del proyecto P40 no menciona la hidrogeología del arroyo Bruno.
- Reconocen que ríos y arroyos alimentan acuíferos, con lo cual no es posible desviarlos sin incumplir la Ley 99 de 1993 (art. 1°).

- Los estudios denotan alta incertidumbre con lo cual las decisiones sobre desvíos y amputaciones de ríos y arroyos no cumplen con preceptos constitucionales como el de Precaución (Sentencia C-339 de 2002).
- La no gestión de los impactos y efectos ambientales nocivos, permanentes e irreversibles sobre el sistema aguas subterráneas / acuíferos puede constituir pasivo y daño ambiental, causado por un proyecto que tiene las autorizaciones ambientales para ello.
- Los estudios que soportan las decisiones ambientales son precarios en este ítem, lo cual faltaría a los principios de Precaución y Prevención y podría también configurar incumplimientos de los artículo 1° (protección de recargas de acuíferos) y 42 (daño ambiental) de la Ley 99 de 1993.

1.2. Impactos sobre las aguas superficiales

1.2.1. Desviación de ríos y arroyos

En todo el mundo se está dando un profundo debate sobre la viabilidad de desviar ríos por los innumerables efectos negativos en la hidráulica, en las dinámicas socioculturales y en los ecosistemas (Stanford & Ward, 1993; Steiger et al., 2005); Humphries & Winemiller, 2009, entre otros). Particular importancia tiene la relación de ríos y arroyos con los ecosistemas riparios (los que se desarrollan en las riberas) y con los hiporreicos (la compleja interacción entre seres vivos que habitan los sedimentos del fondo) que son la principal fuente de disposición de nutrientes para todo el sistema. Estos ecosistemas evolucionan con el río y se ajustan en tiempos geomorfológicos (centenas de miles de años), que para el caso del Río Ranchería y de sus afluentes, incluido el Bruno se han desarrollado en los últimos dos millones de años.

Ya Fierro & López (2014) en sus estudios para la Contraloría General de la República advirtieron:

Los ríos se constituyen en ejes articuladores de interacciones complejas no solamente de líquidos, sino de flujos de materia y energía que incluyen nutrientes, energía solar, energía gravitatoria, sólidos en solución, suspensión y arrastre. Son, además, fundamentales en la descarga de material en zonas montañosas que pueden influenciar la tasa de levantamiento tectónico y por ende el clima global. Desde una perspectiva ecosistémica, los ríos son elementos fundamentales, puesto que suministran la energía suficiente para transportar materiales y nutrientes de arriba hacia abajo (desde cuencas montañosas hacia zonas de llanuras aluviales) pero también son eje de ciclos de adentro hacia afuera (interconexión con aguas freáticas y de ecosistemas que se desarrollan dentro del agua hacia los de afuera).

Desde el punto de vista ecológico, la “cuenca hidrográfica” corresponde a un sistema articulado por una red de acuíferos y cursos de agua superficiales y subterráneos, en el cual se regulan gran parte de los flujos de materia y energía, que a manera de “efecto dominó”, desencadena procesos en todo su territorio, no solo a través de la red hídrica como interconector, sino de manera integral a través de los procesos biogeoquímicos y climáticos, desmitificando la premisa de que los impactos en la cuenca se generan únicamente en sentido vertical, de aguas arriba hacia aguas abajo, ya que también lo ocurrido agua abajo impacta y altera los procesos aguas arriba y de una vertiente a otra.

(...)

Por las razones expuestas, los abordajes que estudian la interacción de ríos y aguas subterráneas y de ecosistemas riparios con los hiporreicos suelen ser insatisfactorios o estar completamente ausentes en los estudios ambientales de empresas mineras, de hidrocarburos, de distritos de riego o de generación de energía eléctrica mediante grandes represas (las que suelen optar por “correr” los ríos):

- Las características de las aguas corrientes son controladas de manera significativa por sus interacciones con sus alrededores.
- Hidrológicamente, las aguas superficiales, subsuperficiales y las subterráneas están íntima y complejamente conectadas.
- Los ecosistemas de aguas subterráneas dependen de la transferencia de energía desde la superficie en forma de materia orgánica disuelta y particulada y de manera inversa, muchas corrientes reciben entradas considerables de nutrientes desde las aguas subterráneas.

(...)

El caso particular de las llanuras aluviales que se relacionan con los ríos que discurren por el centro del Departamento del Cesar y del centro-sur de La Guajira han sido datadas como posteriores al cambio de curso del río Magdalena de su desembocadura en el lago de Maracaibo, cambio producido por la separación de la Sierra Nevada de Santa Marta de la Cordillera Central (Corpocesar – Universidad del Magdalena , 2010). Por lo tanto, el relleno aluvial y los ríos Ranchería y Cesar y todos sus afluentes tienen una historia de cerca de dos millones de años. Las evoluciones geológicas, geomorfológicas, hidrológicas, hidráulicas y ecosistémicas son muy antiguas en escalas de tiempo humanas.

En este contexto cobra relevancia preguntarse sobre las consideraciones tenidas en cuenta por las empresas mineras (o las generadoras de electricidad) cuando proponen la desviación de ríos en función de criterios puramente hidráulicos (ancho y profundidad de canales, secciones hidráulicas, pendientes, etc.) y los parámetros de la autoridad ambiental para emitir licencias ambientales para estos proyectos y los de grandes represas o distritos de riego, en donde la perpetuidad (a escala del tiempo humano, tal como será discutido más adelante) de las consecuencias es clara. Se afectan ecosistemas, se rompen las interacciones entre distintos ecosistemas, se afectan comunidades y poblaciones biológicas que dependen de su funcionamiento y de sus dinámicas, a las poblaciones locales en particular los pescadores por la desaparición de algunas especies poco adaptables a cambios físico-químicos o por la disminución en las tallas de peces (Rowell, Flessa et al. , 2008). (Resaltado fuera de texto)

Es evidente que las empresas mineras en general y Cerrejón en particular minimizan y simplifican a tal grado la complejidad de las interacciones naturales que se expresan en los ríos que de esa manera también se configuran daños ambientales. La manera en que la empresa se refiere al tema es muestra de negligencia cuando de acuerdo con lo que se puede leer en su página (<http://www.cerrejon.com/site/operacion-integrada/desarrollo-de-obras-en-el-tajo-la-puente.aspx>), correr el arroyo es una estrategia para protegerlo:

“se requiere la ejecución de unas obras en el tajo La Puente, ubicado al norte de La Mina dentro de la concesión minera, que consisten en mover 700 metros al norte un tramo de 3,6 km del arroyo Bruno para protegerlo del avance de la operación minera.” (subrayado fuera de texto).

1.2.1.1. Eventual afectación directa del río Ranchería

Si bien Cerrejón ha expresado que por consideraciones económicas (precios internacionales del carbón) su propuesta de correr el río Ranchería ha sido aplazada, esta iniciativa debe ser revisada como información de contexto, pues da luces sobre la importancia que los valores ambientales, y el río Ranchería es el más importante de toda la Guajira, tienen en su concepción del negocio.

Como ya se explicó, es necesario para adelantar el proyecto minero la remoción del material aluvial y de las unidades de roca Paleocenas, pero esta afectación directa no es la única que sufren los acuíferos de la cuenca del Río Ranchería. En el modelo hidrogeológico realizado por Corpoguajira - UDEA (2011) se lee:

“Los acuíferos libres de la cuenca, esto es las unidades hidrogeológicas Ranchería, Fonseca y Oca, tendrían algunos aportes de recarga directa, a la vez que son alimentados por cuerpos de agua superficial que tienen regímenes de flujo que varían de perenne a intermitente, en algunos tramos”.

Esto implica que las modificaciones que se realicen a los cursos de agua superficial tendrán implicaciones directas en la recarga de los acuíferos libres de la cuenca del río Ranchería, en este caso el acuífero Fonseca. En cuanto al acuífero multicapa Cerrejón, las zonas donde estas unidades afloran son potenciales áreas de recarga por lo tanto si se modifican los cursos de agua superficial que allí se encuentran se afectara ésta directamente.

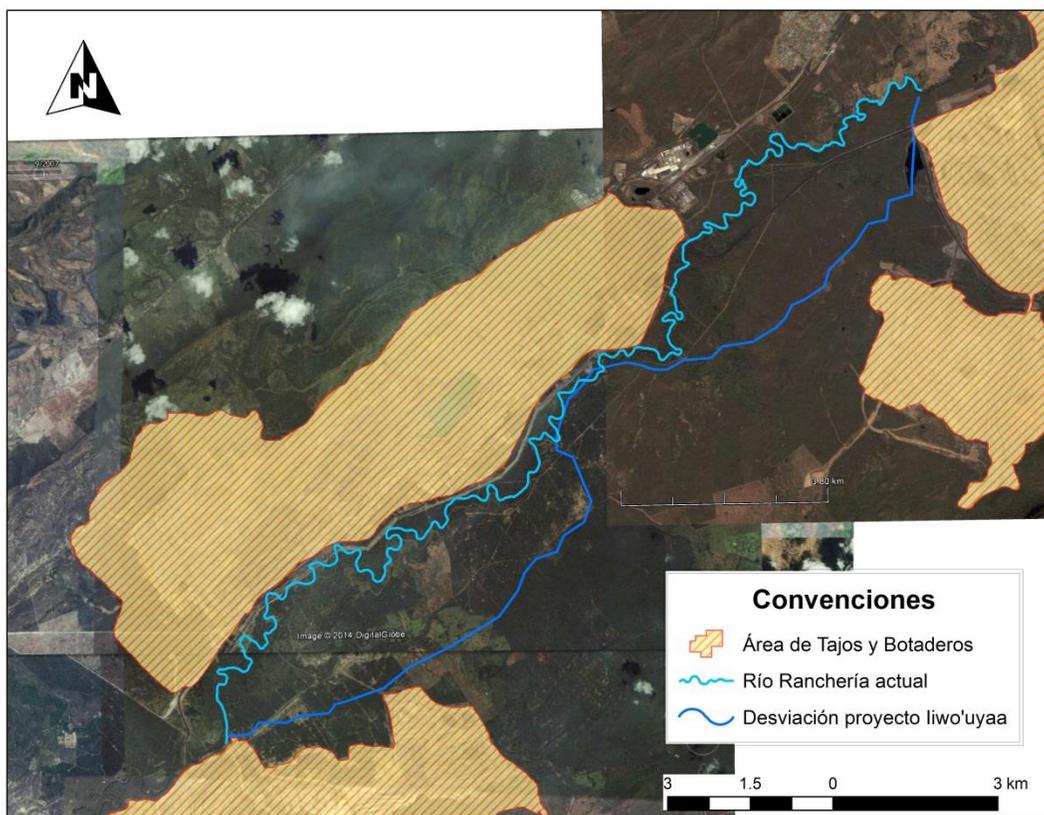


FIGURA 27. DESVIACIÓN RÍO RANCHERÍA

En el Proyecto de Expansión liwo-Uyaa del Complejo Carbonífero Cerrejón se incluye la desviación de un tramo del río Ranchería para poder acceder a las reservas de carbón que se encuentran debajo de éste a través de 2 nuevos tajos: Este y Oeste (Cerrejón, 2011). De acuerdo al documento el tramo que será modificado “sustituiría 27,5 km del curso natural del río por uno modificado en

dos secciones, con 4,1 km del curso actual entre ambas. La longitud total del sector modificado, incluida la parte natural del río, sería de unos 26 km” sobre los acuíferos Fonseca y Cerrejón.

Respecto a la longitud del tramo a modificar que reporta Cerrejón (2011) es necesario considerar que los 4,1 km que esperan dejar en el “curso natural del río” entre los tajos Este y Oeste también van a ser modificados ya que es de esperar que la modificación que sucede inmediatamente aguas arriba influya en la dinámica de dicho segmento (caudal, carga de sedimentos, flujos de nutrientes, flujos de aguas subterráneas, flujos de seres vivos correspondientes a los ecosistemas hiporreicos, parafluviales y riparias). Por lo tanto la verdadera longitud del río Ranchería que, según Cerrejón, será modificada es 31,6 km.

En cuanto a la llanura de inundación Cerrejón (2011) se expresa que:

“La planicie de inundación del curso modificado, su capacidad para el transporte de agua y su aptitud para reducir la velocidad del agua durante las inundaciones deben ser, también, similares a las del río natural. Para lograr este objetivo se hará un canal sinuoso (con meandros) y una planicie de inundación a lo largo de la mayor parte del curso modificado con el fin de garantizar que el comportamiento de la corriente del río no cambie de manera significativa.”

1.2.1.2. Eventual afectación directa del arroyo Bruno

Cerrejón ha conseguido las autorizaciones ambientales para ampliar el tajo La Puente (Nuevas Áreas Mineras) para lo que es necesario desplazar el Arroyo Bruno que se encuentra al norte de éste, entre el tajo actual y la vía vehicular a Maicao. En el PMA de Zona Centro hecho por Cerrejón (2006) se encuentra la siguiente descripción del proyecto: *“El proyecto contempla la conformación de un nuevo cauce, que liberará el área de minería proyectada. Éste cauce se desarrollaría a una distancia máxima de 720 m al norte del cauce natural, remplazando una longitud natural de cauce de 3,6 km.”* Esta modificación reduciría la llanura de inundación del Arroyo Bruno hacia el costado de la vía férrea la cual actualmente es de 800 m y pasaría a ser menor a 450 m y en el costado hacia el tajo de aproximadamente 250 m.

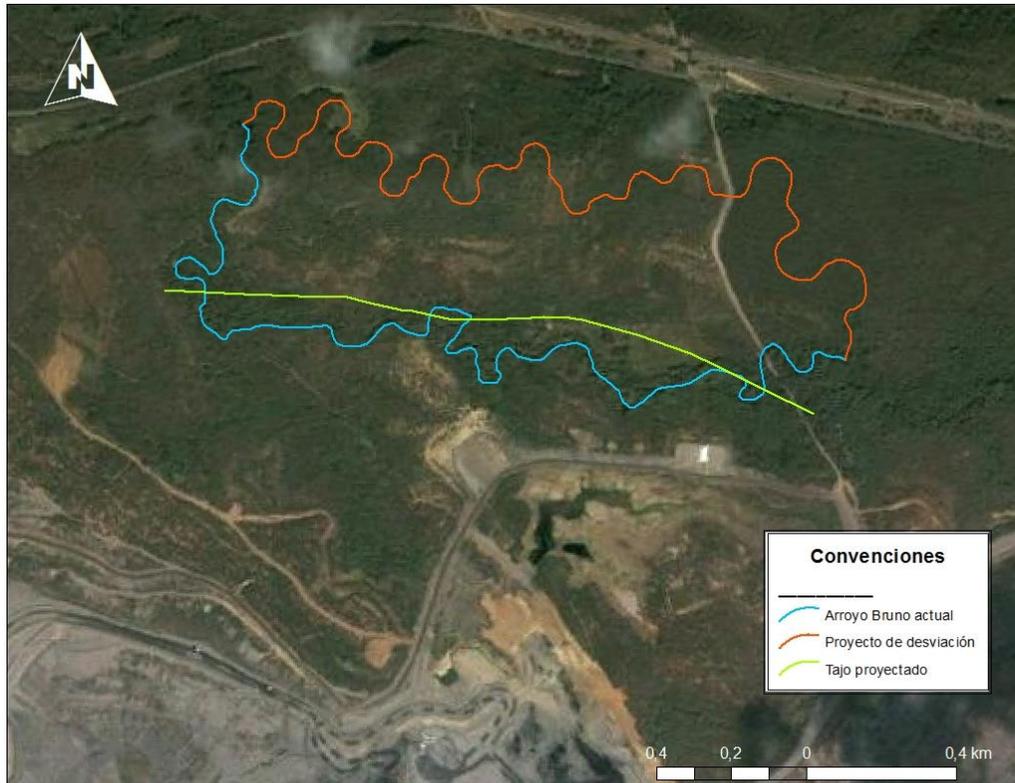


FIGURA 28. DESVIACIÓN ARROYO BRUNO

En la página web de la empresa⁴ se puede leer, refiriéndose al canal con el que pretenden reemplazar al Arroyo Bruno, lo siguiente:

- *El diseño reproduce las condiciones físicas originales para garantizar la supervivencia de fauna y flora.*
- *Habrà agua en calidad y cantidad suficiente para los diferentes usos en condiciones similares a las actuales*
- *A causa de la alteración en la dinámica del caudal en el nuevo tramo, se anticipa una leve disminución temporal durante la época de sequía; el caudal volverá a incrementar en época de lluvia*

A pesar de las discusiones internacionales sobre los impactos negativos, permanentes y no gestionables que se relacionan con correr o desviar cursos de agua y de la ausencia de estudios llevados a cabo en la zona sobre la interacción entre ecosistemas freáticos y ecosistemas riparios así como también de las ausencias o deficiencias en los estudios de las interrelaciones entre las aguas de acuíferos terciarios con los cuaternarios y de estos con los cuerpos de aguas superficiales, **Cerrejón simplifica la problemática exponiendo, sin ningún estudio público de soporte sobre la funcionalidad ecosistémica y geosistémica del Arroyo Bruno, que las obras no**

⁴ <http://www.cerrejon.com/site/operacion-integrada/desarrollo-de-obras-en-el-tajo-la-puente/conservacion-del-arroyo-bruno.aspx>

afectan el suministro de agua para consumo humano y que ciertos programas en la cuenca alta compensarán la remoción de acuíferos, a pesar de que como lo estableció la autoridad ambiental, dichos acuíferos necesitaron dos millones de años para su conformación.

No hay que olvidar que el tiempo es clave en la evolución, tanto geológica como ecosistémica y que por ello el arrasamiento de componentes no renovables de los ecosistemas no puede ser compensado porque no se puede pretender de ninguna manera, replicar la naturaleza y sus tiempos, que son mucho más largos que los de la civilización humana.

Mitos y realidades del tajo La Puente



FIGURA 29. PUBLICIDAD DEL CERREJÓN RESPECTO A LA DESVIACIÓN DEL ARROYO BRUNO

Con respecto los conflictos e impactos descritos anteriormente, Fierro & López (2014) plantean:

Los impactos ocasionados por la minería sobre la estructura biótica y abiótica y el funcionamiento de las zonas ribereñas son múltiples ya que operan tanto en lo espacial (por ejemplo, sitios de captación, hasta nivel de cuenca) y en escalas temporales (de años a milenios). Se afecta el régimen de las aguas y de los sedimentos, se altera significativamente la estructura del hábitat ribereño, parafluvial e hiporreico de ríos, arroyos, lagunas y ciénagas, comprometiendo a su vez la integridad ecológica de los sistemas fluviales.

En Colombia la ANLA, el Ministerio de Ambiente y las corporaciones autónomas regionales deben tener en cuenta estos aspectos de manera que se permita una verdadera rehabilitación de los ríos, las aguas subterráneas, las riberas y, en general, de los ambientes de llanuras de inundación, dado que la normativa actual no tiene suficiente énfasis para lograrlo cuando se realizan actividades que implican fuertes disturbios sobre estos sistemas. En este contexto, debe reconocerse la necesidad de adoptar un enfoque integrado para la gestión de los componentes de los hábitats acuáticos y ribereños, de tener presente la calidad y cantidad del agua, la geomorfología y el no rompimiento de flujos entre procesos (Steiger et al., 2005), considerando los procesos hidrogeomórficos y ecológicos funcionales para evaluar el daño ambiental en procesos de intervención sobre los ecosistemas por minería.

Se destaca que el conocimiento que se tiene acerca de la compleja interacción entre aguas subterráneas y aguas superficiales y de los ecosistemas relacionados en el país es precario y que por ello, las exigencias a las empresas que desvían ríos no se compadecen con los eventuales daños ambientales y pasivos ambientales que se pueden generar.

1.2.2. Los botaderos y su relación con la contaminación de aguas superficiales y subterráneas

1.2.2.1. La liberación de especies químicas tóxicas desde tajos y botaderos

En el anterior numeral se consideró la geología en función de la afectación al ciclo de las aguas debido a la remoción de acuíferos, pero en la introducción se postuló que la contaminación de aguas y aire se encuentra en vínculo íntimo con la composición de las rocas que son extraídas de un medio natural subterráneo, casi en su totalidad en ausencia de aire y son expuestas y emplazadas en la superficie y a la intemperie, con lo cual se da un proceso de transformación química de los materiales ante la acción del oxígeno del aire. En el caso de la minería de carbón en Colombia, las gigantescas excavaciones implican disponer grandes cantidades de rocas y suelos en condiciones de oxidación diferentes a las de su lugar de origen, lo cual suele cambiar el pH y, de esta manera, desequilibrar ciertas especies químicas, liberando tóxicos al agua, los suelos y el aire (Cabrera y Fierro, 2013; Fierro y López, 2014; Fierro, 2014).

Con el objetivo de caracterizar la zona carbonífera del Cerrejón en función de la composición de las rocas y con ello alertar sobre un eventual carácter tóxico de los miles de millones de toneladas de desechos que se han ubicado en los territorios con influencia de la minería del Cerrejón, se revisó la información contenida en los Informes Internos de Ingeominas publicados desde 1940 hasta 1997 así como documentos académicos y los informes presentados por Cerrejón a las entidades ambientales. A continuación se mencionan los rasgos sobresalientes:

- GEOLOGÍA DE LA REGIÓN (CARACTERIZACIÓN DE LAS ROCAS)

Las unidades geológicas Oppenheim (1940), Duque (1961) y Bayona, *et al.* (2007), que afloran dentro del área de influencia directa e indirecta del proyecto P40 corresponden a unidades sedimentarias de edad Jurásica a Paleógena y depósitos aluviales recientes representadas como sigue (Cerrejón - Ingetec, 2014):

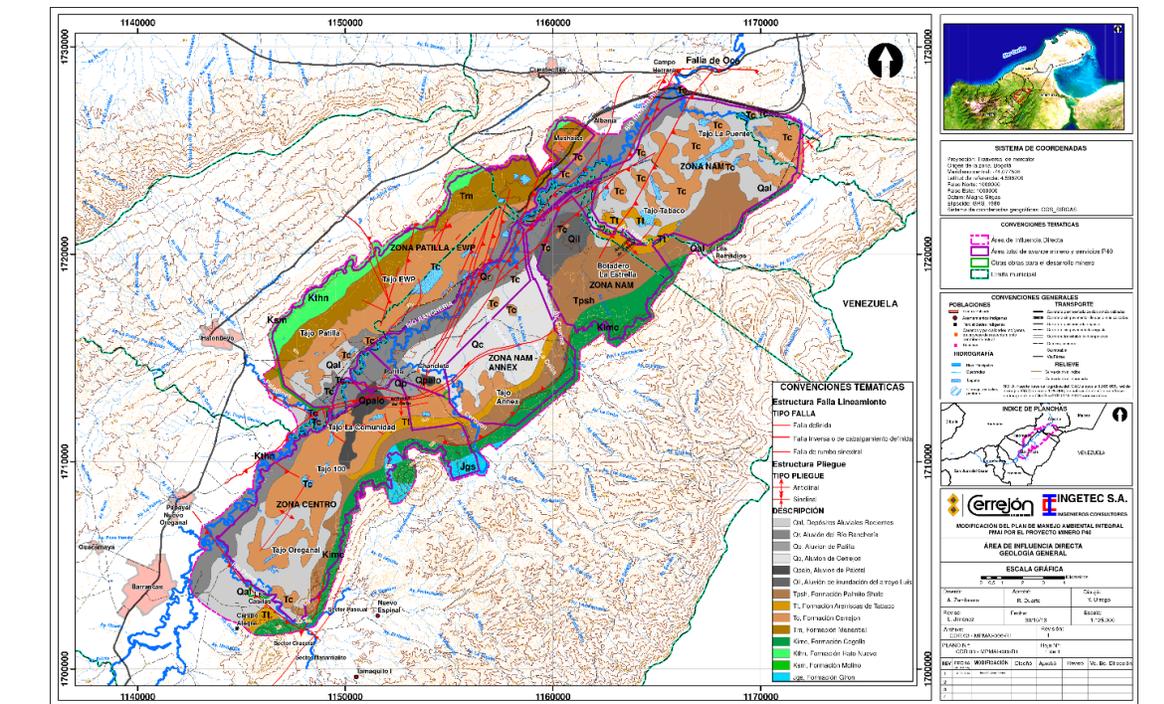


FIGURA 30. MAPA GEOLÓGICO GENERALIZADO DE LA ZONA MINERA DEL CERREJÓN. FUENTE: MODIFICACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL INTEGRAL-PMIA POR EL PROYECTO P40; CERREJÓN; CERREJÓN-INGETEC (2014)

Jurásico: Las rocas Jurásicas están representadas por la Formación Girón (Jgs) que corresponde a una secuencia continental compuesta de arenitas, conglomerados gruesos y lodolitas rojizas, atravesados por cuerpos intrusivos básicos. En algunas zonas las intrusiones presentan mineralizaciones de carbonatos de cobre, malaquita y azurita, así como ocurrencias de cuprita y cobre nativo.

Cretácico: El Cretácico está representado por el Grupo Cogollo (Kimg) del Cretáceo Inferior compuesto principalmente de capas macizas de caliza gris oscura muy fosilífera, perfectamente expuestas en el cerro del Cerrejón con espesor de 400 metros. La Formación La Luna (Ksl) y la Formación Molino (Ksm) corresponden al Cretácico medio – superior y están compuestas por predominio de lodolitas negras bien laminadas.

Paleógeno o Terciario: Como rocas Paleógenas o Terciarias se encuentran las Formaciones Hato Nuevo (Kthn), Manantial (Tm), Cerrejón (Tc), Areniscas de Tabaco (Tt) y Palmito Shale (Tpsh). La sucesión del Paleoceno expuesta en predios de la mina Cerrejón tiene un espesor aproximado de 1,3 km (Bayona et al., 2004, Cerrejón-Ingteec, 2014) y consiste de carbonatos gradando a arcillolitas, areniscas, lodolitas y carbones (Bayona et al., 2007). En detalle estas formaciones corresponden a:

- *Formación Hato Nuevo* (Paleoceno Inferior?) consiste de arcillolitas grises arenosas con un incremento de calizas en la parte media; hacia el tope dominan las calizas arenosas con gasterópodos y pelecípodos. (Bayona et al., 2007).
- *Formación Manantial* (Paleoceno; Etayo-Serna, 1979 en Bayona, et al., 2007) es una unidad con intercalaciones de calizas arenosas (dominando hacia la base), lodolitas y areniscas lodosas (dominando hacia el tope). (Bayona et al., 2007).

Dado que la Formación Cerrejón (Tc), corresponde a la unidad que aloja los mantos de carbón (Molano, 1980), **su caracterización litológica y la de las rocas que la suprayacen permite identificar rasgos composicionales sobresalientes que pueden estar afectando la calidad del agua que drena la zona minera** puesto que va a constituir los materiales “estériles” (botaderos). Por esta razón fueron consultados informes técnicos del Servicio Geológico Colombiano, publicaciones científicas y documentos remitidos Cerrejón a las instituciones ambientales en búsqueda de información geológica clave que permita **entender la relación entre la explotación de carbón y en especial de la generación de desechos rocosos con la afectación de la calidad de agua y en particular su alcalinización, razón por la cual se destacará la presencia de materiales calcáreos en las rocas afectadas por la explotación y que constituyen los botaderos, todos ellos, aspectos completamente ignorados en los estudios de Cerrejón.**

- *Formación Cerrejón*

La Formación Cerrejón (Paleoceno Superior; Van Der Kaars 1983, Bayona et al. 2004, Jaramillo et al. 2007 en Bayona et al. 2007) se extiende a lo largo del Valle Medio del río Ranchería con espesores de entre 800 - 1000m (Molano, 1980). Corresponde a una secuencia monótona de areniscas principalmente feldespáticas y líticas (aunque incluye areniscas calcáreas a la parte inferior) (Cerrejón, 2006), interestratificadas con lutitas carbonosas y mantos de carbón. Además se identifican algunas capas delgadas de caliza en la parte media de la unidad (ver siguiente figura) (Cerrejón-Ingtec, 2014).

PERIODO	UNIDADES	NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN
Jurásico	Formación Girón	Jgs	Sucesión de areniscas arcólicas grises, amarillas y rojas purpuras con tamaño de grano de fino a muy grueso
Cretácico	Grupo Cogollo	Kmc	Se divide en Formación Lagunitas y Formación Aguas Blancas. Secuencia alterada de lutitas negras carbonosas, limolitas arcillosas y calizas negras, interestratificadas con chert, areniscas calcáreas
	Formación La Luna	Ksl	Calizas grises y negras, arcilolitas calcáreas
	Formación Molino / Colón	Ksm	Shales calcáreos y arenitas lodosas
Paleógeno o Terciario	Formación Hato Nuevo	KThn	Shales arenosos, shales calcáreos y calizas
	Formación Manantial	Tm	Arenitas de grano fino, material carbonoso, arenitas calcáreas interestratificadas con shales arenosos oscuros y shales micáceos
	Formación Cerrejón	Tc	Arenitas finogranulares, shales, shales limosos, shales arenosos, carbón y algunas capas delgadas de calizas en la parte media de la unidad
	Formación Areniscas de Tabaco	Tt	Arenisca maciza, amarilla, friable, de grano medio a conglomerática, cuarzoza y ligeramente micácea, algo calcárea, que presentan con alguna frecuencia estratificación cruzada. Se alteran con capas de arcilolitas amarillas y con pocos horizontes de conglomerados
	Formación Palmito Shale	Tpsh	Shales fosilíferos con intercalaciones de arenisca amarilla de grano fino y delgados niveles de carbón en la base
Cuaternario	Depósitos Aluviales	Qal	Limos y arcillas, gravas de rocas sedimentarias como areniscas, calizas, limolitas, cuarcitas en menor proporción, fragmentos de rocas ígneas
	Aluvión del Río Ranchería	Qr	Suelos arcillo-limosos y arenas de grano fino a conglomerática, cuarzozas, las cuales presentan lótos de rocas ígneas y en algunos casos una matriz arcillosa
Aluviones, como se describen en los numerales a continuación			

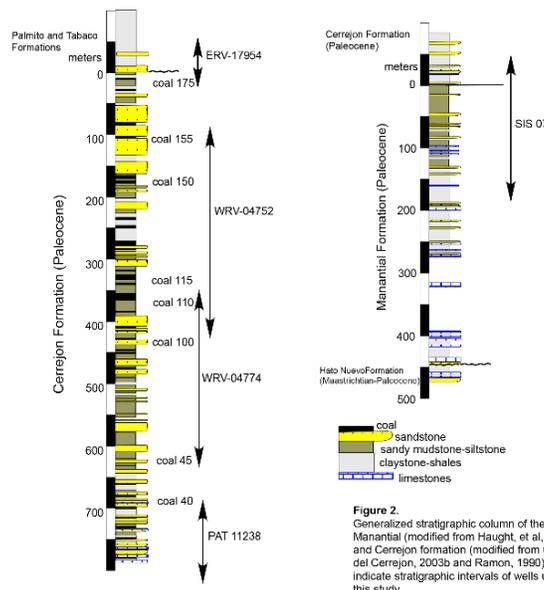


FIGURA 31. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES LITOLÓGICAS QUE AFLORAN EN LAS INMEDIACIONES DEL PROYECTO MINERO Y COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LAS UNIDADES MANANTIAL, CERREJÓN Y TABACO. TOMADO DE: BAYONA ET AL. 2004; CERREJÓN-INGTEC, 2014)

Las areniscas de la Formación Cerrejón, contienen fragmentos de cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, glauconita, fragmentos calcáreos de composición micrítica que se presentan como constituyentes del armazón de las areniscas en porcentajes que varían entre un 0-5% en la porción inferior a un máximo de 20% en la parte media y superior (ver siguiente figura), líticos predominantemente sedimentarios y metamórficos, así como agregados cuarzo-feldespáticos. Estas rocas presentan alto contenido de matriz y comúnmente cemento calcáreo en las rocas de la parte superior de la Formación Manantial y parte inferior de Cerrejón (Bayona et al. 2004, 2007).

- *Formación Tabaco* (Paleoceno Superior; Jaramillo et al. 2007) corresponde a una secuencia con un espesor aproximado de 120m (Gómez, 2012) de areniscas conglomeráticas grises a amarillentas con intercalaciones de lodolitas arenosas. (Bayona et al., 2007) y conglomerados (Gómez, 2012). Las areniscas de esta formación muestran un importante contenido de cuarzo y feldespato potásico mientras que los fragmentos calcáreos desaparecen. El ambiente de formación se considera fluvial de corrientes trenzadas.
- *Formación Palmito Shale* (Paleoceno Superior) constituida por rocas clásticas finas con un espesor que oscila entre 180 y 300m, entre estas, areniscas arcillosas alternando con arcillolitas y limolitas arenosas calcáreas, con lentes de yeso hacia la parte superior de la secuencia (Gómez, 2012).
- *Los depósitos Cuaternarios* están representados principalmente por el aluvión del Río Ranchería (Qr), aluvión de inundación del arroyo Luis (Qil), aluvión de Palotal (Qpalo), aluvión de Cerrejón (Qc), aluvión de inundación de Patilla (Qp) y aluvión de Palomino (Qpal), donde son comunes fragmentos de calizas (Cerrejón – Ingetec, 2014)).

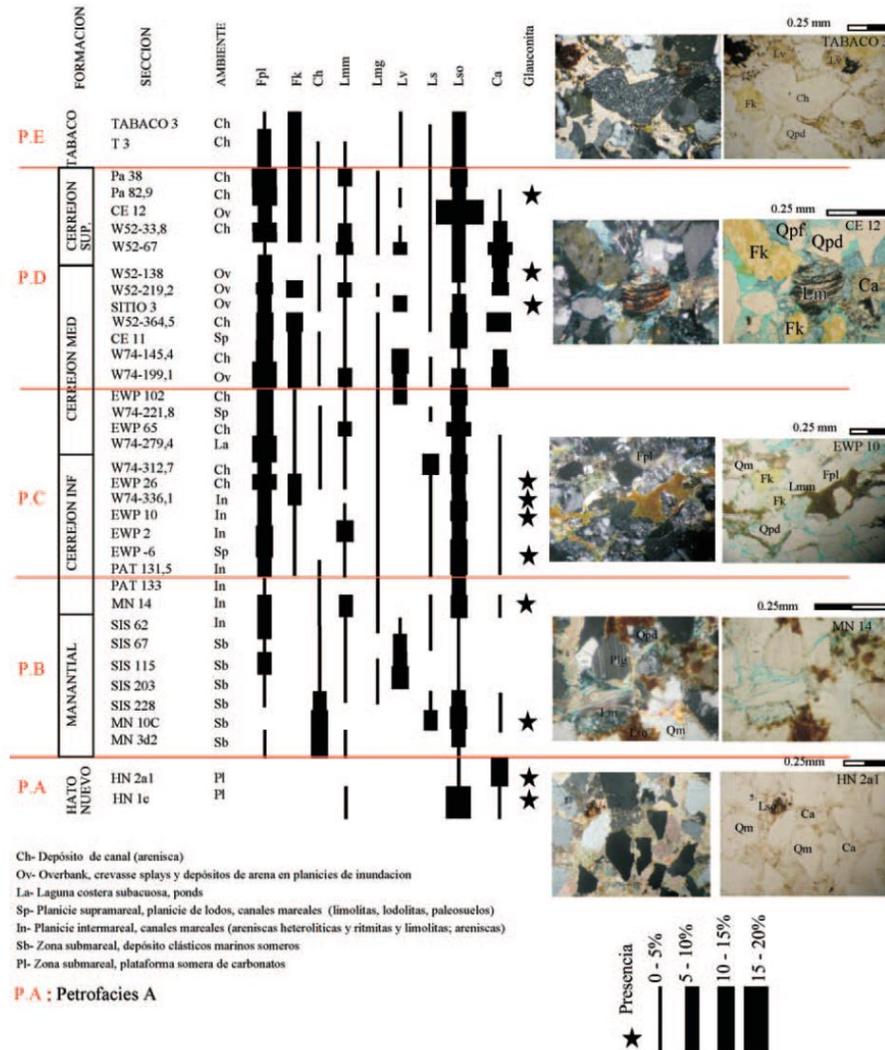


FIGURA 32. CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA DE LA SUCESIÓN PALEOCENA DE LA CUENCA RANCHARÍA REPRESENTADA EN LAS UNIDADES HATO NUEVO, MANANTIAL, CERREJÓN Y TABACO.

- CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS

Sobre la posible influencia de los suelos en el carácter alcalino de las aguas de la cuenca Ingeominas, 2009 reporta:

“Teniendo en cuenta que el clima es uno de los factores más importantes en la génesis del suelo se genera en esta región suelos cuyas características más sobresalientes son la salinidad, la deficiencia marcada de humedad, la abundancia de carbonatos, la tendencia a la compactación de los materiales del suelo que conforman sus diferentes horizontes, la erosión intensa que con frecuencia decapita total o parcialmente el perfil del suelo, la presencia de capas delgadas o espesas de arenas transportadas por el viento, la pobreza en material orgánica y los pH básicos en la mayor parte del territorio, donde interactúan también otros factores como: La deficiencia de precipitación, las altas temperatura, la pérdida excesiva de agua por evapotranspiración Córdoba (1979).”

TABLA 15. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS SUELOS LOCALIZADOS EN LA REGIÓN DE LA MEDIA Y ALTA GUAJIRA. TOMADO DE CÓRDOBA, 1979 EN INGEOMINAS 2009 (EL TRABAJO DE CÓRDOBA NO ESTÁ DISPONIBLE AL PÚBLICO).

SUELOS POCO O NADA EVOLUCIONADOS	SUELOS EVOLUCIONADOS
Suelos aluviales en el fondo de los arroyos	Suelos evolucionados en la llanura de la Guajira donde se observan perfiles de suelo con horizonte B de alteración y esporádicamente horizonte B de enriquecimiento en arcilla, en estos sectores se observa también horizontes con acumulación de carbonatos de calcio y suelos de color rojizo que indican rubeficación
Suelos al pie de los grandes macizos	
Depósitos eólicos litorales o continentales	En el sector sur los suelos presentan una evolución actual donde se observan perfiles de suelo con horizontes humíferos de tipo mólico u ócrico
Suelos truncados de los glaciares y de las mesetas litorales desarrollados sobre materiales calcáreos consolidados	
Además en estas regiones se encuentran suelos arenosos originados a partir de las arenas transportadas por el viento y de suelos arcillosos formados en materiales arcillo-arenosos, margas y calizas de origen marino, generando suelos salinos y/o sódicos exhibiendo sequedad casi permanente que indican un régimen arídico, mientras que en el sector sur se encuentran suelos de régimen ústico debido a que en este lugar hay mayor humedad disponible sin buenos para desarrollar en las actividades agrícolas.	

- CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LOS CARBONES

Hay que tener en cuenta que a los carbones se les hace un análisis en el que según la concentración de ciertos factores se puede determinar su calidad. Estos factores son la cantidad de humedad, material volátil, carbón fijo, ceniza y azufre.

Para resaltar se tiene que el azufre en los carbones generalmente se toma como un constituyente de la pirita, como es bien sabido desde hace más de 50 años (Alvarado, 1936), que es el caso de los carbones del Cerrejón (Arango, 1943):

“El azufre se encuentra en forma de pirita segregada en delgados patrones sobre los planos de clivaje del carbón. Raras veces se presenta sulfato de calcio en cristales pequeños”

En diferentes análisis hechos a los carbones del Cerrejón desde 1884 se establece que su concentración de azufre nocivo es de 0,022% y de azufre total en muestra recibida varía entre 0,17% y 1,54% y en muestra seca entre 0,26% y 2,07%, esto según los estudios hechos por Oppenheim (1940), Arango (1943), Sarmiento (1950), Instituto Geológico Nacional (1956), Duque (1961), Mutis (1961), Mutis (1966), Castro (1970), Franco (1977).

Elementos como el arsénico, el mercurio, el selenio, el cadmio y el plomo presentes en el carbón, son considerados de gran preocupación e importancia ambiental y están incluidos en la lista de sustancias identificadas como contaminantes peligrosos del aire del Toxics Release Inventory de los Estados Unidos (Zhang et al., 2004; Swaine, 2000). Además del azufre, los carbones suelen tener otros elementos asociados en bajas concentraciones que son extremadamente tóxicos (ejemplo litio, berilio, cobre, plomo, cobalto y cromo) que son liberados al ambiente durante la extracción del carbón, su preparación, procesamientos, transporte y combustión (Dahrazma & Kharghani, 2012).

- LAS ROCAS DE DESECHO (BOTADEROS) COMO FUENTE DE CONTAMINACIÓN

Para Colombia, existen estudios preliminares que comprueban que tanto los carbones como las rocas que los encajonan tienen trazas de especies químicas tóxicas en la cuenca carbonífera Cesar-Ranchería: la caracterización de metales pesados y azufre en los carbones llevado a cabo por Morales & Carmona (2007) y los estudios que en el marco de la Auditoría para la minería de gran

escala de carbón en el Cesar adelantó la Contraloría General de la República, en particular en sus apartes geoambientales (Fierro, 2014 y Moran, 2015).

El estudio de Morales & Carmona establece que:

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.

(...)

Para la Cuenca se tiene que en varios de los carbones el elemento de mayor concentración es el selenio (Figuras 2 y 3), pero en algunos carbones, J10II, K43, S80, S50, P180, es más alta la concentración de arsénico, incluso con valores por encima del máximo valor de selenio encontrado.

Ya Cabrera & Fierro (2013) encontraron que si bien las concentraciones de estos elementos químicos tóxicos son muy bajas dentro de los carbones, el problema se relaciona con la escala de la minería llevada a cabo en el Cesar y la Guajira, donde por cada tonelada de carbón extraída se necesita disponer de 10 a 20 toneladas de residuos rocosos (información obtenida de los reportes de las empresas minera del Cesar a la autoridad minera y comprobada de los datos de Cerrejón – Ingetec, 2014)).

No obstante casi la totalidad del carbón es exportado para su quema en otros lugares del mundo, aunque la exposición de los mantos de carbón en las minas causa su combustión espontánea y la emisión de todos estos tóxicos al aire de las zonas mineras, con lo cual se puede argumentar que este no es un impacto para el área de influencia directa ni para la indirecta. Por ello era necesario saber acerca de los contenidos de especies químicas tóxicas dentro de las rocas, conocimiento que se adelantó por parte de la Contraloría General de la República entre 2013 y 2014. Es importante anotar que **Cerrejón no ha reportado ningún dato sobre la concentración de metales pesados o metaloides tóxicos dentro de las rocas de desecho ni dentro de sus carbones, con lo cual es evidente que los impactos ambientales relacionados no se conocen y por lo tanto no se gestionan, pudiendo constituir un pasivo ambiental y un daño ambiental por la afectación de la funcionalidad de los ecosistemas y el daño sobre elementos no renovables del ambiente como las aguas subterráneas** que pueden estar siendo contaminadas por la lixiviación de estos tóxicos a partir de los botaderos, dispuestos sobre suelos sin ningún tipo de impermeabilización.

Para el Cesar se ha comprobado que en los tajos de minería de carbón a gran escala de los proyectos de La Jagua (Prodeco) y La Loma (Drummond), existe correlación espacial con presencia anómala de arsénico, cobalto, cobre, níquel y zinc, los cuales tienen fuertes implicaciones en la salud humana (Fierro, 2014). **Antes de la intervención estos metales son inmóviles, pero con las actividades mineras tienden a dispersarse en el ambiente circundante y contaminan la atmósfera, el suelo y las aguas de superficie y subterráneas. Todo ello significa la eventual baja en la calidad de la salud humana pues dichos tóxicos terminan por acumularse en los alimentos y el agua que se ingieren y el aire que se respira,** razón por la cual los estudios al respecto

establecen la asociación entre el ambiente geoquímico y las enfermedades crónicas aumentan (Gupta, 1999, en Fierro, 2014)

Concluyen los investigadores de la Contraloría con la presencia de tóxicos comunes a todos los componentes del geosistema, es decir que se encuentran en la roca extraída y desechada en botaderos y en las aguas superficiales y subterráneas del área de influencia de las minas:

Todas las muestras de materiales de botadero de la mina La Loma-Pribbenow presentan altas concentraciones de metales y metaloides como arsénico, cadmio, cobre*, molibdeno. Algunas muestras de roca y sedimentos del botadero (contienen), cobalto, cromo*, níquel*, mercurio, plata, plomo, selenio, talio*, vanadio y zinc*. (Los que tienen símbolo * presentan altas concentraciones inusuales cuando comparadas con la abundancia promedio de las rocas (Rose, Hawkes & Webb, 1979)). Estos materiales también presentan contenidos significativos de aluminio, bario, berilio, boro, fluoruro, hierro, litio, manganeso, los cuales son esperados en ambientes sedimentarios relacionados al carbón y rocas con alto contenido de materia orgánica.*

Los análisis de las muestras de rocas, sedimentos y agua colectadas por la CGR en noviembre de 2013, demuestran claramente que la mina La Loma- Pribbenow de Drummond Ltd. (botaderos y drenajes del tajo, vías e instalaciones, etc.) es una de las fuentes de sedimentos suspendidos y constituyentes químicos que están degradando la calidad de las aguas superficiales y subterráneas a escala local y que puede constituirse en un problema regional. Es probable que esta mina esté causando también el incremento de la salinidad en suelos a escala local y puede estar favoreciendo la acumulación de constituyentes químicos potencialmente dañinos en los humedales regionales como la Ciénaga de Zapatosa. Sin embargo, ni las empresas mineras ni las autoridades ambientales han colectado una línea base adecuada (calidad de agua, cantidad, niveles de agua, etc.), razón por la cual no es posible precisar y cuantificar los impactos generados por la minería.

Por su parte Moran (2015), enfatiza en la relación entre carbón, botaderos de desechos rocosos y la migración de especies químicas tóxicas hacia las aguas:

Los procesos mineros parten el carbón en pedazos y lo exponen al aire, al agua y a las bacterias, lo cual genera reacciones bioquímicas que liberan los componentes carboníferos complejos (oligoelementos y elementos menores, nutrientes, compuestos orgánicos) en el medio ambiente cercano ---aguas, aire, sedimentos, etc. Las reacciones químicas dentro de las mezclas de agua de la roca ocurren más fácil y rápidamente cuando las rocas son partidas en piezas más pequeñas, creando zonas de superficie más grandes sobre las cuales pueden interactuar los químicos naturales, el agua y las bacterias (y otros microbios) (Moran, 2007, 2012).

Por tanto, la roca carbonífera es expuesta al aire y al agua en numerosos asientos mineros: en las paredes de las minas a cielo abierto, en los trabajos subterráneos, en las pilas de roca estéril y en los cortes de carretera. Las reacciones químicas de la roca con el aire, el agua y las bacterias crean diferentes tipos de agua de filtración, dependiendo en gran parte de los componentes químicos en los carbones y las rocas / los sedimentos asociados.

(...)

Donde los carbones contienen bajas concentraciones de azufre —lo que es generalmente cierto en los carbones del Cesar ---las aguas se filtran de los carbones (provenientes de las paredes y los pisos de las minas) y la roca estéril es normalmente alcalina (pHs mayores de

7.0), debido a las altas concentraciones de otros minerales alcalinos como la calcita, el yeso, etc. Aguas carboníferas semejantes tienen a menudo pHs entre aproximadamente 7.0 y 8.8.

Debido a que los minerales alcalinos comunes se disuelven a menudo más rápidamente que los minerales productores de ácido, las aguas liberadas de los carbones y de la roca estéril tienen a menudo pHs alcalinos, que pueden gradualmente, durante muchos años, volverse ácidos, como se ve en las aguas subterráneas del bajío Pribbenow-La Loma. Sin embargo, las aguas altamente alcalinas, similares a las aguas ácidas, también pueden liberar otros elementos menores contenidos en los carbones, especialmente elementos que se mueven como formas cargadas negativamente, tales como el aluminio, el arsénico, el antimonio, el cromo, el hierro, el manganeso, el molibdeno, el níquel, el selenio, el estroncio, el talio, el vanadio, el uranio, etc. Frecuentemente, cuando el pH se eleva por encima de aproximadamente 8.0 a 8.5, las concentraciones de metalaniones mencionadas antes aumentan. Inclusive donde las aguas con un pH casi neutro reaccionan con materiales geológicos rotos, las concentraciones de sedimentos y constituyentes solubles aumentarán.

Se esperaría que las solicitudes de las autoridades ambientales y los estudios de las empresas mineras enfatizaran en el contenido de las especies químicas tóxicas mencionadas, así como en el modelamiento de las aguas superficiales y subterráneas y de los suelos que serán sepultados por los desechos de roca, o de la transformación de las paredes de los tajos mineros ante su exposición a los agentes del intemperismo, pero **tanto en los estudios de Cerrejón como los de las empresas mineras que explotan en el Cesar todo este componente de geoquímica ambiental de desechos rocosos está ausente, así como también en los términos de referencia de la autoridad ambiental.**

- DATOS DE CALIDAD DE AGUAS: “DRENAJE ALCALINO” DE MINA Y SU RELACIÓN CON ESPECIES QUÍMICAS EN LA ZONA CARBONÍFERA

En estudios de mediados del siglo XX (Duque, 1961) se encuentran expresiones que constituyen una línea base ambiental en términos de la altísima calidad de aguas del río Ranchería para la época:

“En medio de la aridez del Valle de Barrancas está el río Ranchería que nace en la parte oriental de la Sierra Nevada de Santa Marta y recorre gran parte de la misma sierra (rocas cristalinas) siendo por esta razón sus aguas muy puras. La travesía por las calizas de la Sierra no afecta mucho su pureza”

Sin embargo, para corroborar estos indicios se han adquirido datos fisicoquímicos de los cursos de agua de la zona de El Cerrejón, donde los pH de las aguas son alcalinos, situación que también se presenta en la zona carbonífera del departamento de César y que es común en zonas áridas debido a la concentración de sales en los suelos, es decir que esta situación tienen una huella climática. No obstante lo anterior, del análisis de las aguas afectadas por la actividad minera de extracción de carbón a gran escala en Guajira y Cesar, se observa una agudización de las alcalinidades en muchas de las corrientes de agua afectadas, razón por la cual también hay que buscar la impronta de la geología en la alcalinidad.

A lo largo del tiempo en los diferentes estudios se ha resaltado la gran presencia de rocas calcáreas (calizas, las cuales son las principales rocas usadas para alcalinizar suelos, por ejemplo) aledañas a la zona del Cerrejón como es el caso de Hubach (1951) quien menciona que *“en la Quebrada Roche (...) en la parte alta se encuentran calizas intensamente trituradas (...) en la*

Quebrada de Parahí la serie carbonífera no aflora y no se observan rocas sino la formación de calizas que están completamente resquebrajadas(...). Ronderos (1956) resalta la gran cantidad y calidad de las rocas calizas en la zona del Cerrejón, considerando incluso reservas inagotables:

“Los yacimientos calcáreos se encuentran en los flancos del gran Valle del río Ranchería...”

“Hay grandes cantidades de calizas en los cerros que bordean el valle del río Ranchería...”

“No se consideró necesario cubicar las calizas ya que hay en cantidad bastante mayor de 50 millones de toneladas, lo que equivale a decir que se podrían explotar 3.000 toneladas diarias de caliza durante más de 50 años”

“Las calizas del Cerrejón dan análisis que varían entre el 55% y el 44% de CaO. Solamente 2 muestras tienen menos de 44% CaO”

“Son de muy buena calidad, como se puede ver por los resultados de los análisis de las muestras allí tomadas y las reservas de calizas son de en la región prácticamente inagotables...”

La presencia de estas unidades calcáreas podrían ser la razón de que en los expedientes emitidos por la empresa Cerrejón, los puntos de muestreo de agua antes de atravesar la zona minera tengan valores de pH sean levemente alcalinos. Sin embargo, esto no explica la alcalinización de las aguas de los arroyos conforme atraviesan la zona minera.

Aún se tienen muchas incertidumbres respecto a qué produce estos valores altos de pH y cómo se relaciona con las especies químicas presentes en el agua y la interacción con la composición de las rocas y demás materiales presentes en la zona de explotación; para esto se revisan datos fisicoquímicos de aguas (superficiales y subterráneas) y de sólidos de la zona carbonífera del Cesar con el fin de aproximarse a una explicación de este fenómeno.

La mayor fuente de contaminación en el agua relacionada a minería de carbón se debe principalmente a la filtración de agua a través de los botaderos y de las paredes y los patios de las minas a cielo abierto. La calidad del agua se ve más afectada en zonas con temperaturas altas ya que hay una alta tasa de evaporación haciendo que aumente la salinidad de los suelos de todas las aguas en general, tal como lo explica Moran (2015) en su reporte sobre la minería del Cesar para la Contraloría General de la República:

“Debido a que los minerales alcalinos comunes se disuelven a menudo más rápidamente que los minerales productores de ácido, las aguas liberadas de los carbones y de la roca estéril tienen a menudo pHs alcalinos, que pueden gradualmente, durante muchos años, volverse ácidos, como se ve en las aguas subterráneas del bajío Pribbenow-La Loma.”

Así mismo, estas aguas con alta alcalinidad pueden liberar elementos como aluminio, arsénico, antimonio, cromo, hierro, manganeso, molibdeno, níquel, selenio, el vanadio, etc., que se encuentran en los carbones y las rocas “estériles”. Cuando el pH aumenta por encima de 8,5 las concentraciones de estos elementos aumentan. Ejemplo de esto es la mina de carbón de Takht en Iran (Dahrazma & Kharghani, 2012).

A partir del estudio de auditoría técnica de la Contraloría en el año 2015 se encontró que las aguas subterráneas de la zona minera presentaban concentraciones mucho más altas de constituyentes mayores, menores y traza comparados con los de manantiales y pozos que se encuentran fuera del área de influencia de los proyectos mineros, además de encontrarse elementos adicionales

que no se encontraban en las aguas subterráneas no impactadas, incluyendo arsénico, antimonio, cadmio, cromo, cobalto, cobre, plomo y níquel.

“Las aguas de minería de carbón degradadas generalmente contienen concentraciones inaceptables de numerosos constituyentes químicos adicionalmente al exceso de sedimentos como sulfato, metales, nutrientes, etc. Tales impactos pueden requerir que las aguas potables sean tratadas activamente o pueden resultar en la destrucción de organismos y hábitats acuáticos” (Moran, 2015).

Aunque se sabe que la alcalinidad de las aguas resulta de la interacción de estas con el carbón y las rocas de desecho no se puede determinar con claridad qué minerales y elementos están interviniendo directamente en este fenómeno, también teniendo en cuenta que la química de las aguas asociadas a carbones es particularmente más complicada debido a la presencia de varios compuestos orgánicos disueltos que hacen que las relaciones acidez-alcalinidad sean inusuales.

La siguiente es una compilación de la información generada por la Contraloría General de la República en su Auditoría a la minería del Cesar (Fierro, 2014), esta presenta diferentes valores fisicoquímicos analizados en aguas, estos datos están ordenados de menor a mayor pH.

Convenio 082	pH	Conductividad a 25°C	Aluminio Total (ppm)	Bario Total (ppm)	Boro Total (ppm)	Calcio (ppm)	Cloruros (ppm)	Cobre Total (ppm)	Fluoruros (ppm)	Fósforo Total (ppm)	Hierro Total (ppm)	Litio Total (ppm)	Magnesio Total (ppm)	Manganeso Total (ppm)	Nitratos (ppm)	Nitritos (ppm)	Potasio Total (ppm)	Sodio Total (ppm)	Zinc Total (ppm)
P37CA62-12	4,95	28	0,173	0,04197	0	0,554	0	0,0046	0,1	0,05872	0,033	0	0,697	0,027	1,1654	0	0,739	2,4590	0,024
P35-CA62-10	5,48	14,66	0,051	0,02543	0,003	0,504	1,28	0	0,16	0,0769	0,044	0	0,222	0,013	0,9774	0	0,523	1,6970	0,015
P33CA62-07	5,99	49,4	0,135	0,0647	0,0029	0,95	2,14	0,004	0,084	0,03487	0,115	0,004	0,48	0,055	4,2257	0	1,0870	5,34	0,02
P30CA6204	6,04	112,8	0,0251	0,06895	0,005	4,03	15,04	0	0,083	0,03848	0,044	0	0,376	0,038	0,2733	0	4,2520	9,2691	0,005
P32CA62-06	6,52	166,7	0,035	0,17283	0,00938	5,31	21,44	0	0,046	0,04729	0,131	0,01826	3,39	0,074	0,5259	0	11,21	2,8830	0,037
P39CA62-14	6,69	28,7	0,0768	0,05994	0,00983	0	1,91	0,01693	0,13	0,0116	0,1537	0,0055	0,002	0,0584	2,0755	0	3,28	3,5720	0,0439
P28CAS03	6,8	249	0,033	0,0920025	0,0209462	7,221	39,57	0	0,11	0,02465	0,031	0	0,74	0,006	0,304	0,012145	1,0830	37,23	0,008
P26CAS1/P16	6,88	338	0,041	0,03071	0,0099	7,661	9,16	0	0,1	0,03955	0,037	0,009	1,1640	0,007	4,0167	0,11	1,0740	50,5717	0,009
P45CA62-20	6,98	2740	1,5605	0,02369	0,0742	321,447	2,23	0,00358	0,28	0,6081	4,1766	0,1198	141,3923	0,5363	0	0,03209	17,7908	245,0391	0,2484
P47CA62-22	7	790	0,5629	0,4085519	0,01399	9,4088	174,2	0,0099	0,39	0	4,1766	0,00674	2,9078	1,3588	4,0707	0,04928	3,5616	151,9268	0,0223
P34 CAG2-09	7,13	515	0,0248	0,02641	0,02573	39,3037	9,38	0	0,26	0,1113	0,093	0,00798	14,2516	0,032	0,09685	0,0129	2,4370	50,3428	0,004
P10-CAG1-10/PL1	7,26	312	0,301	0,05449	0,01502	6,96	2,05	0,00457	0,25	0,09629	1,3890	0,0071	4,4337	0,058	0,5974	0,01187	4,52	78,38	0,009
P40CAG2-15	7,44	2240	209,755	0,18074	0,16084	70,7118	4,03	0,01817	0,81	0,6696	485,7088	0,005	112,3928	4,2065	0,146	0,0837	40,3225	476,6748	2,1211
P44CA62-19	7,63	83,5	0,1783	0,04755	0,02229	5,5821	1	0,00389	0,16	0,03398	3,56	0	2,1903	0,0232	0,6836	0	1,9404	5,3501	0,0168
P3-CAG1-03 P3	7,71	222	0,104	0,03188	0,01481	21,02	2,97	0	0,25	0,05518	0,053	0	4,4470	0,151	0,08063	0	7,1712	12,7658	0,013
P43CA62-18	7,83	337	0,1009	0,07782	0,01516	24,3	0	0,004	0,39	0,03454	0,473	0,0067	23,3756	0,4228	0,2886	0,02361	4,5403	5,95	0,0056
P15-CA61-15	7,92	166	0,1643	0,05138	0,01607	3,3011	2,47	0,00457	0,31	0,08442	1,7330	0	1,7222	0,1033	0	0,02975	4,8988	21,3851	0,0073
P19-CA61-19	8,04	669	0,099	0,09374	0,01131	114,1286	3,4	0,003	0,72	0,06765	0,2101	0,013	5,7731	0,0865	0,6435	0,08745	6,5533	35,0227	0,0197
P14-0461-14	8,05	2390	0,3614	0,05442	0,09265	40,2285	2	0,003	0,62	0,2116	0,9402	0,09455	31,8808	0,0615	3,1860	1,657	17,7086	498,5529	0,0494
P27CAS02/P12	8,06	364	0,069	0,4746405	0,0836702	21,3048	1,92	0	0,56	0,1196	0,209	0,005	6,08	0,069	0	0	4,06	19,9785	0,016
P4-CAG1-04/P14	8,09	184,1	0,02	0,03298	0,00588	20,62	4,54	0	0,33	0,3489	0,079	0	3,02	0,064	1,9508	0,216	3,8490	8,5199	0,009
P1-CAG1-01/PJ1	8,1	363	0,028	0,08415	0,0333845	84,32	2,5	0,003	0,67	0,1361	2,1050	0,00479	6,6887	0,069	0,7188	0	2,7810	51,8436	0,016
P18-CA61-18	8,19	3400	0,6116	0,05728	0,15235	48,3383	2,45	0,0048	0,94	0,05452	0,8339	0,1832	26,8290	0,2654	0,5653	0,763	32,6267	478,7557	0,016
P2- CAG1-02/PJ2	8,21	243	0,377	0,03087	0,01533	23,77	1,37	0	0,26	0,1355	0,692	0	8,99	0,078	0,8032	0	4,0041	17,8	0,008

P17-CA61-17/GRC	8,23	2120	0,2577	0,06617	0,10361	40,48	9,06	0,004	0,62	0,07893	0,1687	0,0746	24,7738	0,0272	18,2220	4,578	16,9716	436,5379	0,0093
P5-CAG1-05/JA1	8,25	214	0,166	0,03224	0,01	21,54	3,99	0	0,34	0,2321	0,468	0	3,18	0,039	0,6448	0,05882	2,27	9,0654	0,009
P9-CAG1-09/1AC	8,29	484	0,283	0,03734	0,02209	24,6794	2,44	0	0,71	0,2173	0,511	0,0143	9,2369	0,051	1,0285	0,031	5,3575	59,3675	0,014
P42-CA62-17	8,36	2250	0,081	0,02198	0,15422	56,4677	1,24	0,004	0,38	0,01076	0,108	0,17202	62,3499	0,0086	1,7373	0,1557	24,5389	425,0507	0,0058
P16-CA61-16	8,46	2130	0,17	0,06337	0,09317	38,3483	8,95	0,005	0,63	0,05909	0,1159	0,07269	24,4008	0,0231	1,7682	4,396	15,9597	429,1107	0,0293
P8-CAG1-08/1A4	8,52	534	0,454	0,06683	0,01582	39,6352	2,32	0,003	0,47	0,1008	0,204	0,00985	12,14	0,046	0	0	9,51	76,27	0,015
P13-CA61-13/PLC	8,72	2010	0,418	0,05719	0,07879	31,0828	2,28	0,0038	0,58	0,08568	0,394	0,08183	25,4550	0,029	0,2441	0,01299	15,3794	491,2687	0,024
P41CA62-16	8,75	4860	0,5949	0,02628	0,21418	14,8665	2,77	0,004	1,1	0,05902	1,1769	0,25133	19,4652	0,0328	7,8280	0,02757	50,2534	465,0495	0,012
P12-CA61-12/PLC/SPI A	8,78	2250	0,306	0,05413	0,089	34,909	2,65	0	0,65	0,07546	0,209	0,09483	29,4865	0,024	0,2089	0	19,4730	497,7861	0,009
P7-CAG1-07/5A3	8,79	2600	0,165	0,02598	0,16622	3,981	1,15	0	0,61	0,08591	0,295	0,14154	27,74	0,042	0,558	0,54	3,03	430,5	0,006
P11-CA61-11/PIA	8,84	2740	0,446	0,07073	0,11107	31,8971	2,64	0,00532	0,79	0,1089	0,399	0,12633	31,5529	0,028	0,2973	0,01075	24,2403	483,5694	0,011

TABLA 16. COMPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN GENERADA POR LA CONTRALORÍA GENERAL DE LA REPÚBLICA EN SU AUDITORÍA A LA MINERÍA DEL CESAR

A partir de estos datos se intentó establecer de manera preliminar una relación entre los valores altos de pH y las concentraciones de los distintos elementos, lo cual pueda generar una alerta preliminar sobre la contaminación química inducida por la alcalinización que parecen estar induciendo las actividades de Cerrejón y de la minería en el Cesar. Si bien las correspondencias en la relación son fuertes, ya que los datos son dispersos, se encontró que los fluoruros presentaron una tendencia aproximada en aumento correlativa con el incremento del pH.

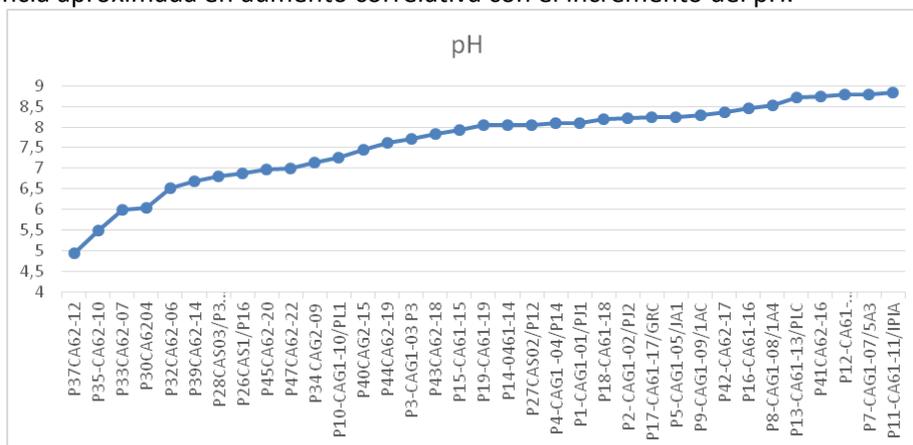


FIGURA 33. PUNTOS DE MUESTRO DE PH EN LA ZONA MINERA

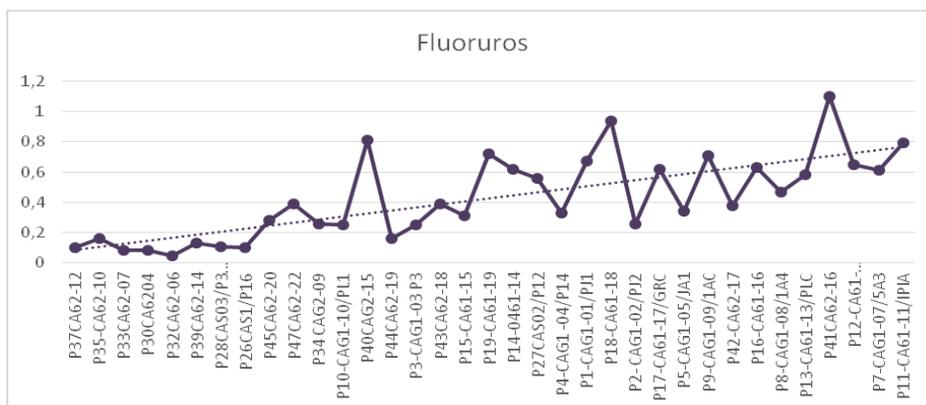


FIGURA 34. CONCENTRACIÓN DE FLUORUROS EN LA ZONA MINERA

Como se ve, el contenido de flúor aumenta en casi un orden de magnitud con un aumento de 5 a 9 en el pH, y al no tener certeza de las causas de este comportamiento químico del agua, es necesario que se desarrollen estudios científicos sistemáticos y profundos que permitan asegurar a los pobladores actuales y a los por venir que no se generarán problemas irreversibles de contaminación en el ecosistema y en la salud pública.

No obstante lo anterior, no existe información acerca de esta problemática en El Cerrejón, sino que **luego de más de 30 años de estar extrayendo carbón, la empresa continúa exponiendo que las problemáticas giran alrededor de la acidificación de aguas** (Cerrejón – Ingetec, 2014), lo cual es completamente inaceptable, máxime cuando los volúmenes de botaderos son de miles de millones de metros cúbicos tal como se detalla a continuación.

Con la información suministrada por Cerrejón en la modificación del Plan de Manejo Ambiental Integral (PMAI) del proyecto P40, se calcularon los volúmenes aproximados de material dispuesto en los botaderos a 2.015 y los esperados a 2.033. Este cálculo se hizo utilizando el TIN (red de

triangulación irregular) y los polígonos de los diferentes botaderos en un proceso igual al que se hizo previamente con los tajos, pero en este caso en vez de asemejarlo a una laguna se buscó el volumen asemejándolo con una montaña.

Con la información a 2.015 se obtuvo que los botaderos tienen un volumen de 2.019'140.699 m³, no obstante, al observar el modelo de elevación digital y otro polígono en el mismo estudio el valor varía 835'747.059 m³, teniendo así un total de **2.854'887.758 m³** para los residuos dispuestos en los botaderos a 2.015.

Para calcular el volumen para el año 2.033 se utilizó el TIN hecho con las curvas de nivel especuladas para este año y los polígonos presentados como posibles botaderos, teniendo así un volumen de 6.532'758.092 m³, sin embargo al comparar los botaderos planeados a 2.033 con los tajos hechos a 2.015 se observó que hay zonas en que estos se traslapan, dando a entender que los tajos actuales serán rellenados con material descartado de la mina, de esta forma se tiene que el volumen real del material dispuesto a 2.033 se debe aproximar a **7.717'939.727 m³**.

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

1.2.2.2. Evaluación de impactos relacionados con botaderos planteada por Cerrejón – Ingetec (2014)

En el PMAI (Cerrejón - Ingetec, 2014) en el numeral 5.3.5 hace la evaluación ambiental por la Generación de residuos (material estéril, residuos sólidos ordinarios, residuos sólidos peligrosos y especiales).

Es necesario hacer una claridad sobre nomenclaturas utilizadas en el sector minero y en las autoridades ambientales y en particular sobre la palabra “estéril” cuando se refieren a los desechos rocosos. Tanto Fierro (2014) como Moran (2015) plantean la inconveniencia de su uso debido a la implicación de estar tratando, manejando y disponiendo materiales inocuos, cuando en realidad pueden ser altamente reactivos por sus contenidos químicos. Fierro (2014) plantea, en cuanto al uso del concepto:

(...) perpetúa la visión incorrecta y equivocada de que este tipo de materiales son inertes o no reactivos. Sin embargo, es conocido que los drenajes de los botaderos son una de las principales fuentes de contaminación en las áreas mineras de carbón, lo que igualmente puede concluirse a partir de la actuación especial de la CGR, analizando los datos geoquímicos obtenidos en rocas y sedimentos (Anexo Tablas de datos geoquímicos monitoreo mina La Loma - Pribbenow).

En el mismo sentido Moran (2015) relaciona desechos rocosos y contaminación de agua en el largo plazo:

(...) los drenajes contaminados de las pilas de roca estéril de carbón son una de las principales fuentes de contaminación del agua en los sitios mineros por cientos de años. Solamente se necesita revisar los contenidos químicos de las muestras de roca estéril y agua en las tablas y los apéndices siguientes para ver que esta roca estéril produce drenaje contaminado.

Govvet (1997)⁵ realiza la recopilación de los resultados de 36 investigaciones (1916 a 1978) en las cuales se buscaba hallar la composición promedio de la litósfera. A partir de estos datos se establecieron unos rangos de concentración promedio de algunos elementos con implicaciones en salud pública que también se encontraron en altas concentraciones en las rocas donde se encuentra el carbón que es extraído en la zona minera de Cesar, las cuales son las mismas rocas que se encuentran en la zona minera de Cerrejón en La Guajira.

TABLA 17. VALORES DE CONCENTRACIÓN PROMEDIO EN LA LITÓSFERA DE ALGUNOS ELEMENTOS COMPARADOS CON CONCENTRACIONES IDENTIFICADAS EN LAS LODOLITAS DE LA ZONA MINERA DE CESAR. ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN LOS ESTUDIOS DE LA CGR (FIERRO, 2014)

Elemento	Rango de Concentración en corteza (ppm) (Govvet, 1997)	Lodolitas Zona Minera Cesar (CGR, 2014)	
		Máxima concentración en roca - tajo (ppm)	Máxima concentración en roca - botadero (ppm)
Arsénico	1,7 - 5	367,5	305,2
Bario	179 - 1.070 (400)	375,35	344
Cadmio	0,1 - 5 (0,1 - 0,2)	15,3	16,6
Cromo	70 - 330	324,7	708,2
Níquel	23 - 200	152,1	149,3
Plomo	12 - 20	60,6	85,1
Selenio	0,05 - 0,8 (0,05 - 0,09)	1,42	40,2

* Entre los paréntesis se encuentran el valor o rango donde se mueven la mayoría de datos, en caso de haber valores extremos aislados.

Lo primero que resalta son los valores de concentración de arsénico, cadmio, plomo y selenio en las rocas de tajo y botadero del Cesar ya que estos exceden hasta 300 veces los valores promedio de la litósfera. Las concentraciones de bario, cromo y níquel se encuentran dentro del rango, no obstante están muy cerca de los límites superiores (o rango predominantes) de cada uno.

Estas altas concentraciones de elementos perjudiciales para la salud humana se configuran en una amenaza si se tiene en cuenta que los procesos directa e indirectamente relacionados con la extracción minera pueden llegar a exponerlos ya sea en solución en aguas superficiales y subterráneas y en el aire como partículas muy pequeñas. Algunos de los efectos de estos elementos son afecciones pulmonares, cardiacas, reproductivas y laceraciones en la piel.

Ya en el caso del Cerrejón se ha planteado que es posible hacer analogías respecto del contenido general de especies químicas tóxicas contenidas en las lodolitas que constituyen lo que en minería se denomina descapote comparando Cesar y Guajira. No obstante lo anterior, y al igual que en el caso del Cesar, no se encuentra información generada directamente por la empresa minera que permita certidumbres respecto al manejo ambiental de los desechos rocosos en los botaderos, sean externos al tajo o de retrolleado.

Si bien Cerrejón-Ingetec (2014) reconoce *“La operación minera como principal fuente de generación de material estéril”*, **dentro de los diagnósticos ambientales de la zona no se ha generado información geoquímica sobre los metales pesados y metaloides como el arsénico contenido en las rocas que está siendo dispuesta en gigantescos volúmenes. Sin esa base es**

⁵ G.J. S. Govvet. 1997. Rock geochemistry in mineral exploration. Elsevier. Tercera Edición.

imposible determinar la magnitud del impacto ni su caracterización y mucho menos tener una gestión adecuada de manejo ambiental. Este tipo de deficiencia también ilustra la configuración de pasivos ambientales, puesto que se tiene un planteamiento general de los elementos afectados (Cerrejón – Ingetec, 2014) pero no de la actividad que los afecta:

El sujeto afectado considerado es:

- *Áreas de disposición de material estéril y de residuos ordinarios, peligrosos y especiales generados en las diferentes actividades del Proyecto.*
- *Cuerpos de agua potencialmente afectados por contaminación con sedimentos y residuos, ubicados en el AID definida (ríos Ranchería y Palomino, arroyos Cerrejón, Caurina, Bruno, Los Estados, Tabaco).*
- *Componentes aire y suelos potencialmente afectados por la disposición de residuos.*

Por el Proyecto P40 no se espera afectación en elementos adicionales a los contemplados para la operación actual

(...)

El impacto consiste en la generación de residuos sólidos por la actividad y operación minera, que de acuerdo con sus características, se clasifican en:

(...)

- *Material estéril: material natural resultante de las excavaciones para extracción de carbón*

Al igual que en lo referente a aguas, se ignoran aspectos de acumulación, residualidad y sinergia que se generan cuando los proyectos se amplían o se superponen en sus áreas de influencia. Toda el impacto por causa de la contaminación al agua y al aire proveniente de lo relacionado con la geoquímica de los botaderos es absolutamente ignorada por Cerrejón, lo cual se evidencia en frases sin ningún soporte como que la incidencia del impacto es baja frente a este impacto y la incidencia no cuantificable es baja *“debido a la efectividad de los planes de manejo actuales y a las condiciones actuales de operación la calificación del impacto”* y a que *“El nivel de sensibilidad de los sujetos potencialmente afectados se considera bajo”*. También existe una muy preocupante imprecisión respecto a la duración del impacto, pues es completamente equivocado plantear que **“la generación de residuos sólidos permanecerán durante la explotación minera”** cuando dicha disposición es para siempre.

En lo que corresponde a la evaluación del impacto **no existe una sola alusión en relación a la disposición de miles de millones de toneladas de roca que tiene el potencial de liberar una gran cantidad de tóxicos (decenas de toneladas de arsénico, por ejemplo), Cerrejón – Ingetec (2014) establece la importancia del impacto potencial en 0,21, en una escala de 1 a 10** (es tan desechable este tipo de impactos para la minera que en sentido estricto su importancia está fuera de escala).

No obstante, y al igual que lo detectado por la Corte Constitucional en el caso de la contaminación del aire en el Cesar (Sentencia T-154 de 2013), los datos mostrados de contaminación de aguas en este numeral, *“las licencias de funcionamiento y el presunto ceñimiento a los requisitos por parte de la empresa accionada, no desvirtúan la constatación objetiva de la polución que se sigue generando sobre el ambiente (...) La realidad resulta así confrontada con el hipotético cumplimiento de unas disposiciones reglamentarias, que no es sustento constitucional suficiente para la continuidad, dentro de unas circunstancias que visiblemente no satisfacen la inalienable obligación “del Estado y de las personas” de proteger la riqueza natural de la Nación (...) de una explotación económica, que por importante y rentable que sea no justifica el deterioro ambiental”*

1.2.2.3. Medidas de manejo de los impactos ambientales relacionados con botaderos planteada por Cerrejón – Ingetec (2014)

La ficha 6.1.15 muestra el Programa Manejo de botaderos y material estéril donde el objetivo general planteado es “Diseñar y construir los botaderos de estéril de tal manera que se optimice la utilización de los espacios y volúmenes asignados en el Plan Minero y se facilite su posterior reintegro al ecosistema regional.” En los específicos, “Mantener en lo posible, la concordancia con las geoformas predominantes en el entorno”. No es posible cumplir con estos objetivos sin tener la información sobre los peligros de la disposición de desechos en botaderos ni tampoco que los arreglos geométricos de un botadero concuerden con las geoformas naturales, mucho menos cuando se disponen en zonas planas.

Para la descripción de impactos ambientales a manejar, en la misma ficha se lee:

En el complejo minero, para la extracción del carbón, se genera un gran volumen de material estéril de composición química y física variable, y en algunos casos, con materiales en combustión que es necesario disponer en áreas de préstamo o botaderos.

Ya se ha ilustrado en extenso en el presente documento que Cerrejón no ha presentado a las autoridades ambientales ningún reporte sobre los elementos traza potencialmente tóxicos que contienen las rocas que son voladas, removidas y dispuestas en los botaderos. Por ello se configura otro pasivo ambiental cuando se propone:

Una vez en los botaderos o en parte de ellos, hayan concluido de manera definitiva la disposición de estéril, se procederá a su liberación de áreas con el objeto de adelantar, tan pronto como sea posible, el proceso de rehabilitación de tierras (...)

Dicho proceso involucra “facilitar el desarrollo de comunidades vegetales y su fauna asociada”, así que desconocer el potencial de contaminación de los botaderos puede involucrar la contaminación de extensos volúmenes de aguas superficiales y subterráneas, suelos y aire, lo cual podría ser mitigado, en caso de ser necesario, con la impermeabilización de los suelos donde se van a disponer los botaderos.

La única información numérica que se presenta es la cuantificación de la cantidad máxima de botadero por disponer con la operación de ampliación del P40: 339 millones de metros cúbicos, que corresponden aproximadamente a 780 millones de toneladas de materiales rocosos, de los cuales al menos el 60% corresponde a lodolitas con potencial de contener una gran variedad de especies químicas tóxicas.

En este caso, **la supuesta rehabilitación planteada por Cerrejón no tiene los soportes técnicos y científicos básicos para asegurarla y por ello se ratifica la necesidad de suspender el proyecto** hasta tanto no se cuente con ellos, ojalá en esquemas de investigación que no involucren una relación económica directa entre empresa-investigadores.

1.2.3. Impactos en la calidad de las aguas superficiales y subterráneas en la zona minera

Para determinar el estado de la calidad del agua del río Ranchería y sus principales afluentes a su paso por la zona minera de El Cerrejón, fueron consultadas las bases de datos disponibles en el expediente LAM 1094 en la ANLA. Este monitoreo se realiza en cumplimiento de lo establecido en

las Resoluciones 2097 de 2005 y 1632 de 2006 que establecieron el Plan de Manejo Ambiental Integral (PMAI) del proyecto El Cerrejón. En el presente documento son analizados algunos de los parámetros fisicoquímicos indicadores de la calidad del agua más importantes y que son exigidos por el PMAI; entre ellos se destaca el pH y la conductividad. El primero indica el grado de acidez o basicidad de una solución debido a la actividad del ion hidrógeno (H+) y el segundo es indicador del contenido de sólidos y sales disueltas. Según (Sanders, L.L., 1998), los valores típicos en corrientes de agua no perturbados para pH están entre 6,5 y 8,5 unidades y de conductividad entre 2 y 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Por su parte, la presencia de metales y metaloides en agua superficial, subterránea y en aguas de minería fue analizada de acuerdo a la disponibilidad de datos, esto debido a que no se encontró reporte del lapso (2008 – 2013) en los formatos disponibles en el expediente y denominados: “Gestión agua”. Es preciso aclarar que tanto en la Resolución 2097 de 2005 como la 1632 de 2006, se estableció que el monitoreo de las aguas correspondientes al río Ranchería y tributarios debía incluir el análisis de los siguientes parámetros: cadmio, mercurio, arsénico, plomo, selenio, entre otros. Solo los registros correspondientes al ICA 2007, 2014 y 2015 incluyeron mediciones de algunos metales como plomo, cadmio, cromo y zinc.

1.2.3.1. Calidad del agua río Ranchería

La Figura 35 muestra la localización de las estaciones de calidad del agua del río Ranchería. La estación RIO116 localizada en el municipio de Fonseca es la que se encuentra aguas arriba de la zona minera y la estación 109 está localizada aguas abajo de la actividad minera.

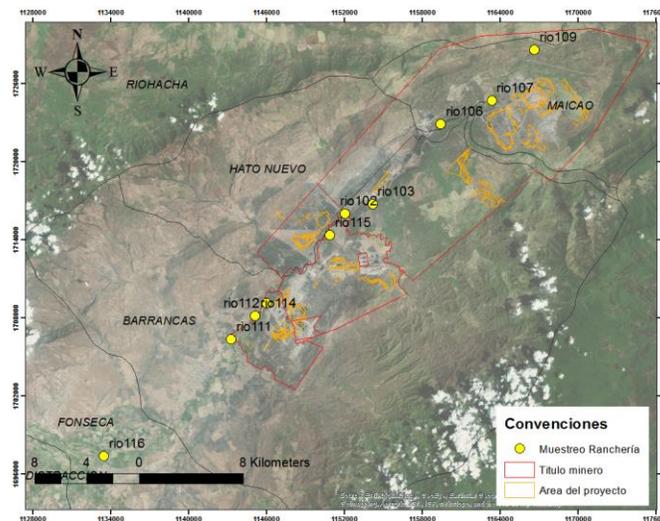


FIGURA 35. ESTACIONES DE CALIDAD DEL AGUA – RÍO RANCHERÍA SECTOR LA MINA PROYECTO MINERO EL CERREJÓN.
ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN INFORMES DE CUMPLIMIENTO AMBIENTAL (ICA) DEL LAM1094

De los parámetros generales indicadores de la calidad del agua mencionados más arriba fueron estudiados en dos lapsos. El primero entre 1998 y 2004 y el segundo entre 2005 y 2015. Este último, seleccionado por ser el año en que fue aprobado el PMAI y la unificación de todos los frentes de explotación de El Cerrejón. La Figura 36 muestra la variación de las mediciones de pH en cada lapso. Las estaciones presentadas en los siguientes diagramas de cajas se encuentran distribuidas desde aguas arriba hasta aguas abajo (RIO116 hasta RIO109).

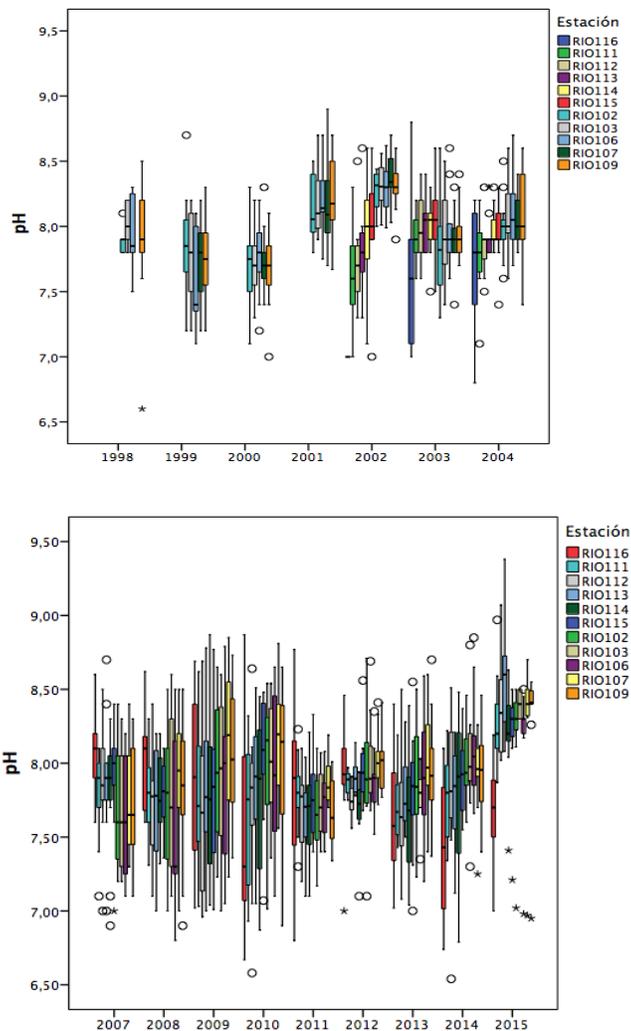


FIGURA 36. DATOS DE pH RÍO RANCHERÍA. AÑOS 1998 A 2004 (PRIMERA), AÑOS 2007 A 2015 (SEGUNDA). ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN INFORMES DE CUMPLIMIENTO AMBIENTAL (ICA) DEL LAM1094

De lo anterior se puede mencionar que el comportamiento del pH en función de los años es altamente variable. La mayor variabilidad del conjunto de datos se presenta en el segundo lapso (2007 – 2015) debido a que las cajas se distribuyen en un rango más amplio variando de pH ácidos de 6,51 como valor mínimo, a valores de pH al extremo alcalinos de 9,4 como valor máximo; ambas lecturas registradas en el sector de Oreganal (estaciones RIO112 y RIO113). Otra particularidad en el comportamiento del pH es su evidente tendencia a la alcalinización, especialmente el año 2015 donde fundamentalmente los valores de pH fueron superiores a 8 unidades e incluso, registros mayores del valor típico para drenajes no perturbados de 8,5 indicado por Sanders, L.L., 1998.

Estas aguas alcalinas presentes en explotaciones mineras se producen cuando las filtraciones desde superficie o acuíferos circulan a través de materiales calcáreos. Asimismo, es importante mencionar que la Contraloría General de la República (CGR), en la Actuación Especial del Cesar, evidenció características alcalinas de ciertas aguas superficiales; así como en la mina de carbón en Takht en Irán, han sido reportados impactos por drenajes alcalinos de mina, relacionados con la

liberación de metales pesados en ambiente con pH típico de 8,2 que llega a 8,4. (Dahrazma y Kharghani, 2012, citado en CGR, 2014).

La importancia del estudio del comportamiento del pH en zonas mineras a cielo abierto es su estrecha relación con la liberación y movilización de metales y metaloides. Para muchos tipos de rocas, la movilización de los metales como arsénico, cobalto, cobre, cadmio, cromo, plomo, y zinc tienden a disolverse y moverse más fácilmente en las aguas ácidas con pH menores de 5,5 o 6. Sin embargo, esto no es necesariamente el caso para elementos como el molibdeno, zinc, cadmio, antimonio y arsénico, que pueden permanecer en valores de pH naturales o alcalinos. Transportados por el agua, los metales viajan grandes distancias, resultando en la contaminación de corrientes de agua de manantiales y agua subterránea (Consejo de Minería Ambiental de la Columbia Británica, s.f).

El segundo parámetro analizado indicador de la calidad del agua después del pH, es la conductividad. Para explicar su comportamiento es preciso tomar como referencia la estación RIO116. Más arriba en el texto se mencionó que esta es la estación aguas arriba de la actividad minera y que se encuentra localizada en el municipio de Fonseca. Al observar con detalle lo presentado en la Figura 36 se observa que a partir del año 2003 (donde por primera vez se encuentran disponibles datos en esta estación (RIO116)), la distribución es significativamente más baja que las estaciones restantes.

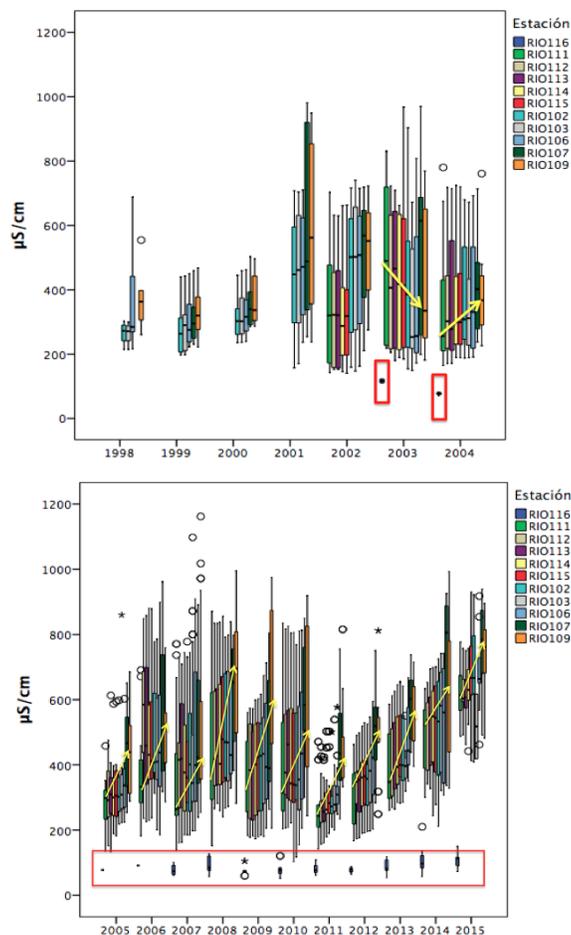


FIGURA 37. CONDUCTIVIDAD RÍO RANCHERÍA. AÑOS 1998 A 2004 (ARRIBA), AÑOS 2005 A 2015 (ABAJO). ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN INFORMES DE CUMPLIMIENTO AMBIENTAL (ICA) DEL LAM1094

Por ejemplo, en el lapso de 1998 – 2004 cuya única referencia de registros obtenida del expediente LAM1094 corresponde a los años 2003 y 2004, muestra valores de conductividad que no superan los 122 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y en el lapso de 2005 a 2015 no superan los 210 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La situación de variabilidad extrema se presenta a partir de la estación RIO111 localizada en el sector sur del título minero en el municipio de Barrancas. Tal variabilidad le es atribuida a los distintos usos en la cuenca del Ranchería entre los que se destaca el sector agrícola que es el que mayor número de predios hace uso del agua, seguido de actividades pecuarias y domésticas (Corpoguajira, 2011). La Figura 38 presenta el mapa de usos de la cuenca consultado en el Plan de Ordenamiento de la Cuenca del Río Ranchería elaborado por Corpoguajira (2011). Dicho mapa contiene además las áreas de dirección y acumulación de flujo en los drenajes de la cuenca. Esto se realizó a través de modelación espacial y permitió determinar el área de drenaje correspondiente a las estaciones en cuestión: RIO116 y RIO111 que son donde se presenta el comportamiento de variabilidad extrema en los valores de pH.

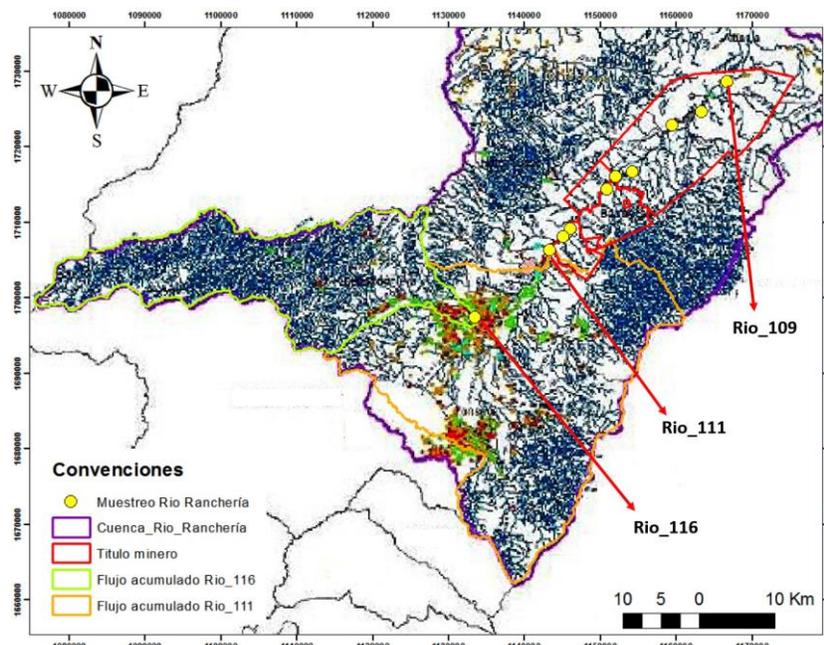


FIGURA 38. MODELACIÓN DE DIRECCIÓN Y ACUMULACIÓN DE FLUJO EN DRENAJES DE LA CUENCA DEL RÍO RANCHERÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PLUMAS CONTAMINANTES. ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN EL MAPA DE USOS DE LA CUENCA DEL RANCHERÍA CORPOGUAJIRA (2011)

De lo anterior se concluye que la estación RIO116 recoge las aguas de la parte alta de la cuenca del río Ranchería de una pequeña contribución del sector agrícola y pecuario (polígono verde). Por su parte, la estación RIO111 recoge el flujo acumulado de casi todo el sector agropecuario (polígono naranja). Lo anterior indica que la variabilidad en la conductividad que se presenta entre la estación RIO116 y RIO111, es por otras actividades en la cuenca diferentes a la minería. Mientras que la variabilidad presentada a partir de la estación RIO111 a RIO109 es aportada por la actividad minera (ver flechas amarillas Figura 37).

Algunos de los valores extremos de conductividad –no incluidos en la Figura 37 para facilitar la observación de la distribución de las cajas–, fueron para el lapso (1998 – 2004) de 1370 $\mu\text{S}/\text{cm}$ como valor máximo reportado en la estación RIO109, estación aguas abajo el proyecto minero, y en el lapso (2005 – 2015) un registro máximo de 2695 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la misma estación.

Finalmente, como último y más importante análisis de la calidad del agua del río Ranchería se presentan a continuación los contenidos de metales y metaloides que fueron identificados en el expediente LAM1094. Como se mencionó más arriba en el documento, estos elementos de interés particular por los efectos negativos en la salud de la población, no se encontraron en el expediente referenciado de forma periódica y localizada que permita determinar la variabilidad que han tenido las concentraciones a lo largo de la actividad extractiva. Se han encontrado algunos monitoreos de referencias aisladas como las presentadas en el capítulo 4 del proyecto de expansión minera P40 documento en Cerrejón e Ingetec (2014), donde se presenta un resumen de las concentraciones máximas y mínimas reportadas en elementos como arsénico, cadmio, plomo, selenio, entre otros, y otras en los anexos de monitoreos presentados en cada Informe de Cumplimiento Ambiental, únicamente los correspondientes a los años 2007, 2014 y 2015.

De manera que con la información disponible en esos tres años fueron identificadas las concentraciones de cadmio y plomo que excedieron los límites de la normativa ambiental vigente (Decreto 1594 de 1984). En el caso de cambio cuyo valor permisible para conservación de flora y fauna y uso pecuario es de 0,01 mg/L ha sido excedido en **más del doble en la estación RIO 109**, estación aguas abajo del proyecto carbonífero. Respecto al plomo cuyo valor permisible es 0.01 para conservación de flora y fauna **ha sido excedido en once veces en la estación RIO115** ubicada cerca al tajo Patilla.

1.2.3.2. Calidad del agua de los principales tributarios del río Ranchería

La Figura 39 muestra la localización de las estaciones de calidad del agua de los principales tributarios del río Ranchería. Para el presente documento serán priorizados los arroyos Bruno y Cerrejón por ser fuentes receptoras de vertimientos. El primero recibe el vertimiento denominado “Potrerito” y el segundo el vertimiento “Comuneros”. Cabe mencionar que las estaciones analizadas corresponden a puntos aguas arriba y aguas abajo de los mencionados vertimientos.

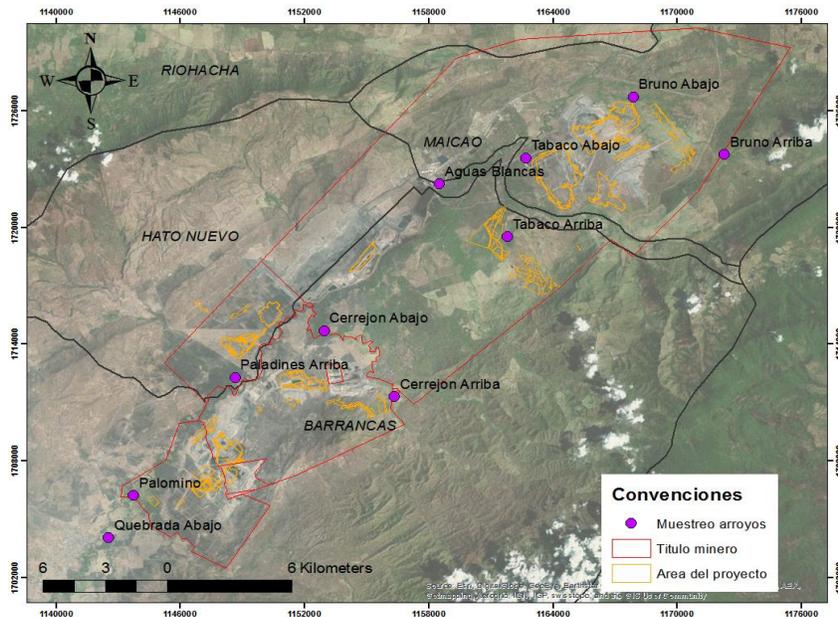


FIGURA 39. ESTACIONES DE CALIDAD DEL AGUA – ARROYOS SECTOR LA MINA PROYECTO MINERO EL CERREJÓN. ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN INFORMES DE CUMPLIMIENTO AMBIENTAL (ICA) DEL LAM1094

Los resultados del análisis de pH en ambos arroyos muestran distribuciones fundamentalmente alcalinas, con tal solo tres registros por debajo de las 7 unidades, pero se resalta la sistemática alcalinización de las aguas cuando son muestreadas luego de su paso por la mina.

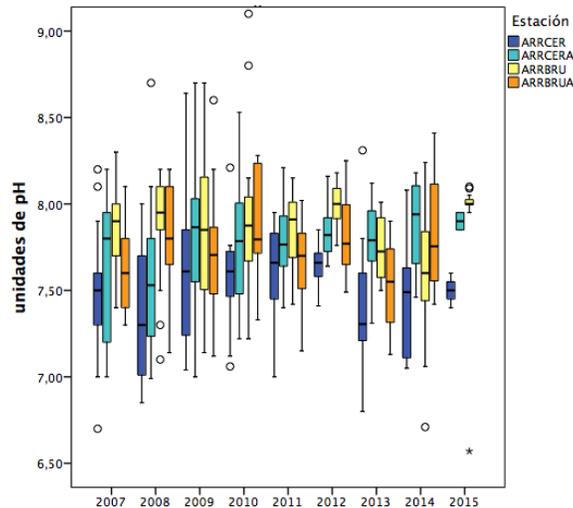


FIGURA 40. DATOS DE PH ARROYOS BRUNO Y CERREJÓN. AÑOS 2007 A 2015. ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN INFORMES DE CUMPLIMIENTO AMBIENTAL (ICA) DEL LAM1094

Respecto a la conductividad (Figura 40) se observa una diferenciada dispersión de los datos reportados aguas arriba y aguas abajo en ambos arroyos, especialmente en el arroyo Bruno donde se han reportado valores superiores a 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valores incluso tan extremos como los reportados en el río Ranchería de 2695 $\mu\text{S}/\text{cm}$, siendo el río Ranchería una corriente de primer orden y el Bruno de segundo orden.

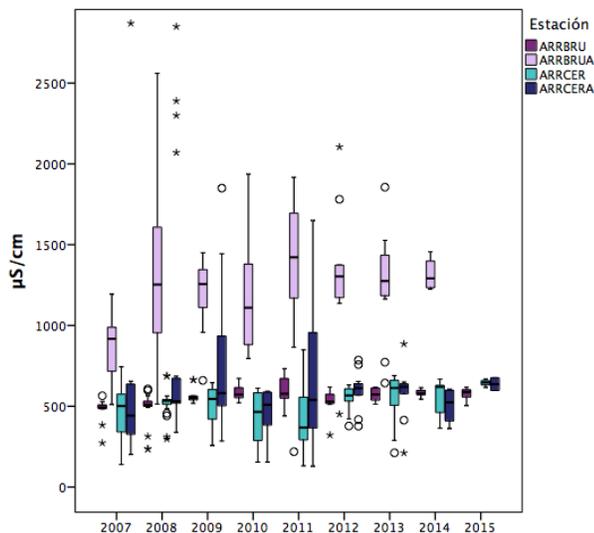


FIGURA 41. CONDUCTIVIDAD ARROYOS BRUNO Y CERREJÓN. AÑOS 2007 A 2015. ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN INFORMES DE CUMPLIMIENTO AMBIENTAL (ICA) DEL LAM1094

Si bien es claro que las aguas superficiales en su recorrido transportan un volumen determinado de sólidos de origen natural al contacto con la roca debido a procesos erosivos, entre otros, estos

también pueden ser aportados por vertimientos cuyo contenido de sales minerales es alto, sobre todo, si son aguas que han tenido contacto con botaderos y aguas que afloran desde el tajo cuyo manejo se realiza en piscinas de sedimentación y posteriormente son vertidas a ambos arroyos.

Finalmente, el comportamiento de metales en los arroyos Bruno y Cerrejón presenta incumplimientos al Decreto 1594 de 1984. Los valores para preservación de flora y fauna para contenido de plomo (0,01 mg/L) son excedidos **más de 6 veces** en el arroyo Bruno con un valor máximo de 0,062 mg/L aguas abajo del vertimiento y en el arroyo Cerrejón son excedidos más de ocho veces con un máximo registrado de 0.088 mg/L. En cuanto al cadmio (0,01 mg/L como límite para preservación de flora y fauna), exceden **más de 21 veces** lo establecido por el Decreto 1594 de 1984 con un valor máximo aguas abajo del vertimiento en el arroyo Bruno de 0,214 mg/L y **más de dos veces** en el arroyo Cerrejón con un valor máximo registrado de 0,021 mg/L.

Si bien, en el agua natural pueden encontrarse valores de estos dos metales (cadmio y plomo), es importante determinar qué otra actividad puede estar generando variabilidad en estas concentraciones; sobre todo si se sabe que en el Cerrejón no existe un documento de línea base treinta años atrás (tiempo en el cual se viene desarrollando la actividad extractiva). Por lo anterior, fueron revisadas las concentraciones de estos dos metales en los vertimientos realizados a los arroyos **Bruno** y Cerrejón que serán descritos en el siguiente capítulo.

1.2.3.3. Calidad de los vertimientos de aguas de minería dispuestos en el río Ranchería y sus principales tributarios

Para contar con información adicional que aporte en el entendimiento de las tendencias encontradas en el pH, la conductividad y la presencia de metales pesados en aguas del río Ranchería y arroyos Bruno y Cerrejón, particularmente los contenidos de cadmio y plomo excediendo la norma para preservación de flora y fauna y aguas superficiales, fueron consultados los reportes de vertimientos de aguas mineras a estas corrientes. La Figura 42 presenta la localización de los vertimientos realizados por Cerrejón.

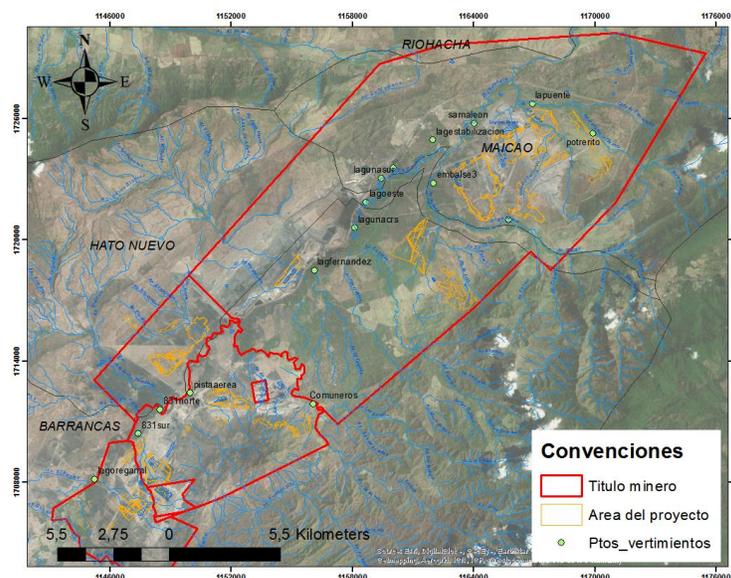


FIGURA 42. VERTIMIENTOS A CUERPOS DE AGUA SUPERFICIAL: RÍO RANCHERÍA Y PRINCIPALES TRIBUTARIOS

De la figura anterior se destacan los puntos denominados: “Comuneros”, “Potrerito”, “Lagunasur”, “lagoeste”, por ser los vertimientos realizados sobre los arroyos Cerrejón y Bruno y río Ranchería, respectivamente, que presentaron registros extremos en los parámetros de calidad del agua aquí analizados.

De los reportes consultados en el expediente se documentan los encontrados los años 2014 y 2015. Sobresalen por sus lecturas extremas de conductividad los vertimientos: “pistaaérea” con valores hasta de 10210 $\mu\text{S}/\text{cm}$, “lagunasur” con un valor máximo de 12400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, “lagunaeste” con 6653 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y el vertimiento “potrerito” con un máximo de 4873 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Respecto al pH se reportaron valores entre 6,75 y 8,53.

En cuanto al contenido de plomo se reportaron valores máximos en la “pistaaérea” de 0,221 mg/L, “lagunaeste” de 0,131 mg/L, “lagunasur” de 0,145 mg/L y 0,138 mg/L para “potrerito”. Los valores máximos para cadmio en “pistaaérea” fueron de 0,013 mg/L. Para la “lagsur” 0,021 mg/L. Para la lagunaeste es de 0,022 mg/L. Y para potrerito 0,01 mg/L.

El Decreto 1594 de 1984 indica en el artículo 74 concentraciones para el control de la carga para cadmio, siendo este una sustancia de interés sanitario. El nivel establecido es de 0,1 mg/l, el cual es excedido en el vertimiento Potrerito realizado en el arroyo Bruno.

Existen entonces indicios de contaminación por metales pesados en la zona minera por encontrar que estos no solo se encuentran en las aguas superficiales de los arroyos Bruno, Cerrejón y el río Ranchería, sino en los vertimientos efectuados sobre estas tres corrientes de agua. Además, la ausencia de monitoreos periódicos dificulta un análisis más profundo que permita relacionar la concentración de metales en aguas superficiales y el contenido de metales en vertimientos de aguas de minería. En lo consultado en el expediente no se encontraron registros periódicos de metales; solo fueron encontrados datos de 2007, 2014 y 2015. Sin embargo, no todos fueron reportados en los mismos puntos a lo largo de las fuentes de agua, lo que no permite analizar su variabilidad temporal.

1.2.3.4. Calidad del agua subterránea

Cerrejón cuenta con una red piezométrica para el monitoreo de la calidad del agua subterránea distribuida fundamentalmente sobre el sector central del título minero (Figura 42).

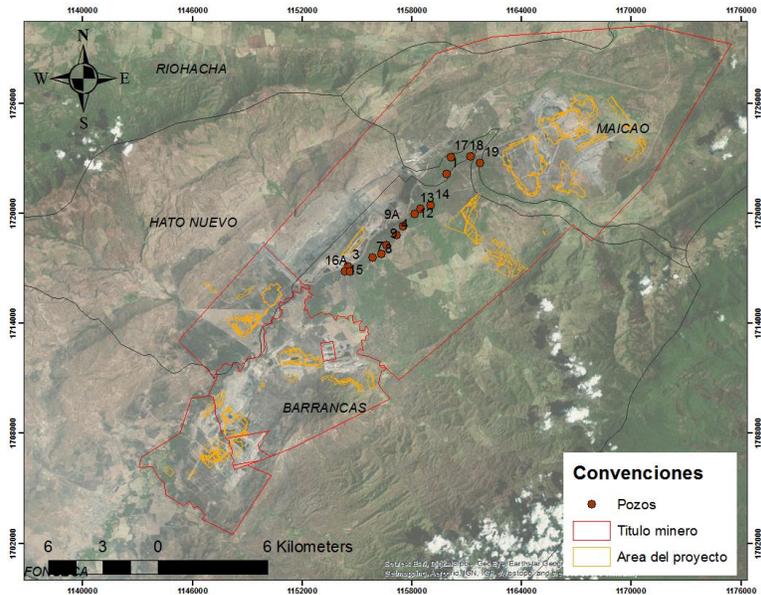


FIGURA 43. ESTACIONES DE CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA. SECTOR LA MINA PROYECTO MINERO EL CERREJÓN. ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN INFORMES DE CUMPLIMIENTO AMBIENTAL (ICA) DEL LAM1094

Como en el numeral anterior, fue analizado el comportamiento de la conductividad y del pH en el agua subterránea monitoreada en este sector. Los resultados de dichos reportes se presentan en las Figura 44 y 45.

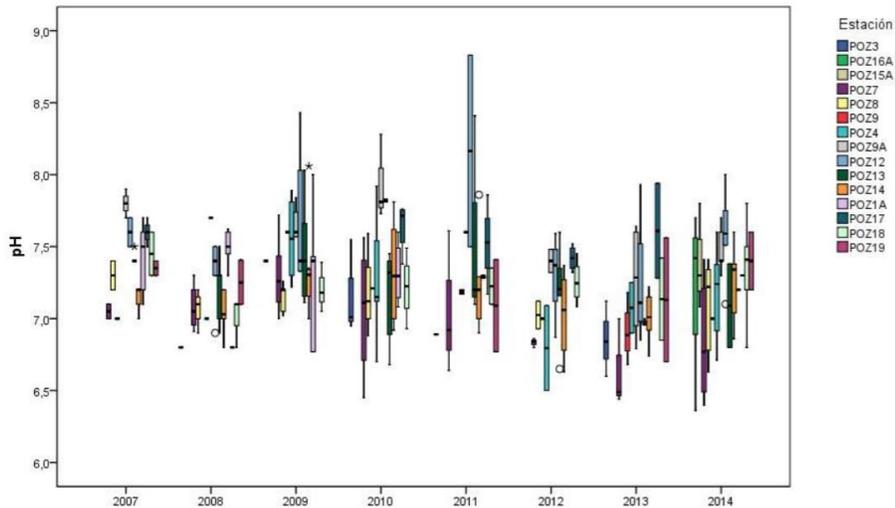


FIGURA 44. pH EN AGUAS SUBTERRÁNEAS. AÑOS 2007 A 2014. FUENTE: LLORENTE A. (2015B)

En la Figura 44 se observa una alta dispersión del conjunto de datos, tanto por estación como en función del tiempo, la distribución para todas las estaciones en el año 2007 osciló entre 7 y 8 unidades, mientras que para los años siguientes el conjunto de datos fue ampliando su rango, tomando valores de los dos extremos de la distribución, tal es el caso del POZ12 que registró una dispersión más amplia y valores más altos de pH con el paso del tiempo, mientras que la estación POZ7 ha pasado de una baja dispersión de datos en 2007 con valores de pH por encima de las 7 unidades, a dispersiones más amplias con valores de pH de 6,4 unidades (Llorente A., 2015b). A diferencia del comportamiento registrado para las aguas superficiales, donde el comportamiento

del pH muestra una tendencia fundamentalmente alcalina, las aguas subterráneas reportan distribuciones con valores de pH de naturaleza ácida.

En cuanto a la conductividad (Figura 45), se reportan valores cuyas distribuciones se encuentran en general entre los 800 y 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con valores diferenciales en el POZ9, localizado en el sector norte cerca al tajo EWP de hasta 4998 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

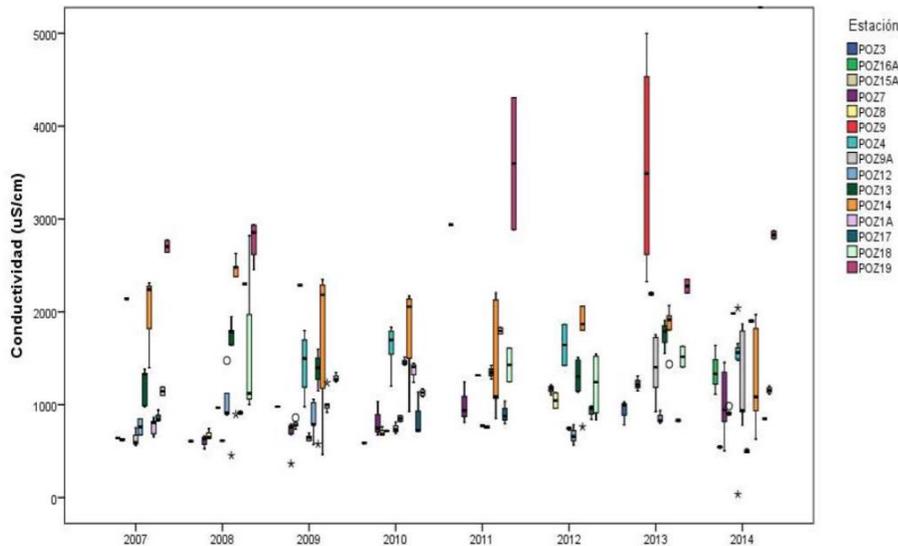


FIGURA 45. CONDUCTIVIDAD EN AGUAS SUBTERRÁNEAS. AÑOS 2007 A 2014. FUENTE: LLORENTE A. (2015B)

Este comportamiento representado en la figura anterior si bien puede ser típico de aguas subterráneas por el contenido de iones disueltos, el cual es mencionado por Cerrejón como aguas “no potables” en Cerrejón - Ingetec (2014) al indicar que el agua del acuífero Cerrejón por la alta concentración de iones mayores en solución, no presenta información que soporte tal argumento. Tal afirmación carece de información que soporte las características fisicoquímicas del agua subterránea debido a que: **i) no realiza un monitoreo de forma continua y sistemática, ii) los contenidos de calcio, magnesio, potasio y otros iones mayores que son el argumento presentado por Cerrejón para ser “no potables” no se encuentran estudiados a profundidad en la red piezométrica presentada por la empresa y iii) se desconoce el comportamiento del agua subterránea a diferentes profundidades donde se identifiquen realmente esos gradientes en el contenido de iones mayores** que imposibiliten el consumo de esta agua de poblaciones en la región.

Asimismo, existen contradicciones en cuanto a la calidad de las aguas que alberga el acuífero Cerrejón. Esto en el sentido de que aunque existen algunos reportes de concentración de sales muy altos, lo cual las hace no potables y sin posibilidad de uso agrícola, esta información se encuentra en puntos aislados sin posibilidad de generalizar esta caracterización de manera técnica.

Por otro lado, referente a las aguas de este acuífero Cerrejón afirma lo siguiente en el documento de modificación del PMAI: *En cuanto al acuífero de la Formación Cerrejón, su agua en alta proporción es connata, de mala calidad química por su contacto con el carbón. Sin embargo este acuífero es recargado a través de sus mantos de carbón mediante flujos subterráneos verticales provenientes de los acuíferos aluviales Cuaternarios que le suprayacen, y en menor proporción por la precipitación en las zona donde aflora. A pesar de la mezcla que se origina con el agua infiltrada,*

el agua subterránea sigue siendo de mala calidad físico-química para cualquier uso (subrayado fuera de texto).

En ese sentido, antes de mencionar algunas concentraciones que llaman la atención, se le sugiere a la Corte exigir al Cerrejón presentar la línea base y la serie de tiempo total de los monitoreos de metales y metaloides con la respectiva localización de estaciones, para así determinar si existe un patrón en las concentraciones de estos elementos a lo largo del río Ranchería, sus principales tributarios y las aguas subterráneas.

1.2.3.5. Conclusiones respecto a la afectación de las aguas superficiales y subterráneas en el proyecto Cerrejón

Los volúmenes de botaderos calculados para el proyecto minero en su totalidad, calculados por TerraE en este documento corresponden a cerca de 2.019.141.000 m³ (poco más de 2000 millones de m³), los cuales representan en toneladas cerca de 4644 millones de toneladas. Para disminuir la incertidumbre, Cerrejón debe generar información detallada acerca del volumen de botaderos, su densidad y sus características geoquímicas e hidrogeológicas.

Respecto a la calidad del agua superficial y subterránea se indica que el monitoreo de metales y metaloides no es realizado de acuerdo a lo exigido en la licencia ambiental debido a que no existe un monitoreo sistemático (tanto en monitoreo permanente en el espacio y significativo en el tiempo), que permita estudiar la variabilidad en las concentraciones de elementos potencialmente tóxicos como los metales pesados, que pueden ser liberados con la extracción y exposición de las rocas que encajonan el carbón. Es necesario se exija al Cerrejón y a la ANLA justificar y argumentar el porqué de los monitoreos incompletos e insuficientes para el estudio de liberación de metales. Asimismo, se explique y se compruebe que el cadmio y el plomo liberado y registrado en los arroyos Bruno y Cerrejón, y en el río Ranchería NO es producto de la actividad extractiva, pese a que fue identificado en los vertimientos reportados en los informes de cumplimiento.

Es necesario que se suspenda el proyecto minero hasta tanto las autoridades ambientales no tengan absoluta certeza científica sobre las causas y consecuencias de la alcalinización de las aguas sobre la salud de los territorios, de los ecosistemas y por sobre todo, de la salud pública de los seres humanos que pueden estar siendo afectados por la liberación de especies químicas tóxicas a los suelos y las aguas en entornos de alcalinidad que puede ser extrema, tal como se ha comprobado con datos de pH de aguas en el Cesar y en los propios reportes de la empresa Cerrejón.

1.2.4. Impactos y Riesgos geotécnicos (erosión y deslizamientos en los tajos mineros)

Con base en la lectura del PMAI presentado por Cerrejón – Ingetec (2014) existen serias dudas respecto a las consideraciones de estabilidad de tajos mineros y de botaderos por parte de la empresa minera. Los datos son presentados clasificados de acuerdo con el tipo de cortes (pared alta, pared baja y pared final) o botadero, y los factores de seguridad se encuentran entre 1,2 y 1,3, lo cual significa que los esfuerzos que actúan para mantener estas paredes rocosas estables son entre un 20 y un 30% mayores que los que inestabilizan. Estos valores pueden parecer altos para cortes con alturas mayores a 200 metros y que van a permanecer allí para siempre, puesto que Cerrejón nunca ha considerado llenar totalmente los huecos resultantes de la extracción minera, sino que lo hará parcialmente (retrollenado). Para tener un contexto respecto a estas

cifras, la ciudad de Bogotá clasifica la amenaza por remoción en masa para cortes en laderas relacionados con proyectos urbanísticos (Resolución 227 de 2005), en función de factores de seguridad, estableciendo en 1,2 el límite entre amenaza media y amenaza baja y en 1,9 el límite entre amenaza media y amenaza alta. Si bien se puede argumentar que no es posible comparar un proyecto urbanístico con uno minero, taludes que deben permanecer estables para siempre deberían tener criterios de estabilidad de igual rigor, pero dicho rigor no existe en las normas ambientales.

4.2.3 Geotecnia

Tabla 18. Cuadro 4.2-8 Estudio 32MTPA- Análisis de estabilidad de paredes altas en Central y Norte. Tomado de: Cerrejón-Ingetec, 2014

Cuadro 4.2-8 Estudio 32MTPA - Análisis de estabilidad de paredes altas en Central y Norte

Estudio Cerrejón Clase III 32MTPA - Diseño de Pared Alta						
Pared Alta en Cerrejón Central						
Sector	Sección	FOS	POF	Ángulo General	Elevación Piezométrica Máxima (m)	% Saturación del Talud
T100 Hw	T-4	1,19	0,21	27,5	-137,0	10%
T100 Hw	T-3	1,19	0,19	27,5	-106,5	10%
T100 Hw	T-2	1,20	0,19	27,5	-108,0	10%
T100 Hw	T-1	1,20	0,19	27,5	-105,0	10%
Comuneros Hw	PC-4	1,20	0,20	27,5	-113,5	10%
Comuneros Hw	PC-3	1,30	0,16	29,0	62,5	50%
Comuneros Hw	PC-2	1,31	0,17	29,0	70,0	50%
Comuneros Hw	PC-1	1,21	0,24	29,0	83,0	50%
Pared Alta en Cerrejón Norte						
Sector	Sección	FOS	POF	Ángulo General	Elevación Piezométrica Máxima (m)	% Saturación del Talud
Expansión Hw EWP	WR-5	1,29	0,19	29,0	15,5	50%
Expansión Hw EWP	WR-3	1,36	0,14	27,5	31,0	50%
Expansión Hw EWP	WR-1	1,24	0,18	27,5	-138,0	20%
Tabaco Hw	TAB-6	1,22	0,17	27,5	-224,5	10%
Tabaco Hw	TAB-5	1,20	0,19	27,5	-251,0	10%
Tabaco Hw	TAB-4	1,22	0,19	27,5	-117,0	30%
Tabaco Hw	TAB-3	1,25	0,21	29,0	20,0	50%
Tabaco Hw	TAB-2	1,28	0,18	27,5	25,0	50%
Tabaco Hw	TAB-1	1,33	0,15	29,0	20,0	50%
La Puente Hw	LP-4	1,25	0,12	27,5	-3,0	50%
La Puente Hw	LP-3	1,25	0,17	27,5	-128,0	30%
La Puente Hw	LP-2	1,26	0,15	27,5	-210,0	20%
La Puente Hw	LP-1	1,27	0,16	27,5	-127,0	30%
Annex Hw	ANX-2	1,26	0,21	29,0	23,0	50%
Annex Hw	ANX-1	1,27	0,20	29,0	30,0	50%

Tabla 19. Cuadro 4.2-9 Estudio 40 MTPA- Análisis de estabilidad de paredes altas en Tabaco y Annex. Tomado de: Cerrejón-Ingetec, 2014

Cuadro 4.2-9 Estudio 40 MTPA - Análisis de estabilidad de paredes altas en Tabaco y Annex

Estudio Cerrejón 40MTPA - Diseño de Pared Alta de Tabaco y Annex						
Pared Alta de Tabaco						
Sector	Sección	FOS	POF	Ángulo General del Talud (°)	Elevación Piezométrica Máxima (m)	% Saturación del Talud
Pared Alta NW	TAB-NW	1,26	0,13	27	-233	20%
Pared Alta W	TAB-W	1,20	0,17	27	-22	20%
Pared Alta SW	TAB-SW	1,18	0,21	31	-229	20%
Pared Alta de Annex						
Sector	Sección	FOS	POF	Ángulo General del Talud (°)	Elevación Piezométrica Máxima (m)	% Saturación del Talud
Pared Alta Sur	ANNEX-H-1	1,25	0,19	30	-122	30%
Pared Alta Sur	ANNEX-H-4	1,25	0,18	31	-163	20%
Pared Lateral Este	ANNEX-H-5	1,22	0,17	27	-320	0%
Pared Alta Norte	ANNEX-H-6	1,20	0,19	29	-280	0%
Pared Alta Norte	ANNEX-H-10	1,24	0,16	27	-113	30%

Algunos de los análisis en taludes en paredes bajas presentan rangos de factores de seguridad menores a 1,2, con lo cual se puede afirmar que su estabilidad es precaria.

Tabla 20. Cuadro 4.2-10 y 4.2-11 y Análisis de estabilidad de paredes bajas. Tomado de: Cerrejón-Ingetec, 2014

Cuadro 4.2-10 Estudio 32 MTPA - Análisis de estabilidad de paredes bajas en Central y Norte

Estudio Cerrejón Clase III 32MTPA Diseño de Pared Baja			
Paredes Bajas de Cerrejón Central			
Sector	FOS	POF	Configuración de Pared Baja Escalonada
Pared Baja T-4	1,17 (1,19)	0,25 (0,22)	Banca a nivel -60 a manto 101 y luego continuar minería hasta nivel -170
Pared Baja T-3	1,54 (1,59)	0,12 (0,11)	Plan existente es estable
Pared Baja T-2	1,23 (1,24)	0,24 (0,23)	Banca a nivel -75 a manto 050 y continuar minería hasta nivel -105 Banca a nivel -105 a manto 070 y continuar minería hasta nivel -140
Pared Baja T-1	1,21 (1,22)	0,23 (0,21)	Banca a nivel +00 a manto 050. Banca a nivel -60 a manto 055. Continuar minería hasta el nivel -135. (Nivel -140 podría no ser alcanzable)
Pared Baja PC-4	1,44 (1,44)	0,11 (0,11)	Plan existente es estable
Pared Baja PC-3	1,26 (1,31)	0,20 (0,16)	Plan existente es estable

Pared Baja PC-2	1,16 (1,16)	0,30 (0,28)	Plan existente es estable
Pared Baja PC-1	1,30 (1,31)	0,19 (0,17)	Plan existente es estable
Pared Baja de la Expansión de EWP			
Sector	FOS	POF	Configuración de Pared Baja Escalonada
Pared Baja WR-5	1,51	0,10	Plan existente es estable.
Pared Baja WR-4	1,47	0,11	Plan existente es estable
Pared Baja WR-3	1,36	0,13	Plan existente es estable
Pared Baja WR-2	1,27	0,16	Plan existente es estable
Pared Baja WR-1	1,23	0,19	Banca a nivel -25 a manto 043. Continuar minería hasta el nivel -200
Pared Baja de Tabaco			
Sector	FOS	POF	Configuración de Pared Baja Escalonada
Pared Baja TAB-6	1,20	0,22	Banca a nivel -60 a manto 105. Continuar minería hasta el nivel -250
Pared Baja TAB-5	1,19	0,22	Plan existente es estable: Es posible alguna inestabilidad menor a niveles -0 y -105
Pared Baja TAB-4	1,18	0,30	Descarga del talud superior a 30° desde el nivel -110 hasta la cresta planeada a nivel -10
Pared Baja TAB-3	1,41	0,11	Plan existente es estable.
Pared Baja TAB-2	1,09	0,37	La estabilidad es sospechosa al nivel final (-75m). Podría requerirse una banca dependiendo del monitoreo del talud
Pared Baja TAB-1	1,26	0,17	Plan existente es estable
Pared Baja de La Puente			
Sector	FOS	POF	Configuración de Pared Baja Escalonada
Pared Baja LP-4	2,07	0,02	Plan existente es estable
Pared Baja LP-3	1,20	0,22	Plan existente es estable.
Pared Baja LP-2	1,18	0,21	Banca a nivel -230 a manto 067 y continuar minería hasta nivel -290
Pared Baja LP-1	1,23	0,14	Banca a nivel -75 a manto 083; continuar minería hasta nivel -135; luego, banca a manto 095. Continuar minería hasta nivel -230

Nota: (##) — Indica valores de FOS y POF calculados con la resistencia del macizo rocoso obtenida por el método de GSI.

Cuadro 4.2-11 Estudio 40 MTPA - Análisis de estabilidad de paredes bajas en Annex

Estudio Cerrejón 40MTPA Diseño de Pared Baja - Tajo Annex			
Sección	FOS	POF	Configuración de Pared Baja Escalonada
ANX-F2-9	1,29	0,14	Banca a nivel -06 a manto 095, banca a nivel -117 a manto 102, banca a nivel -198 a manto 105
ANX-F2-15	1,26	0,15	
ANX-F2-17	1,27	0,11	

Los botaderos de retrolenado presentan factores de seguridad cercanos o incluso menores a 1,0, lo cual debe ser explicado por Cerrejón, quien los propuso. **Un diseño de una estructura (cortes o rellenos) con un factor de seguridad menor de 1,0 significa que los criterios tenidos en cuenta para su modelamiento definen que la estructura fallará, lo cual es inaceptable para cualquier proyecto, máxime para uno de la envergadura del mayor proyecto a cielo abierto del país.**

Tabla 21. Cuadro 4.2-12 Estabilidad general del talud de retrolenado. Tomado de: Cerrejón-Ingetec, 2014

Cuadro 4.2-12 Estabilidad general del talud de retrolenado del Tajo Oeste Expandido

Estabilidad General del Talud de Retrolenado					
Altura del Talud (m)	Ángulo del Talud (°)	Modo Principal de Falla	FOS	POF	Condición de presión de Poros
120	21	Falla Circular	1,32	0,11	ru=0,06 esperado
180	21	Falla Circular	1,28	0,12	ru=0,06 esperado
240	21	Falla Circular	1,27	0,12	ru=0,06 esperado
300	21	Falla Circular	1,27	0,12	ru=0,06 esperado
120	21	Fundación	1,36	0,10	ru=0,06 esperado
180	21	Fundación	1,35	0,11	ru=0,06 esperado
240	21	Fundación	1,34	0,11	ru=0,06 esperado
300	21	Fundación	1,32	0,12	ru=0,06 esperado
300	21	Capacidad del Material	1,92	0,01	ru=0,06 esperado

Estabilidad General del Talud de Retrolenado					
Altura del Talud (m)	Ángulo del Talud (°)	Modo Principal de Falla	FOS	POF	Condición de presión de Poros
270	19	Falla Circular	1,32	0,07	ru=0,06 esperado
270	21	Falla Circular	1,27	0,12	ru=0,06 esperado
270	23	Falla Circular	1,04	0,41	ru=0,06 esperado
270	25	Falla Circular	0,92	0,68	ru=0,06 esperado
270	30	Falla Circular	0,81	0,90	ru=0,06 esperado
270	21	Falla Circular	0,99	0,52	ru=0,20 max. esperado
270	21	Fundación	1,08	0,35	ru=0,20 max. esperado
270	21	Falla Circular	1,30	0,10	ru=0,06 min. esperado
270	21	Fundación	1,36	0,09	ru=0,06 min. esperado

El análisis de los factores de seguridad presentado por Cerrejón-Ingetec (2014) respecto a la estabilidad de sus taludes muestra preocupación por la ligereza en un ítem fundamental en la evaluación del riesgo de un proyecto minero, pero adicional a lo anterior, La Guajira, y en particular la zona del proyecto Cerrejón, está clasificada en los mapas de amenaza sísmica de Colombia, como de amenaza media.

Según la Asociación de Ingeniería Sísmica (1996) en Garzón (2011), la Amenaza Sísmica está definida como un “fenómeno físico asociado a un sismo, tal como el movimiento fuerte del terreno o falla del mismo, que tiene el potencial de producir una pérdida”.

“La magnitud y el momento sísmico están relacionados con la energía liberada en el foco del terremoto, mientras que la intensidad y la aceleración, velocidad y desplazamiento del suelo lo están con la energía recibida en un punto cualquiera de la superficie. La intensidad del área epicentral, también, se toma como medida del tamaño del terremoto ya que, aunque no mide la energía liberada y en su valor influye la profundidad a la que se encuentra el foco y el tipo de fractura que da lugar al terremoto, es el único parámetro que nos da una idea del tamaño para la

época no instrumental, de la que no se cuenta con valores de magnitud” (Muñoz, 1989 en Garzón, 2011).

En cuanto a la condición de una zona en la amenaza sísmica intermedia, se define para regiones donde existe la probabilidad de alcanzar valores de aceleración pico efectiva (A_a) mayores de 0,10 g y menores o iguales de 0,20 g, que son las aceleraciones con las cuales se debe modelar un talud para que resista las condiciones teóricas de sollicitación ante sismo.



FIGURA 46. ZONAS DE AMENAZA SÍSMICA PARA COLOMBIA, CON DETALLE EN LA ZONA DEL CERREJÓN. TOMADO DEL GEOPORTAL DEL SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO Y MODIFICADO CON LA UBICACIÓN DE LOS TAJOS POR TERRAE (ESTE DOCUMENTO)

No obstante lo anterior, los análisis presentados por Cerrejón – Ingetec (2014) no consideran esta posibilidad y no presentan los escenarios de análisis de estabilidad de taludes (las paredes de los tajos mineros o de los botaderos) con sismo. **Si los análisis de estabilidad sin sismo ya son preocupantes, es inaceptable, en términos de la aplicación del Principio de Prevención que la ANLA haya aprobado un proyecto riesgoso en términos de la estabilidad de los taludes, situación que genera riesgo para los trabajadores y eventualmente para las comunidades adyacentes.** Se reitera que estos taludes deben soportar las cargas para siempre, pues Cerrejón no llenará la totalidad de las fosas sino solo una parte, con lo cual las paredes altas, que son las que pueden generar el mayor riesgo, no estarán completamente confinadas.

Sumado a lo anterior, tampoco se consideran ni estudian para poder gestionar sus impactos en la estabilidad, los procesos erosivos. Los procesos de erosión hídrica concentrada se caracterizan por flujos de agua que discurren a lo largo de la línea de mayor pendiente de una ladera o talud, generando una concentración de la energía hídrica que causa el arranque de suelos y rocas, generando surcos y cárcavas. Estos procesos no han sido tenidos en cuenta dentro de los estudios ambientales remitidos por Cerrejón a la autoridad ambiental, a pesar de que incluso en las imágenes gratuitas de google.earth es evidente las problemáticas que se causan, pues pueden llevar a situaciones graves como la captura de aguas superficiales y a la inestabilidad general de taludes y han generado problemas en minas de carbón en otros lugares del mundo (Choy & Park, 2008)

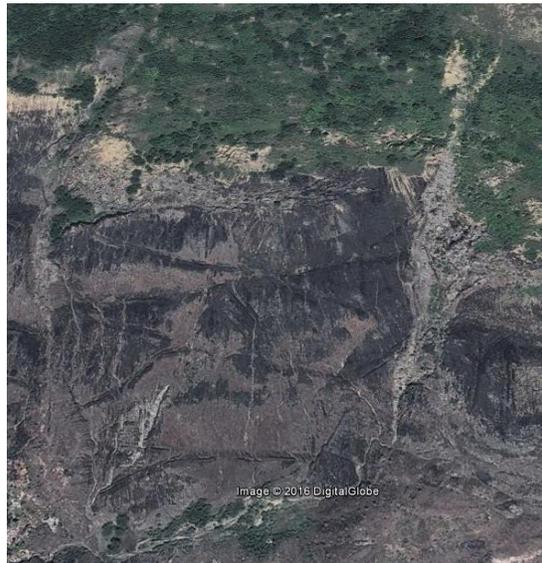


FIGURA 47. FOTOGRAFÍA CON IMÁGENES DE PROCESOS EROSIVOS EN DIFERENTES TAJOS DE CERREJÓN CAPTURADOS DEL GOOGLE.EARTH (FECHA DE CONSULTA 24 DE SEPTIEMBRE). EVIDENCIAS DE LA EROSIÓN COMO MECANISMO NO CONSIDERADO DE INESTABILIDAD DE LOS TALUDES.

1.2.5. Impactos en la calidad del aire

La calidad del aire es uno de los componentes ambientales de mayor importancia en proyectos mineros a cielo abierto no solo por los altos riesgos a la salud de población por la exposición a material particulado, sino por la dificultad en el control de las emisiones generadas por esta actividad. La remoción, cargue y transporte de suelo, los procesos de perforación y voladura, el manejo y transporte de desechos de roca y de carbón, y otras actividades como la resuspensión de polvo en vías sin mantenimiento, la combustión espontánea en pilas de carbón, el tráfico de vehículos y maquinaria, la erosión eólica de pilas de carbón y botaderos, y el transporte de carbón hasta puerto, son algunas de las principales fuentes de emisión de partículas a la atmósfera

producidas por la actividad minera (Llorente A., 2015a). Su volumen, composición, condiciones meteorológicas y el mismo control ejercido por parte de la empresa minera, determinarán el grado de contaminación y su permanencia en la atmósfera, al igual que su consecuente impacto en la salud en caso de que dichas condiciones no sean favorables (TERRAE, 2016).

Por lo anterior, El Cerrejón realiza el monitoreo de la calidad del aire en cumplimiento de la Resolución 2097 del 16 de diciembre de 2005 mediante la cual se estableció el Plan de Manejo Integral (PMAI) del proyecto carbonífero El Cerrejón. De dicho monitoreo se destaca el realizado para partículas menores a diez micras (PM10) debido a su relación con la salud pública. La Figura 46 presenta la localización de las estaciones de monitoreo en la zona minera, jurisdicción de los municipios de Barrancas, Albania y Hatonuevo, departamento de La Guajira y **se destaca la cercanía de Resguardos y comunidades indígenas con la zona de explotación, principalmente sobre el sector sur del título minero.**

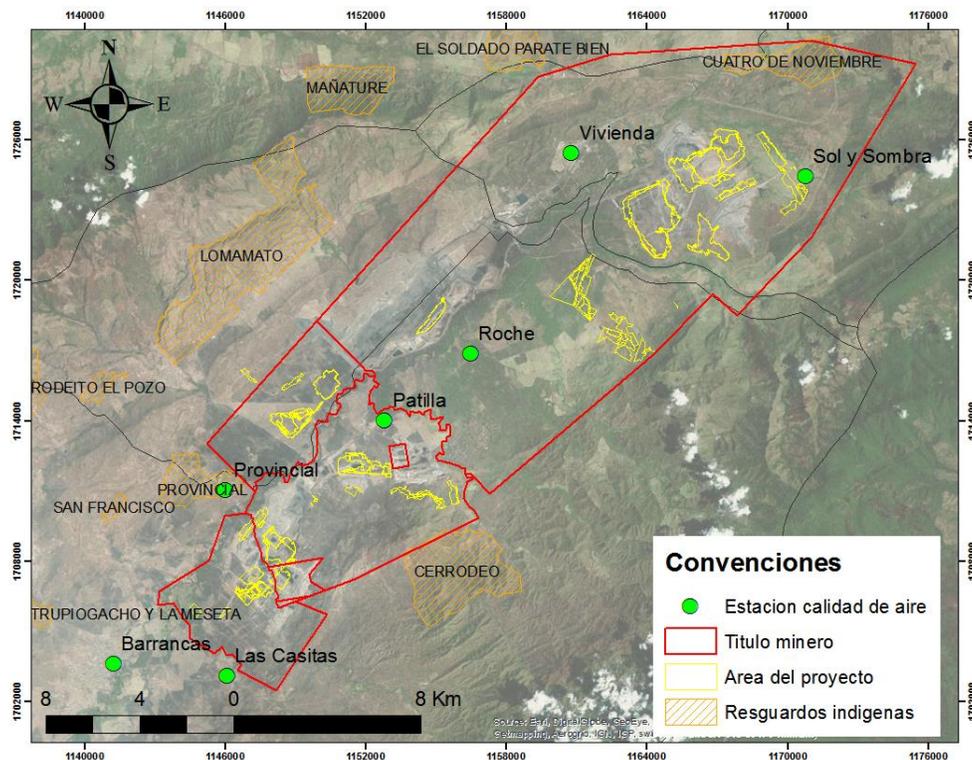


FIGURA 48. ESTACIONES DE CALIDAD DEL AIRE SECTOR LA MINA. PROYECTO MINERO EL CERREJÓN. ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN INFORMES DE CUMPLIMIENTO AMBIENTAL (ICA) DEL LAM1094

Para determinar el comportamiento del material particulado menor a diez micras (PM10) y verificar el cumplimiento de la Resolución 610 de 2010 que establece la norma de calidad del aire, y de las recomendaciones de la OMS, se realizó un análisis de la información disponible en el expediente LAM1094 cuyo control y vigilancia es realizado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) en periodos de exposición diarios (24 horas) y anuales. Las Figuras 49 y 50 muestran el comportamiento anual y diario del PM10 en la zona minera.

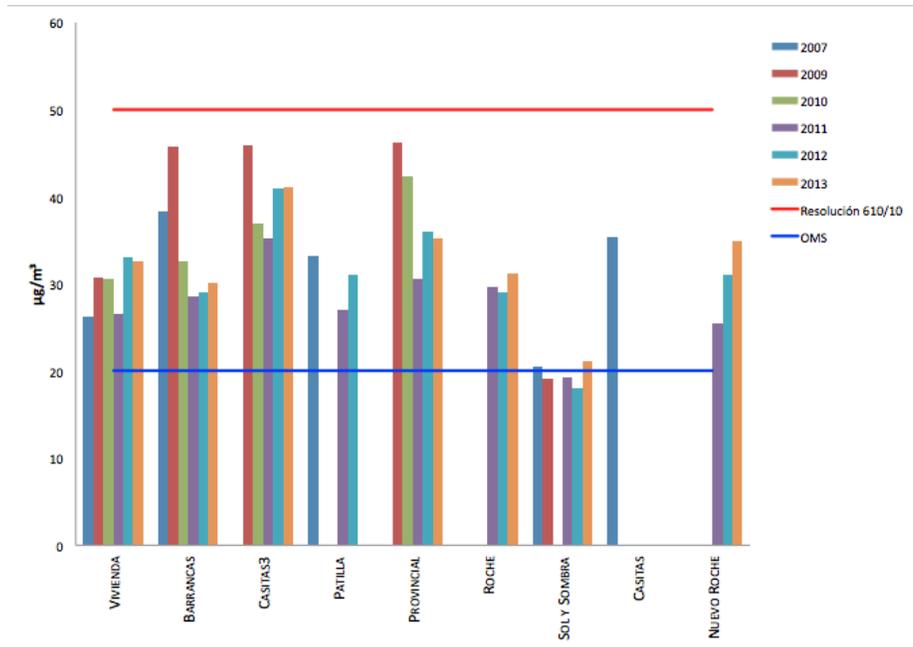


FIGURA 49. PROMEDIO ANUAL DE PM10. PROYECTO MINERO EL CERREJÓN. ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN INFORMES DE CUMPLIMIENTO AMBIENTAL (ICA) DEL LAM1094. LA LÍNEA ROJA INDICA EL LÍMITE PERMISIBLE EXIGIDO POR LA RESOLUCIÓN 610 DE 2010 Y LA LÍNEA AZUL EL LÍMITE RECOMENDADO POR LA OMS

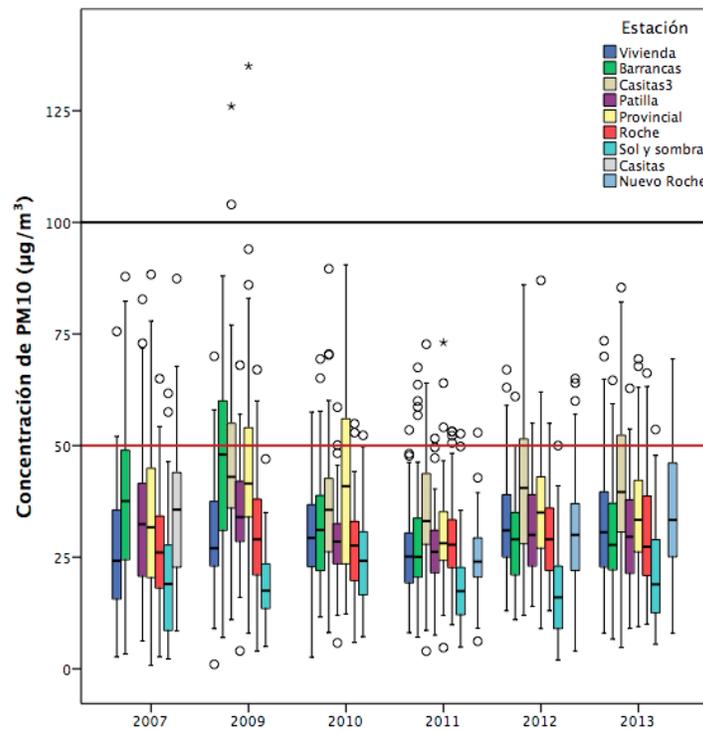


FIGURA 50. PROMEDIO DIARIO (24 HORAS) DE PM10. PROYECTO MINERO EL CERREJÓN. ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN INFORMES DE CUMPLIMIENTO AMBIENTAL (ICA) DEL LAM1094. LA LÍNEA NEGRA INDICA EL NIVEL PERMISIBLE POR LA RESOLUCIÓN 610 DE 2010 Y LA LÍNEA ROJA EL NIVEL RECOMENDADO POR LA OMS

El análisis de la serie de datos diarios (24 horas) y anual de PM10, evidenció que si bien el proyecto cumple con los límites establecidos por la Resolución 610 de 2010, existe un claro incumplimiento de los estándares internacionales enunciados por la OMS para ambos periodos de exposición (línea azul en la Figura 49 y línea roja en la Figura 50). Los sitios más críticos se localizan en el sector central (tajos Oreganal, T100 y Comuneros) y sector Patilla, zona donde se localizan los Resguardos indígenas de San Francisco, Provincial, Lomamoto, Cerro de Hatonuevo, Las Casitas ancestral, Campo Alegre y Nuevo Espinal. Las concentraciones de partículas suspendidas menores a diez micras en el aire han llegado a superar hasta dos veces los límites establecidos por la OMS en periodos de exposición diarios y anuales, lo que evidencia el riesgo a la salud de la población indígena expuesta permanentemente a este material.

Mientras que los límites permisibles por la Resolución 610 de 2010 exigen un promedio de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para periodos de exposición diarios y 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para periodos de exposición anual, la OMS (2005) ha establecido para PM10 un valor anual de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio en un periodo de exposición de 24 horas. La importancia de esto radica en que las pruebas relativas al material particulado suspendido en el aire y sus efectos en la salud pública coinciden en poner de manifiesto efectos adversos para la salud con la exposición que experimenta actualmente la población. El abanico de los efectos en la salud es amplio, pero se producen en particular en los sistemas respiratorio y cardiovascular. Se ha demostrado que el riesgo de diversos efectos aumenta con la exposición y hay pocas pruebas que indiquen un umbral por debajo del cual no quepa prever efectos adversos en la salud (OMS, 2005 en Llorente A., 2015b). Asimismo, estudios como los de Pope *et al.*, (2002), demostraron que el aumento en 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ representan un incremento del riesgo del 6 y 8% de muertes por enfermedad cardiorespiratoria y cáncer de pulmón.

La insistencia en describir las recomendaciones de la OMS además de manifestar los riesgos a la salud de la población indígena asentada en inmediaciones del proyecto minero, es que **debe ser concebida como de obligatorio cumplimiento de acuerdo al mandato de la Corte Constitucional que mediante Sentencia T-154 de 2013 ordenó al MADS cumplir las recomendaciones de la OMS** y de otros organismos internacionales frente a los efectos adversos a la salud y, en general, contra el ambiente, que genere la explotación carbonífera a gran escala.

1.2.5.1. Consideraciones generales respecto al impacto a la calidad del aire

De lo expuesto en los numerales anteriores es preciso mencionar que la empresa Cerrejón pese a cumplir en la mayoría de los casos la normativa colombiana relativa a la concentración de material particulado en periodos de exposición anuales y diarios, **no cumple con los estándares recomendados por la OMS que indican que superado ese umbral pueden existir efectos adversos en la salud**, principalmente en los sistemas cardiovascular y respiratorio. Este incumplimiento de los estándares de la OMS se configura además como desacato a los mandatos de la Corte Constitucional, que bien describió la obligación de los entes ambientales de hacer cumplir las recomendaciones de organizaciones internacionales en lo que a efectos en la salud se refiere originados por actividades mineras a cielo abierto. Es decir, **expedida la Sentencia T-154 en 2013 aún se presentan incumplimientos reiterativos en las concentraciones de PM10, y ni la ANLA ni el MADS acatan esta disposición**, generándose un altísimo riesgo a la salud de poblaciones indígenas que residen en el sector contiguo a la explotación carbonífera. Finalmente, a esto puede sumarse que las autoridades ambientales **no exigen a esta empresa la medición de material particulado menor a 2,5 micras (PM2,5)** cuyo diámetro aerodinámico más fino genera mayor riesgo en la salud de la población expuesta.

Ahora bien, existen antecedentes de denuncias de comunidades y contaminación del aire presentados en el Informe de auditoría gubernamental realizado por la CGR (2008) al Ingeominas, que describieron la gestión de los contratos de gran minería hasta ese entonces. De lo mencionado en este informe se destaca la evidente afectación sobre el medio, afectando primordialmente la calidad del aire y por ende a las comunidades inmersas en las áreas de influencia a la mina, lo cual ha sido motivo de múltiples quejas de comunidades aledañas. Por lo anterior, la CGR requirió al Ingeominas y al - en ese entonces- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y las Corporaciones Autónomas Regionales, la aplicación de medidas inmediatas con el objetivo de cuantificar con exactitud los niveles efectivos de aporte de material particulado fino a la atmósfera, así como establecer las posibles implicaciones en la salud pública.

Asimismo, en diciembre de 2010 la Procuraduría General de la Nación presentó una acción popular en contra de la empresa Carbones de El Cerrejón en la cual argumentó y describió las afectaciones en la salud de algunos de los trabajadores de la mina El Cerrejón, producto de la exposición permanente a material particulado. En la demanda se mencionan algunas de las enfermedades que puede causar dicha exposición, entre ellas están: silicosis, bronquitis industrial y cáncer pulmonar. **El informe que soportó la demanda, confirmó la presencia de plomo en la sangre, fibrosis pulmonar, silicoantracosis de origen profesional, entre otras.** Según la Procuraduría, estos fueron “hallazgos graves”.

Descrito todo lo anterior y ante la ausencia de una Política de Salud Ambiental en el país que oriente de forma planificada el proceder del Estado respecto a la calidad ambiental en regiones impactadas por minería a cielo abierto, **existe gran incertidumbre en el sentido de garantizar los derechos fundamentales a un ambiente sano y a la salud**, reflejado esto en las numerosas denuncias que las comunidades cercanas a este proyecto interponen ante el Estado, en las **concentraciones de PM10 excediendo límites que tienen repercusiones en la salud de la población expuesta las 24 horas del día** a este material y en los antecedentes de empresas mineras por contaminación y a enfermedades documentadas y asociadas a la actividad. Por ejemplo, en noviembre de 2015 un fallo de tutela a favor de Moisés Guette, un niño indígena Wayúu que padece graves problemas respiratorios producto de la actividad minera desarrollada por Cerrejón, ordenó a las autoridades ambientales aplicar el principio de precaución y garantizar que la empresa Carbones de Cerrejón redujera las emisiones de material particulado en un periodo máximo de dos meses.

1.3.POST – MINERÍA: LA CONFIGURACIÓN DE PASIVOS Y DAÑOS AMBIENTALES PARA EL TERRITORIO GUAJIRO

El mejor referente para un entendimiento cabal de los eventuales pasivos y daños ambientales que puede dejar un proyecto minero a gran escala de extracción de carbón a cielo abierto en Colombia está planteado por los investigadores de la Contraloría General de la República para el caso del Cesar compilados por Fierro (2014). En este se establecen temáticas que ya han sido abordadas en el presente documento como faltantes, omisiones, incumplimientos de norma, etc. para el caso del Cerrejón y giran fundamentalmente alrededor de la generación de contaminantes desde los botaderos y las fosas mineras que pueden afectar aguas y suelos, sobre la estabilidad de las paredes de los inmensos tajos (con alturas que pueden superar los 300 metros) que serán dejados allí para siempre, así como de la pregunta fundamental y es el uso que los seres humanos le darán a estos territorios una vez culminen las actividades mineras.

(...) la CGR evidencia que algunos de los botaderos externos que están cubiertos por vegetación (generalmente rastrojos), tienen valores anómalos de especies químicas que pueden ser tóxicas. Es necesario contar con los soportes técnico-científicos (aun no remitidos) que demuestren la salud ecosistémica del suelo, para que dichos botaderos se constituyan en el hábitat de vegetación y fauna con propósitos de conservación. Lo anterior también aplica para los eventuales usos agrícolas y pecuarios. Los soportes deben incluir modelamientos y ajustes al modelo con base en el monitoreo y seguimiento, máxime cuando se tienen casi 20 años de explotación y de constitución de botaderos. Lo anterior es fundamental cuando en la literatura internacional se ha reportado arsénico en habas (Prieto et. al, 2007), en garbanzos y en leguminosas (Lechuga, 2002; Rico et al, 2013), cadmio en hortalizas (González, 1994; Guerra, 2011). Si bien algunas especies de plantas toleran altas concentraciones de metales pesados en suelo y agua, la contaminación se expresa en mermas en su potencial productivo. Por otra parte, se ha evidenciado los efectos acumulativos de los metales pesados en ciertas estructuras de la planta, lo cual puede configurarse en un riesgo para quienes se alimentan de estas plantas y sus productos (Cambrollé et al, 2013).

En cuanto a los botaderos como fuente particular de contaminación en aguas y suelos en otros lugares del mundo y publicados en las revistas científicas de mayor calificación (Palmer et al., 2010) demuestran que dichas estructuras se relacionan con pérdidas permanentes de ecosistemas que juegan papeles críticos en los procesos ecológicos, tales como el ciclo de nutrientes y la producción de materia orgánica, y que las exfiltraciones de los botaderos contienen una variedad de solutos tóxicos o dañinos para la biota y para la salud humana. En cuanto a los riesgos que estos solutos conllevan para actividades agrícolas, existen estudios a nivel mundial sobre la alteración de la actividad microbiana por remoción de suelos para minería (Wang et al., 2006) e incluso el deterioro total de este componente natural fundamental (Bernhardt y Palmer, 2011).

También es importante mencionar los estudios de Olivero et al. (op. cit) como el incluido en el volumen 2 de esta serie Minería en Colombia, en los que se muestra la existencia de genotoxicidad en ratas, ratones e iguanas silvestres procedentes de zonas mineras, así como los efectos negativos de partículas de carbón sobre plantas, tales como clorosis, necrosis e inhibición del crecimiento, considerando estos investigadores que el polvillo de carbón no debe ser considerado como material inerte.

(...)

Si además de lo anterior, se evalúan escenarios de mediano plazo, incluyendo variables como el calentamiento global, se muestra una relación con sequías y desertización, que debería llevar a plantear una manera de desarrollo que se adapte a estos condicionamientos y que disminuya no solamente la vulnerabilidad natural, sino también la sociocultural y económica (...) el modelo de megaminería induce abatimientos zonales/regionales del nivel freático que no solamente causa problemas en cantidad de agua (abastecimiento de poblaciones y salud de ecosistemas), sino que puede inducir cambios regionales en la calidad de aguas por salinización y alcalinización. Este efecto se encadena con una mayor susceptibilidad a la erosión en suelos y, por lo tanto, todo un desequilibrio geo- y eco-sistémico que puede llevar al colapso de la región central.

En este tipo de escenarios complejos se debe actuar en el marco de los principios de precaución y de prevención, por lo que resulta necesario, urgente y ético el planteamiento de acciones urgentes que permitan generar conocimiento de manera previa a la toma de decisiones. (...) Para el caso del Cesar, no hay estudios sobre vulnerabilidad ni resiliencia de los ecosistemas secos que allí persisten, en particular de su

interdependencia de las aguas superficiales que vienen de las sierras y de las aguas subterráneas, que también provienen de las zonas altas. Las profundizaciones de las aguas subterráneas pueden ser de cientos de metros, tal como ha sido establecido por las propias empresas mineras y no sería descartable la eventualidad de un colapso regional en el mediano plazo si los ecosistemas de caños y ciénagas dependen, así sea unos meses al año, de dichas aguas.

Para el caso de El Cerrejón, se tienen tres temas centrales desde perspectivas geoambientales, muy en concordancia con lo planteado por la Contraloría General de La República para el caso del Cesar: i) la contaminación de los lagos que se generarán por la recuperación del nivel freático en las fosas mineras que quedarán luego de que el proyecto minero termine y cesen el bombeo y extracción de aguas subterráneas, ii) la estabilidad de las paredes de los tajos mineros que quedarán luego de que la minería concluya, iii) la liberación de especies químicas tóxicas desde los botaderos, iv) el comportamiento hidrológico e hidrogeológico a futuro en escenarios de cambio climático y el eventual daño al ciclo de las aguas y v) el daño geomorfológico que causarán tajos cuya profundidad está por debajo del nivel del mar.

1.3.1. La contaminación de los futuros lagos de llenado de los tajos mineros



FIGURA 51. IMAGEN DE LAGO DE TAJO MINERO EN CERREJÓN, TAJO OESTE EXPANDIDO (EWP) TOMADA DE GOOGLE.EARTH

Todos los datos sistematizados acerca del pH de las aguas superficiales y de las subterráneas permiten visualizar que **uno de los problemas graves de la actividad minera es una alcalinización de las aguas afectadas por el proyecto minero de El Cerrejón**. La calidad de las aguas a partir de los datos remitidos por El Cerrejón no dan lugar a dudas cuando se revisan las corrientes de agua menores. Esa también fue una de las conclusiones a las que llegó el grupo de investigadores de la Contraloría General de la República (Fierro, 2014; Moran, 2015) en la auditoría minera del Cesar.

No obstante lo anterior, y **luego de más de 30 años de explotación minera, de disposición de desechos y de casi 20 años de monitoreo de calidad de aguas, Cerrejón no ha detectado la realidad del problema**. Esta afirmación puede hacerse ante la lectura de la ficha 6.1.20 del PMAI

(Cerrejón – Ingetec, 2014) correspondiente al Programa abandono de tajos y de infraestructura, en sus objetivos específicos y en el desarrollo de toda la ficha:

- *Prevenir o reducir las tasas de formación de ácidos y su acumulación en las aguas retenidas en las lagunas de retención o sumideros.*

(...)

- *Se determinará el potencial de generación de aguas ácidas del tajo a abandonar, teniendo en cuenta los tipos de materiales generadores y neutralizadores existentes en la superficie del tajo, las aguas existentes para evitar su contacto con sulfuros, entre otros aspectos.*

- *Las aguas ácidas se neutralizarán mediante mezcla con aguas alcalinas o la aplicación de correctivos de acidez (neutralizadores).*

Es evidente que **ante el desconocimiento una adecuada gestión no es posible**. Lo que incluso Cerrejón sabe es que una vez se culmine la explotación las fosas remanentes por no considerar un retrolleado total se llenarán de aguas producto del desagüe de aguas superficiales, subterráneas y de lluvia, que muy probablemente tendrán la impronta de la calidad de las aguas subterráneas dada la profundidad de las fosas. Por ello, es necesario un modelamiento sobre cuál será la característica de las aguas de estas lagunas artificiales, pues probablemente serán aguas completamente inutilizables pensando en consumo humano, riego o uso recreativo. Dicho modelamiento no ha sido remitido por Cerrejón a las autoridades competentes, que en nuestro concepto no son solamente las ambientales sino también las territoriales y las de las comunidades indígenas y campesinas.

El peligro de contaminación ha sido expuesto desde la propia conceptualización del proyecto en el siglo pasado. Molano et al. (1980) advertían sobre la inconveniencia de sacar al ambiente las aguas contenidas en las rocas que acompañan al carbón:

Las condiciones físicoquímicas del agua subterránea del área no permiten que se viertan directamente estas aguas a las aguas superficiales o a la fuente de drenaje principal de la cuenca: el Río Ranchería. El Río Ranchería podría ser utilizado como medio de evacuación del agua subterránea en épocas de crecidas; en tal caso se deben hacer embalses superficiales para almacenar el agua subterránea y drenarla hacia el río según los caudales que lleve este, manteniendo las concentraciones mínimas permisibles tal que se garantice el equilibrio ecológico del río y de la región aguas abajo; se debe proceder de manera análoga como se hace en la operación y manejo de embalses superficiales. El Río Ranchería en el área

(...)

Es importante recalcar que de ninguna manera se pueden verter flujos de agua subterránea en épocas de estiaje del Río Ranchería, esto podría tener repercusiones ecológicas considerables aguas abajo del río, ya que es la fuente de abastecimiento de agua más importante de la cuenca; además este río alimenta directamente una zona acuífera muy importante en la Guajira Media a través de la Falla de Oca. Cualquier exceso de agua subterránea evacuada se tendría que tratar previamente antes de verterlos al Río Ranchería; o utilizar pozos de infiltración o recarga; estudios de las condiciones hidrogeológicas con miras a buscar zonas aptas para la infiltración darían la localización de sitios de recarga que pueden estar ubicados en zonas cercanas al tajo, pero retiradas del aluvión reciente del río; o en las zonas calcáreas cercanas. (subrayados fuera de texto)

1.3.2. La estabilidad de las paredes de los tajos mineros y su relación con el riesgo



FIGURA 52. DESLIZAMIENTOS EN DIFERENTES TAJOS EN EL CERREJÓN. IMÁGENES CAPTURADAS DE GOOGLE EARTH QUE EVIDENCIAN INESTABILIDAD DE TALUDES.

Los taludes son las paredes que en este caso delimitan las fosas de donde se ha extraído el carbón. Los taludes de mayor altura en el país corresponden con las zonas de gran minería de carbón, tanto los de Drummond Ltd. en sus proyectos de El Descanso y La Loma – Pribbenow, como los de BHP-Billiton – Xstrata-Glencore y AngloAmerican en El Cerrejón. (Fierro, 2014)

En Cerrejón, los taludes denominados “pared alta” pueden alcanzar cerca de 320 metros de profundidad (incluso la parte inferior se ubica por debajo del nivel del mar) y no serán vueltos a llenar sino en algunos casos y parcialmente con los materiales previamente extraídos (en un proceso denominado retrolleado), razón por la cual se constituirán en estructuras cuya estabilidad debe garantizarse para un largo plazo en términos de la civilización humana (miles de años).

En el caso del Cerrejón, el presente documento ya estableció la ausencia de análisis o de información suministrada a las autoridades ambientales en el caso del proyecto de ampliación P40 pues los factores de seguridad son precarios para algunos taludes y que para la totalidad del proyecto no se tienen en cuenta consideraciones de sismicidad (ver numerales anteriores del presente capítulo). Por ello **se puede considerar que los estudios de estabilidad de taludes presentados, no brindan ni a los trabajadores ni al territorio en el futuro, los criterios de seguridad que a corto, mediano y largo plazo debe involucrar un talud final que teóricamente debe ser estable para siempre, y por lo tanto se constituyen en potenciales generadores de amenaza y riesgo a futuro.**

Como fue consignado en los informes de Actuación especial de las delegadas de Minas y Energía y de Medio Ambiente de la Contraloría General de la República y en la compilación realizada por Fierro (2014), la inestabilidad de taludes puede producir muerte de trabajadores, daño ambiental en acuíferos Cuaternarios y Terciarios (cuando estos materiales se afectan por la eventual inestabilidad) y constituirse en el detonante de “tsunamis” luego del eventual llenado de la fosa minera al finalizar la extracción de carbón.



Figura 49. Deslizamiento en mina de carbón en Turquía

Los deslizamientos de taludes y botaderos en proyectos mineros de carbón a cielo abierto no son excepcionales. Un botadero en el distrito minero de Lignite (carbón) en Lusatian (Alemania), ocurrido el 12 de octubre de 2010, luego de que una fuerte temporada de lluvias (10 semanas) afectara el material que conforma el botadero, el cual comenzó a moverse ladera abajo afectando también el lago de tajo minero que se encontraba adyacente (Geller *et al.*, 2013). El flujo de lodo desencadenado sepultó rebaños y sumergió parcialmente 5 camiones que se encontraban en el sector. Como consecuencia varios kilómetros cuadrados alrededor del área fueron cercados por las autoridades (GRÜNE LIGA, 2014)



Fotografía de deslizamiento del 12 de octubre de 2010 en el distrito Lusatian en Alemania.

Fuente: Geller *et al.*, 2013

Un evento similar ocurrió el 15 de abril de 2012 en un botadero de minería de carbón del área de Pha Me, en la provincia Thai Nguyen en Vietnam, el cual enterró decenas de casas y siete personas. A diferencia del sucedido en Alemania, no se evidenció precipitación anormal o actividad sísmica al momento del deslizamiento.

1.3.3. La contaminación con origen en los botaderos de roca

Las transformaciones que sufren rocas, suelos y aguas subterráneas cuando son expuestas a la superficie ha sido objeto de innumerables estudios a nivel internacional. Para Colombia, Fierro-Morales (2012); Angel (2012); Cabrera & Fierro (2013); Fierro & López (2014), Cuida (2014); Fierro

(2014) y Terrae (2016) han revisado los estudios respecto a la liberación de especies químicas tóxicas por la exposición al aire y al agua de residuos rocosos provenientes de la explotación minera. Procesos geoquímicos como la hidratación, la hidrólisis y la oxidación, transforman los minerales que componen rocas y suelos y se relacionan con acidificación o alcalinización o con oxidación de especies químicas. Estos procesos, a su vez, causan la liberación al agua y al aire de muchas especies químicas tóxicas como el arsénico y los metales pesados.

Para el caso de El Cerrejón no se evidencia de la revisión del expediente del proyecto minero de Cerrejón en general ni del proyecto de ampliación P40 que se hayan remitido a la ANLA o a cualquier entidad ambiental los estudios mineralógicos y geoquímicos de las rocas que encajonan el carbón y que constituyen, de acuerdo con las columnas estratigráficas generalizadas o detalladas de la zona minera del valle del Ranchería, la mayor parte del material dispuesto en las montañas de desechos rocosos (botaderos). Los elementos traza pueden significar una fuente importante de contaminación a aguas superficiales y subterráneas, suelo y subsuelo (Cabrera y Fierro, 2013; Fierro, 2014).

En el mismo sentido, en los estudios ambientales y mineros se encuentra la relación de descapote en términos de tonelada de carbón por metro cúbico de material de desecho (ton/m³), que es lo usual en la terminología minera. Sin embargo, esa medida adimensional no permite acercarse a la estimación de la carga tóxica potencial, pues para ello es necesario tener el tonelaje de desecho por cada tonelada de carbón, con la finalidad de lograr datos sobre huella material y también calcular, en conjunto con los contenidos de elementos traza (metales pesados y otras especies químicas tóxicas), la cantidad potencial de dichas especies que puede ser liberada al ambiente a lo largo del proyecto y luego del cierre minero (aguas subterráneas, aguas superficiales, suelo y aire).

Si bien estos datos son para las rocas desechadas en el Cesar y se apela a la analogía por encontrarse en la misma cuenca carbonífera del Cerrejón, **debería contarse con información robusta y detallada acerca de la liberación de especies químicas tóxicas tendría que haber dado lugar a ajustes normativos y al soporte de la toma de decisiones de política pública minera.**

1.3.4. El comportamiento hidrogeológico futuro y el eventual daño al ciclo de las aguas

El Plan de Manejo Ambiental Integrado de El Cerrejón plantea específicamente que se dará *“el abatimiento de acuíferos, especialmente el de la formación Cuestas”*. No obstante, no se encuentran medidas compensatorias para este impacto irreversible, grave y permanente. Los niveles medidos por la CGR en piezómetros y pozos cercanos tienen una profundidad del nivel freático de 1,36, 14,98 y 20,77 m., mostrando que en los alrededores del tajo existe una caída del nivel freático de carácter local, de al menos 10 m, que potencialmente afectaría los caudales de los cauces y humedales superficiales a escala local y regional. Estos datos sobre la cantidad y niveles de agua subterránea serían mucho más útiles a las autoridades ambientales si se combinan con datos históricos de los mismos puntos (con el objetivo de ser comparables), organizados en una forma coherente por las empresas mineras y/o las autoridades.

Es también evidente que las autoridades ambientales han presentado deficiencias frente a sus funciones y obligaciones de prevención, seguimiento y control, al no requerir o al no hacer cumplir los requerimientos, ni contar con un estudio hidrogeológico con las escalas adecuadas, ni una red de monitoreo lógica y concordante con las condiciones del entorno y características de los proyectos mineros y a sus impactos potenciales, es decir, a la configuración de riesgos por déficit en la cantidad o en la calidad de las aguas subterráneas.

Estos pasivos en configuración también han sido evidenciados por otras instancias oficiales. Las conclusiones del *Estudio Ambiental Estratégico de Minería en el Cesar*, denominado Plan de Aprovechamiento Sostenible de Minería en el Cesar, elaborado por Geoamérica-UPME, son ilustrativos en cuanto a la deficiencia de información para la toma de decisiones:

“Se puede concluir que los 158 pozos localizados dentro de los límites de las áreas de los contratos mineros desaparecerán y los restantes 58 inventariados por fuera de las mismas, se verán por lo menos afectados en términos de abatimientos y caudales disponibles. (...)”

Aguas superficiales y subterráneas.- La minería modifica el curso de corrientes superficiales estacionales y no estacionales, y afecta los acuíferos en una zona que posee tres meses de sequía al año. Los efectos no están correctamente previstos ni documentados. Se han hecho modelos locales sin validez cuando el recurso agua está intercomunicado según parámetros diferentes de los límites de las concesiones o contratos mineros.”

Estas observaciones son coherentes con las que posee el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, suministradas por la Universidad de Los Andes en el documento *Valoración económica ambiental Minería Cesar* (antes de la escisión de la ANLA), en el que se establecieron de manera clara las deficiencias de información, lo que lleva a que las compensaciones no se establezcan con una base técnico-científica suficiente. En particular en la temática de aguas subterráneas, el documento establece de manera explícita la ausencia, deficiencia u omisión en la información con la cual se toman las decisiones. Dada la importancia de estos asuntos, se transcriben en extenso y de manera completa las menciones expresas a la gravedad de los impactos y a la falta de conocimiento, y por supuesto de certeza científica absoluta, la cual fue puesta como condición *sine qua non* para la toma de decisiones ambientales respecto a la minería en la sentencia de Constitucionalidad C-339 de 2002. Refiriéndose al consumo y eventual abatimiento de acuíferos en la zona, el documento MAVDT-Uniandes citado establece:

Este tipo de situaciones requiere estudios más detallados que permitan cuantificar el efecto que la cantidad de excedentes de agua extraída de los pozos, pueda causar sobre las aguas del río Calenturitas; o la cantidad de este tipo de transvases desde agua subterráneas hacia aguas superficiales desde el comienzo de la actividad carbonífera; o el establecimiento del área que ha sido impactada por este tipo de procesos, pues estos excedentes pueden generar afectaciones negativas, al circular caudales anormales por los cuerpos de agua de la zona, lo cual puede redundar en problemas de inundaciones focalizadas, cambio en los ecosistemas y por ende en los servicios de abastecimiento, soporte y regulación que los mismos prestan, y en la calidad misma de los cuerpos de agua superficial. De forma similar al desconocerse la extensión que dicha afectación pueda causar, es muy difícil pronosticar las implicaciones y potenciales externalidades que se puedan asociar.

La extracción de agua de los acuíferos tiene una gran cantidad de impactos, que son difíciles de subsanar. Además de reducir las reservas de agua subterránea y disminuir el nivel freático, genera la inestabilidad en el perfil del suelo y el colapso de acuíferos, lo cual ha sido ampliamente reportado por literatura especializada internacional. En el taller con gremios del sector arrocero, palmero y ganadero, comunicaron su preocupación por la disminución del nivel del agua de los acuíferos, y también en una forma muy enfática de las fuentes de agua superficial. No se tienen estudios específicos en la zona que permitan sugerir la inestabilidad del perfil del suelo y el potencial colapso de acuíferos, razón por la cual deberían realizarse estudios preliminares que descarten o ratifiquen dicha potencialidad.

Para el caso de Cerrejón, **si se llegaren a presentar problemas en el territorio en relación con el ciclo del agua, tanto la autoridad ambiental tienen corresponsabilidad en las consecuencias que se puedan causar sobre el patrimonio natural, las comunidades humanas y ecosistemas por los abatimientos de los niveles freáticos y la destrucción de acuíferos aluviales cuaternarios y acuíferos en rocas terciarias.**

En este contexto, para el caso del Cesar, la CGR consideró falta grave de las autoridades ambientales debido a la aceptación de medidas de gestión ambiental que no se corresponden con los impactos esperados, a la negligencia en la actuación frente a la información referente a impactos no previstos con anterioridad y a la falta de acciones para ajustar los instrumentos y las actuaciones de las empresas mineras.

1.3.5. El daño geomorfológico y los riesgos asociados con las fosas abandonadas

La geomorfología estudia las formas de la tierra, los procesos que las generaron, así como los procesos que las afectan hoy en día. Esto último incluye el estudio de la denudación, la cual involucra todos los procesos que disminuyen el relieve de la superficie terrestre, estos incluyen intemperismo físico y químico, erosión por viento, agua o hielo, y procesos de remoción en masa (deslizamientos, caída de rocas, flujos, etc.). (Goudie, 2006). Como resultado final de estos procesos se tiene una superficie plana en donde las zonas altas (p.e. colinas) han sido removidas o denudadas y las zonas bajas (p.e. depresiones) han sido rellenadas o agradadas.

En la minería, y en especial la minería a cielo abierto, se tiene un movimiento de grandes volúmenes de tierra a velocidades muy altas, afectando el balance y dinámica natural terrestre. Por lo anterior, de acuerdo al estudio realizado en Polonia, en donde analizan el impacto de la minería en el paisaje, (Dulias, 2016) se tiene que la minería a cielo abierto genera impactos o cambios en parámetros morfométricos (medidas de las formas) así como en la circulación de materia en las cuencas hídricas. A continuación, se interpretan cada uno de estos cambios para la zona minera del Cerrejón.

1.3.5.1. Cambios en parámetros morfométricos

Estos incluyen cambios en altitudes absolutas, cambios en relieve relativo y cambios en las pendientes. Las alturas absolutas se ven afectadas principalmente en donde se generan los botaderos, puesto que pasa de ser una zona relativamente plana a tener montañas antrópicas (botaderos) de hasta de 130 metros como se observa en el botadero norte del tajo CCC de la zona minera del Cerrejón.

Los cambios en relieve relativo, se refiere a la diferencia entre el punto más alto y el más bajo de una cuenca hídrica. Este parámetro es importante pues es el que controla los niveles base de erosión, que a su vez controlan el tamaño e intensidad de los procesos denudativos que ocurren.

Para la zona minera, esto se ve afectado dado la presencia no solo de los botaderos sino de los tajos a cielo abierto como por ejemplo el Tajo Patilla ubicado al costado norte del Río Ranchería que alcanza profundidades de hasta 165 metros **bajo el nivel del mar**, lo cual profundizaría el nivel base de erosión por 165 metros incrementando el poder erosivo de los cursos de agua.

Se observa también que dada la presencia de los botaderos y de los tajos, un relieve que originalmente era plano (Llanura de inundación del río Ranchería) ahora se encuentra diversificado, alterando los patrones de flujo hídrico de la zona.

Finalmente, el cambio de pendientes se da por la creación de los botaderos y tajos, así como construcciones mineras varias. La pendiente está directamente relacionada con la energía cinética que puede adquirir el agua al recorrer la superficie, al ser mayor la pendiente, mayor es la velocidad que adquiere y mayor el poder erosivo de la misma. Para la zona minera se tiene que originalmente era una topografía relativamente plana con pendientes menores a 2 grados, sin embargo, hoy en día dada la existencia de los tajos y los botaderos se ha generado un nuevo relieve con pendientes de hasta 70 grados. Dicha situación es particularmente grave en los botaderos que aún no han sido cubiertos por vegetación, en donde se generan surcos y cárcavas (erosión por agua), y el material del cual están compuestos es lavado y transportado a la base de los mismos.

De igual forma dependiendo de la dirección de la pendiente cambiará su exposición a factores atmosféricos como sol, lluvia y viento alterando así las condiciones climáticas de la zona.

1.3.5.2. Cambios en la circulación de la materia

En una cuenca hídrica hay un flujo (fuente, transporte y salida) constante de materia, en donde los agentes de transporte principales son el agua, el viento y la gravedad.

Para el área de estudio, los cambios en el flujo de la materia se deben principalmente a la creación de formas antrópicas (botaderos y tajos), cambios en la morfometría (alturas y pendientes) del relieve, disminución en la capacidad de infiltración del suelo (por uso de concreto en áreas de trabajo), generación de nuevas fuentes de material (botaderos) y cambios en las características físico-químicas de los sedimentos superficiales. Dado que toda la zona minera se desarrolla en la llanura de inundación del Río Ranchería, los cambios se deben a la disminución del nivel base de erosión, la geometría de los ríos (rectificación del río Ranchería, desviación del arroyo Bruno, etc), la inclinación del fondo del valle, y de las laderas, y cambios en flujo y carga de material transportado (de las pilas y los botaderos, por acción del viento se transporta material que cae en las quebradas y ríos aumentando la carga de sedimentos de los mismos generando problemas de sedimentación aguas abajo).

Como ejemplo de los cambios producidos en la dinámica de los ríos, se tiene el río Kolubara en Serbia occidental. Allí en 1976 se llevó a cabo la desviación del río con el fin de obtener mayor área para extraer el lignito que había debajo. Para llevar a cabo esto, el río Koluvara fue vertido en el río Pestan, un río pequeño, que al recibir las aguas del río tuvo que acomodarse a las nuevas condiciones de energía cinética y caudales que traía consigo el río Kolubara. Como consecuencia, las orillas del río han sufrido erosión (socavación), lo cual ha traído a la vez una sedimentación acelerada y depositación del material en el lecho del río en su parte baja y en las confluencias. En el periodo de 1985 a 2004 la parte media a baja del río Kolubara ha sufrido de depositación y su lecho a aumentado 36cm, es decir que su profundidad ha disminuido por 36cm (DRAGIĆEVIĆ & MILEVSKI, 2009).

1.4. CONCLUSIONES

Los impactos ambientales y sociales serán profundizados con la expansión del Puerto y en general la expansión del proyecto El Cerrejón con la aprobación del P40. Este proyecto supone un aumento en la explotación de carbón extraído por Cerrejón, incremento que se logrará mediante la aceleración de la explotación de los tajos que actualmente se encuentran en operación garantizando así un aumento de 35 a 41 millones de toneladas por año. El consumo de agua

estimado para el proyecto de acuerdo al documento “Modificación del Plan de Manejo Ambiental Integral por el Proyecto P40” (Cerrejón - Ingetec, 2014) y teniendo en cuenta las concesiones correspondientes a fuentes superficiales (río Ranchería, arroyo Bruno y Tabaco), pozos acuífero río Ranchería y pozos de despresurización sería del orden de 307,5 l/sg (valor proyectado), es decir un valor dos veces superior al consumo registrado para el año 2012 que fue de 142, 4 l/sg con la extracción de 31 millones de toneladas.

Además, en términos de área intervenida, todas las operaciones del proyecto P40 se realizarán dentro de los contratos mineros vigentes que se encuentran en etapa de explotación, de modo que con el avance minero que se propone, la operación intervendría un total de 21.587 ha lo que corresponde a una variación del 17% respecto a la intervención anunciada para la explotación de 35 Mtpa (18.507 ha).

Finalmente y como elemento primordial en el análisis del proyecto P40 que originó la necesidad de ampliar las operaciones en el puerto y por tanto suscitar las denuncias y el apoyo técnico que nos ocupa en este documento, es preciso informar a esta corte que el área de influencia directa del proyecto P40, fue definida con base en los resultados de la modelación de aire de partículas PST con valores de 100 µg/m³, que determinó una isopleta de aire. Sin embargo, dado que el área fue definida considerando el componente atmosférico, esta delimitación **no garantiza que no exista afectación de otra naturaleza** como por ejemplo la contaminación por aguas de minería proveniente de procesos de escorrentía superficial principalmente en el sector central, tajo 100 y Oreganal, y sector Patilla, que evidentemente se incrementarán con el aumento de explotación en los tajos. Además, en materia socioeconómica **no se tuvo en cuenta el acceso a fuentes superficiales para abastecimiento** como el río Palomino y el arroyo Mapurito, fuente de abastecimiento de comunidades como Nuevo Espinal, Campo Alegre y Las Casitas. Por tanto, se pide a este Corte indagar a profundidad el porqué del criterio utilizado por Cerrejón y aprobado por la ANLA para la determinación del área de influencia del proyecto P40.

Además, el proyecto P40 requiere además de obras de modificación y desviación de cuerpos de agua. Será desviado el cauce del arroyo Cerrejón para 2020, el arroyo Tabaco, el arroyo Bruno para el 2016-2020 y finalmente la desviación del río Palomino para 2025.

De todo lo anterior y con base en los planteamientos expuestos, el ambiente sano se verá afectado de una manera que no ha sido evaluada en términos de efectos acumulativos, sinérgicos y residuales. Existirá una profundización en los impactos, muchos de los cuales no han sido detectados, con la eventual configuración de pasivos y daños ambientales por desconocimiento, negligencia o por la imposibilidad de gestionar un impacto como los que se dan sobre objetos geológicos como los acuíferos, las aguas subterráneas o el componente geomorfológico de los paisajes.

2. EVENTUALES PASIVOS Y DAÑOS AMBIENTALES POR DEFICIENCIAS EN LA DELIMITACIÓN DE LAS ÁREAS DE INFLUENCIA

Las áreas de influencia pretenden definir la afectación en términos de territorio, es decir de la naturaleza (físico – biótica) y de los habitantes (socioeconómica y cultural). Se basa en un concepto que reduce la naturaleza a un conjunto de características sin interrelaciones y sin complejidad y que ignora la naturaleza difusa de muchos de los impactos que puede causar un proyecto. No obstante, es importante acercarse a su definición para poder proponer la gestión de

dichos impactos, que son la base fundamental conceptual para plantear la posibilidad de adelantar cualquier tipo de proyecto que pueda causar deterioro grave al ambiente.

2.1. Desde la perspectiva física

La dispersión en las aguas superficiales y subterráneas de especies químicas orgánicas o inorgánicas que induzcan toxicidad es una definición del área de influencia directa, pero también lo puede ser el área donde un cauce es desviado o el curso de dicho cauce, aguas arriba y aguas debajo de dicha desviación. En aguas subterráneas es mucho más complejo, puesto que la dispersión es más difusa, no visible y difícilmente verificable. Todo ello marca la extremada dificultad de establecer un área de influencia, así como definir cuándo su carácter es directo o es indirecto. Incluso, las consideraciones interculturales acerca de la sacralidad de tramos de ríos, ríos enteros o lagunas, y las interacciones espirituales entre elementos físicos solo pueden entenderse o al menos aproximarse a su entendimiento a través de la ecología profunda, las redes, la cartografía de patrones y los flujos de materia y energía.

2.2. Desde la perspectiva socioeconómica y cultural

La definición de las áreas de influencia directa e indirecta de los proyectos económicos es un tema bastante complejo y siempre requiere el análisis de cada caso particular, a partir de elementos como actividades productivas de las poblaciones que ocupan el territorio, las condiciones ambientales naturales de la zona, en particular el agua, las visiones y prácticas espirituales y simbólicas en la zona de estudio, entre otras que el análisis sociocultural identifique.

Esto toma más importancia cuando nos referimos a comunidades étnicas, que si bien pueden tener adjudicados resguardos con unos límites territoriales específicos, son poseedores ancestrales del territorio habitado y este trasciende la adjudicación estatal de tierras. Un caso claro y ya definido por la Corte Constitucional es el de los pueblos de la Sierra Nevada de Santa Marta que si bien tienen unas tierras colectivas avaladas por el Estado mediante titulaciones, su territorio ancestral está determinado por los límites de lo que se denomina la línea negra, que es un territorio mucho más vasto y está determinado por relaciones espirituales.

Para este caso, según el Ministerio de Cultura “El territorio tradicional del pueblo Wayuú comprende toda la península de la Guajira hasta el lago de Maracaibo, zonas aledañas a la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía del Perijá (Cabo de la Vela), denominado “Jepira” en la lengua del pueblo es un sitio sagrado de gran importancia para el pueblo, y se le asocia al último recorrido que hacen los espíritus hacia el fondo del mar, al cual se le denomina “la tierra de los guajiros muertos”. (Ministerio de cultura, s.f).

Esta definición territorial es una evidencia clara de que los límites sobrepasan las tierras colectivas con título. También nos muestra la relación espiritual existente con el fondo marino. En la misma caracterización desarrollada por Ministerio de Cultura de afirma que “Los Wayuú tienen asentamientos dispersos no estables porque, al agotarse los pastos para alimentación de los animales, las unidades familiares migran a otros lugares”. (Ministerio de cultura, s.f).

Un estudio serio de los impactos ambientales debe considerar los procesos y prácticas históricas y culturales presentes en el territorio, entendido éste como una serie de relaciones que definen la relación entre la naturaleza y la cultura, el lugar habitado. Considerar el área de influencia directa

como el lugar específico en que se pretenden desarrollar las actividades en territorios étnicos es desconocer los derechos ancestrales y generar líneas base para la definición de medidas de manejo erradas que desconocen los verdaderos impactos y que generan un sinnúmero de afectaciones y conflictos sociales que, convertidos en pasivos ambientales, es al Estado a quien en últimas le toca resarcir, con costos de corto, mediano y largo plazo irreparables en términos culturales.

ANEXO: Relación de las cuencas carboníferas del Cesar y La Guajira (Ranchería)

El informe más antiguo consultado en el que se menciona una posible relación entre la unidad carbonosa de la Formación Cerrejón (antes conocida también como Formación de Septarias) con la Formación Cuervos es el de Duque (1961):

“Formación Septarias... compuesta por calizas arcillosas..., arcillas esquistosas..., algo de gredas, de areniscas de grano medio hasta fino, arcillas friables... que a veces son duras por cementación del carbonato de calcio... Los mantos de carbón parecen abundantes... A esto hay que agregar la zona carbonífera de la Jaqua del Valle del Cesar que probablemente pertenece a la Formación de Septarias” (Subrayado fuera del texto)

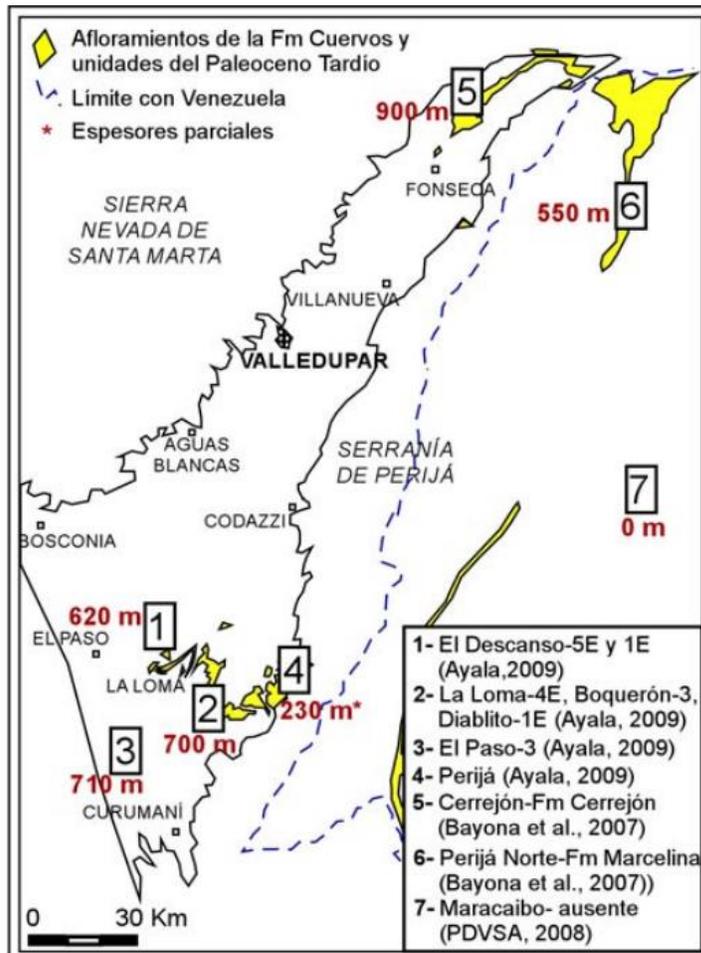
Además, en diferentes estudios se muestra gráficamente esta correlación, como es en el caso de los estudios hechos para la Agencia Nacional de Hidrocarburos:

CESAR-RANCHERÍA BASIN STRATIGRAPHIC CHART						
EDAD	(Tschanz et al., 1969)		(Arias & Morales, 1999)		(INVEMAR et al., 2007)	
MIOCENE - PLIOCENE	"Sedimentos de edad Mioceno"	Tm	Cuesta Formation	N1c	"Sedimentitas de edad Mioceno"	Nm
EOCENE	"Sedimentos de edad Eoceno"	Te	Cuervos Formation	E2c	"Rocas Sedimentarias del Paleoceno": Fms. Manantial, Cerrejón, Tabaco, Aguas Nuevas	Es
PALEOCENE			Barco Formation	E1b		
	Hato Nuevo Formation	TKhn			Hato Nuevo Formation	KEhn
CRETACEOUS	Molino (Umir) Formation	K2	Molino Formation	K2m	Molino Formation	Km
	Cogollo Group y La Luna Formation	K1	La Luna Formation	K2l	"Calizas y shales cretácicas indiferenciadas": Fm. Rionegro (flanco Este SNSM), Grupo Cogollo (Fms. Lagunitas, Aguas Blancas), Fm. La Luna	Kcsi
			Cogollo Group	K1c		
	Río Negro Formation	Krn	Río Negro Formation	K1r	Río Negro Formation	Krn
JURASSIC	"Sedimentos Rojos Mesozoicos no diferenciados"	Mzr	La Quinta Formation	Jq	La Quinta Formation	Jq
	Guatapurí Formation	TRg	Guatapurí Formation	Tg	Guatapurí Formation	TJg

Figura 56. Tabla de la sucesión estratigráfica en la cuenca Cesar – Ranchería en la que se relacionan las formaciones según su edad. Tomado y modificado de Mesa & Rengifo (2011)

En otros estudios la relación entre las dos formaciones es más evidente, como se señala en Ayala (2009) y Ayala, *et al.* (2009) en donde se considera la Formación Cuervos de edad Paleoceno Medio a Tardío como una intercalación entre arcillolitas de color gris medio con abundantes restos de plantas, arenitas líticas de grano fino a muy fino, mantos gruesos de carbón, arcillolitas carbonosas y localmente intervalos de arcillolitas abigarradas. *“Esta formación es correlacionable con la Formación Cerrejón en la subcuenca Ranchería y Marcelina en el área de Guasare”* (Ayala, y

otros, 2009) y “En el área del Cerrejón (subcuenca Ranchería), la Formación Cerrejón, equivalente temporal de la Formación Cuervos y con el mismo ambiente de depósito...” (Ayala, 2009), como se evidencia en la siguiente figura:



Estas correlaciones son de gran importancia dado los hallazgos en la cuenca del Cesar en términos de calidad de agua hechos por la Contraloría General de República en 2014, en donde se encontró que las aguas también tienen características alcalinas, incluso después de pasar por las zonas mineras. Aun cuando no se conoce la razón de ese fenómeno, se espera que las empresas Cerrejón, Drummond, Prodeco y Norcarbón estén trabajando en ello y den una pronta solución, ya que esta alteración física y química de las aguas implica un deterioro del ambiente y una fuerte amenaza para los ecosistemas y las comunidades presentes en la zona por la posibilidad de liberar metales pesados.

Como es evidente, la similitud de las cuencas carboníferas en términos geológicos permite plantear hipótesis de analogías y usar argumentos provenientes de estudios geoquímicos independientes a los presentados por las empresas mineras.

Bibliografía

Alvarado, B. (1936). *Notas sobre carbón*. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.

Angel, A. (2012). Caracterización del comportamiento de pilas de roca en minas de oro-Análisis de caso y diseño de proyectos mineros en Colombia. Implicaciones ambientales. Universidad Nacional de Colombia.

Arango, R. (1943). *Cuenca carbonífera del Cerrejón*. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.

Ayala, R. (2009). *Análisis tectonoestratigráfico y de procedencia en la subcuenca de Cesar: Relación con los sistemas petroleros*. Sartenejas: Universidad Simón Bolívar.

Ayala, R., Bayona, G., Ojeda, C., Cardona, A., Valencia, V., Padron, C., . . . García, A. (2009). Estratigrafía y procedencia de las unidades comprendidas entre el Campaniano y el Paleogeno en la subcuenca de Cesar: aportes a la evolución tectónica del área. *Geología Colombiana*(34), 3-33.

Bayona, G., Jaramillo, C., & Reyes, A. (2006). Resultados palomagnéticos en unidades del Paleógeno de Colombia y oeste de Venezuela, y posibles usos para la caracterización de contactos discordantes. *Geología Colombiana*(31).

Bayona, G., Jaramillo, C., Rueda, M., Pardo, A., Christie, A., Hernández, G. 2004. Important Paleotectonic and Chronostratigraphic Considerations of the Late Paleocene in the Northernmost Andes as Constrained by Paleocene Rocks in the Cerrejón Coal Mine, Guajira, Colombia. 3ra Convención técnica de la ACGGP.

Bayona, G., Lamus, F., Cardona, A., Jaramillo, C., Montes, C., & Tchegliakova, N. (2007). Procesos orogénicos del Paleoceno para la cuenca de Ranchería (Guajira, Colombia) y áreas adyacentes definidos por análisis de procedencia. *Geología Colombiana*(32).

Cabrera, M., & Fierro, J. (2013). Impactos ambientales y sociales del modelo extractivista en Colombia. En Garay, *Minería en Colombia. Derechos, Políticas públicas y Gobernanza. Vol. 1*. Bogotá: Contraloría General de la República.

Caine, J. Fault zone architecture and permeability structure. *Geology*; November 1996; v. 24; no. 11; p. 1025–1028

Cardozo, N; Montes, C; Marín, D; Gutierrez, I; Palencia, A. 2016. Structural analysis of the Tabaco anticline, Cerrejón open-cast coal mine, Colombia, South America. ISSN 0191-8141. Vol 87. Pp 115-133.

Castro, A. (1970). *Carbones de Colombia. Actualización resumida 1970*. Bogotá: Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras, actual Servicio Geológico Colombiano.

Cello, G., E. Tondi, L. Micarelli, C. Invernizzi. Fault zone fabrics and geofluid properties as indicators of rock deformation modes. *Journal of Geodynamics* 32 (2001) 543–565

Cerrejón (2006). Plan de Manejo Ambiental Proyecto Minero Cerrejón Centro.

Cerrejón (2012). Proyecto de Expansión Portuaria – Puerto Bolívar – La Guajira / Colombia. Modificación del plan de manejo ambiental (PMA) integral respecto de puerto Bolívar – 2012. Capítulo 3. Mayo 7 de 2012.

Cerrejón. (2007-2015). Informes de Cumplimiento Ambiental - Expediente LAM 1094. Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Cerrejón. (2013). Informe de modelación de calidad del aire Puerto Bolívar a 40/41 Mtpa. Departamento Servicios Técnicos Carbones del Cerrejón Limited. Junio de 2013.

Cerrejón. (2014). *Plan de Manejo Ambiental Integral - PMAI por el proyecto P40*. Ingetec.

Choy, Y. & Park, D. (2007). Flood and gully erosion problems at the Pasir open pit coal mine, Indonesia: a case study of the hydrology using GIS. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. Vol. 67 (2).

Consejo de Minería Ambiental de la Columbia Británica, (n.d). Drenaje Ácido de Minería. Minería y Contaminación de Agua en la Columbia Británica, Canadá.

Contraloría General de la República – CGR (2008). Informe de auditoría gubernamental con enfoque integral. Modalidad Especial. Instituto Colombiano de Geología y Minería – Ingeominas. Vigencia 2007. Diciembre de 2008.

Contraloría General de la Republica. (2014). Minería en Colombia: Daños Ecológicos y socioeconómicos y consideraciones sobre un modelo minero alternativo.

Corpocesar (2011). Informe técnico 2 Palmera de Alamosa_Niveles deaguas. Informe interno.

Corpoguajira (2011). Plan de Ordenamiento de la Cuenca del Río Ranchería. Hidrología, Hidrogeología y Clima. Versión final.

Corpoguajira-UDEA (2013). Plan de manejo Ambiental del Acuífero de la Cuenca del Río Ranchería. Informe Final. Convenio interadministrativo 143 de 2013.

Cuida, E. (2014). Caracterización geoquímica y mineralógica de las lodolitas oscuras de las formaciones Une y Chipaque en la cuenca del río Chuza, Páramo de Chingaza. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Dahrazma, B., & Kharghani, M. (2012). The impacts of alkaline mine drainage on Ba, Cr, Ni, Pb and Zn concentration in the water resources of the Takht coal mine, Iran. *Earth Sciences Research Journal*, 16(2), 109-112.

Diezemann, W. (1956). Condiciones hidrogeológicas para la construcción de captaciones de agua subterránea en las poblaciones de San Juan de Cesar, Distracción, Fonseca, Barrancas y Camarones (Guajira). Informe No. 1165 Instituto Geológico Nacional.

DRAGIĆEVIĆ, S., & MILEVSKI, I. (2009). Human impact on the landscape - examples from Serbia and Macedonia. International Conference "Land Conservation" - LANDCON 0905. Serbia, Tara Mountain.

DRYFLOR (2016). Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation implications. *Science* Vol.353 pp 1383 - 1387

Dulias, R. (2016). *The impact of mining in the landscape. A Study of the Upper Silesian Coal Basin in Poland*. Poland: Springer.

Duque, H. (1961). *Compilación de los estudios sobre la cuenca carbonífera del Cerrejón*. Bogotá: Servicio Geológico Nacional, actual Servicio Geológico Colombiano.

Fierro, J. (2014). Análisis intersectorial sobre la minería de carbón en el departamento del Cesar. Un enfoque desde la perspectiva del riesgo. En Garay, *Minería en Colombia: Control público, memoria y justicia socio-ecológica, movimientos sociales y posconflicto*. Vol. 4. (págs. 44-161). Bogotá: Contraloría General de la República.

Fierro, Cuida y Quintero (2014). Minería de carbón y oro y su relación con el agua: impactos, consumo y aproximaciones al costo social. Informe de Foro por Colombia.

Fierro, J. (2012). Políticas mineras en Colombia. Publicación del Instituto Latinoamericano para una sociedad y un derecho alternativos ILSA. Bogotá.

Fierro, J., y López, R. (2014). Aportes a la conceptualización del daño ambiental y del pasivo ambiental por minería. En Garay, *Minería en Colombia: Daños ecológicos y socioeconómicos y consideraciones sobre un modelo minero alternativo*. Vol. III. Bogotá: Contraloría General de la República.

Franco, F. (1977). *Cuencas carboníferas de Colombia. Compilación actualizada 1977*. Bogotá: Ingeominas, actual Servicio Geológico Colombiano.

Garzón, P. (2011) "Evaluación de la Amenaza Sísmica de Colombia mediante análisis de valores extremos históricos" Universidad Nacional de Colombia (Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Bogotá, Colombia.

Geller, W; Schultze, M; Kleinmann, R; & Wolkersdorfer, C. 2013. Acidic Pit Lakes: The Legacy of Coal and Metal Surface Mines.

Geoamérica - UPME. (2007). Programa de Aprovechamiento Sostenible de Carbón – PASC - en la zona central del Cesar aplicando Evaluación Ambiental Estratégica- EAE- Documento interno UPME. Bogotá D.C.

Gómez, X. (2012). *Revisión de la interpretación geológica estructural del área de Bruno en el depósito carbonífero del Cerrejón en el departamento de La Guajira*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

Gonzalez, L. (2011). Desalojos forzados, reasentamientos involuntarios y derechos de las comunidades. En Indepaz, Megaminería y reasentamientos forzados. (Pag. 12). Bogota: Punto de encuentro.

Goovet G. (1997). *Rock geochemistry in mineral exploration*. Elsevier. Tercera Edición.

Goudie, A. (2006). *Encyclopedia of geomorphology*. London: Taylor & Francis Group.

GRÜNE LIGA the lignite secretariat Umweltgruppe Cottbus. 2014. Lignite Country.

Humphries, P. & Winemiller, K. (2009). Historical Impacts on River Fauna, Shifting Baselines, and Challenges for Restoration. *Bioscience* Vol. 59 (8).

Hubach, E. (1951). *Inspección del yacimiento de carbón en El Cerrejón*. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.

Ingeominas, Invemar, Ecopetrol-ICP (Geosearch LTDA). (2009). *Cartografía de las planchas 7-Ranchería, 8-Riohacha, 9-Uribia, 13-Dibulla, 14-Albania y 15-15BIS Maicao*.

Instituto Geológico Nacional. (1956). *Carbones de "El Cerrejón". Extractos de los informes del gerente del Instituto de Fomento Industrial 1950 - 1956*. Bogotá: Instituto Geológico Nacional, actual Servicio Geológico Colombiano.

Jourde, H. Relationship between the geometrical and structural properties of layered fractured rocks and their effective permeability tensor. A simulation study. *Journal of hydrology* 337 (2007) 117-132.

Llorente A. (2015a). Política pública y acciones intersectoriales orientadas a la prevención y control de la contaminación atmosférica por material particulado en proyectos carboníferos a gran escala. Agosto, 2015. p.9 [en línea]: http://www.colombiapuntomedio.com/Portals/0/Archivos2015/NuestrosDocumentos2015/Contaminacion_atmosferica.pdf.

Llorente A. (2015b). Problemática ambiental proyecto minero El Cerrejón. Municipios de Barrancas, Hatonuevo y Albania, departamento de La Guajira. Consultoría realizada para el Centro de Investigación y Educación Popular Programa por la paz. (CINEP - PPP). 5 de junio de 2015.

Ministerio de Cultura. República de Colombia. Wayuú, gente de arena, sol y viento. Consultado en línea: <http://www.mincultura.gov.co/areas/poblaciones/noticias/Documents/Caracterizaciondel%20pueblo%20Wayu%20BA.pdf>.

Molano, C., Rodríguez, E., López, J. (1980). Estudio hidrogeológico de la zona central de la Cuenca Carbonífera de El Cerrejón: Área inicial de minería. Informe No. 1817. Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras y Carbones de Colombia S.A. CARBOCOL. Septiembre de 1980.

Morales, W., Carmona, I. (2007). Estudios de algunos elementos traza en la Cuenca Cesar-Ranchería, Colombia. Revista Boletín Ciencias de la Tierra.

Moran, R. (2015). Auditoria de aguas y ambiental en tres minas de carbón en el Cesar, Colombia: Carbones de La Jagua, NORCARBÓN Y PRIBBENOW (junio y noviembre de 2013). Informe de auditoría técnica de la SGR.

Mutis, V. (1961). *Yacimiento carbonífero del Cerrejón*. Bogotá: Servicio geológico Nacional, actual Servicio Geológico Colombiano.

Mutis, V. (1966). *Aspecto económico de los carbones colombianos*. Bogotá: Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras, actual Servicio Geológico Colombiano.

Oppenheim, V. (1940). *La cuenca carbonífera del Cerrejón*. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.

Organización Mundial de la Salud. (2005). Guías de calidad del aire de la OMS relativas a material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005. Resumen de Evaluación a los riesgos. Ginebra, 2006.

Palmer, M. A., Bernhardt, E. S., Schlesinger, W. H., Eshleman, K. N., Foufoula-Georgiou, E., Hendryx, M. S., Lemly, A. D., Likens, G. E., Loucks, O. L., Power, M. E., White, P. S. y Wilcock, P. R. (2010). Mountaintop Mining Consequences. Science.

Pope, Arden, Burnett Richard, Thun Michael, et al. (2002). Lung Cancer, Cardiopulmonary mortality, and Long-term Exposure to Fine particulate Air Pollution. Journal of the American Medical Association, Vol 287. March 6, 2002.

Ronderos, A. (1956). *Yacimientos calcareos de Cerrejón (Guajira)*. Bogotá: Instituto Geológico Nacional actual Servicio Geológico Colombiano.

Sanders, L.L., 1998, A Manual of Field Hydrogeology: Prentice-Hall, NJ, 381p.

Santacoloma, L. & R. Negrete (2014). Licencias ambientales: entre el deterioro grave y el daño ambiental. En Garay, L. J. et al. Minería en Colombia. Daños ecológicos y socio-económicos y consideraciones sobre un modelo minero alternativo. Vol. 3. Contraloría General de la República. Bogotá.

Sarmiento, R. (1950). *Yacimientos de carbón en Colombia*. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.

Singhal, B., & Gupta, R. (2010). Applied Hydrogeology of Fractured Rocks. Springer

Stanford, J. A. and Ward, J. V. (1993). An ecosystem perspective of alluvial rivers: connectivity and the hyporheic corridor. J. North Am. Eenthol. SOC., 12(1), 48-60.

Steiger, J., Tabacchi, E., Dufour, S., Corenblit, D. & Peiry, J-L. (2005). Hydrogeomorphic processes affecting riparian habitat within Alluvial channel-floodplain river systems: a review for the Temperate zone. River research and applications. 21: 719-737.

Terrae (2016). Análisis desde la perspectiva de amenazas socioambientales de una mina de oro a cielo abierto: caso de estudio La Colosa, Cajamarca (Tolima). Grupo de investigación Geoambiental Terrae. Febrero, 2016.

Universidad de Los Andes – MAVDT. (2011). Valoración económica ambiental de minería en el Cesar. Documento interno MAVDT. Bogotá.