



Libertad y Orden

**MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO  
SOSTENIBLE****AUTO No. 532**  
**( 17 DIC 2015 )**

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

**LA DIRECTORA DE BOSQUES, BIODIVERSIDAD Y SERVICIOS  
ECOSISTÉMICOS DEL MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO  
SOSTENIBLE – MADS.**

En ejercicio de la función delegada por el Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible mediante Resolución No. 0053 del 24 de enero de 2012 y,

**CONSIDERANDO**

Que mediante la Resolución 814 del 4 de mayo de 2009, la Dirección de Ecosistemas del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del MADS) efectuó la sustracción parcial y temporal de una superficie de 6.39 hectáreas de la Reserva Forestal Central establecida en la ley 2ª de 1959, para adelantar los estudios y demás actividades relacionadas con la fase de exploración minera, de acuerdo con lo definido en el Código de Minas Ley 685 de 2001, requeridos por ANGLOGOLD ASHANTI COLOMBIA S.A., en el marco de los contratos de concesión identificados con los números GGF-151, EIG-163 y GGL-09261X, suscritos con INGEOMINAS. El área en mención corresponde a las superficies afectadas por vías y accesos, helipuertos, campamentos y plataformas de perforación, que se localizan en el municipio de Cajamarca - Departamento del Tolima.

Que mediante el Artículo Quinto (5) de la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009, la Dirección de Ecosistemas del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del MADS) modificó el Artículo 5 de la Resolución 814 del 4 de mayo de 2009, e impuso la obligación de diseñar y ejecutar un programa de monitoreo permanente, en los aspectos bióticos, hidroclimatológicos e hidrogeológicos, con el fin de prevenir e identificar posibles efectos ambientales no previstos.

Que mediante radicado No. 4120-E1-127942 del 7 de Octubre de 2011 ANGLO GOLD ASHANTI COLOMBIA S.A. allega el documento denominado PRIMER INFORME DEL MONITOREO AMBIENTAL en el que se reportan aspectos Hidrogeológicos.

Que mediante radicado No. 4120-E1-21610 del 2 de Julio de 2013, ANGLO GOLD ASHANTI COLOMBIA S.A. allegó el SEGUNDO INFORME DEL MONITOREO AMBIENTAL - En el que se reportan aspectos bióticos, hidroclimatológicos e hidrogeológicos monitoreados, con corte al mes de febrero de 2013.

*"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".*

Que mediante radicado No. 4120-E1-43423 del 20 de diciembre de 2013, ANGLO GOLD ASHANTI COLOMBIA S.A. presentó el TERCER INFORME DEL MONITOREO AMBIENTAL – en el que se reportan aspectos bióticos, hidroclimatológicos e hidrogeológicos monitoreados, con corte al mes de agosto de 2013.

Que mediante radicado No. 4120-E1-34678 del 7 de octubre de 2014, ANGLO GOLD ASHANTI COLOMBIA S.A. allegó el CUARTO INFORME DEL MONITOREO AMBIENTAL – en el que se reportan aspectos bióticos e hidroclimatológicos, de septiembre 2013 a febrero 2014.

Que mediante radicado No. 4120-E1-5343 del 20 de febrero de 2015, ANGLO GOLD ASHANTI COLOMBIA S.A. allegó el QUINTO INFORME DEL MONITOREO AMBIENTAL – En el que se reportan aspectos bióticos e hidrogeológicos

Que mediante radicado No. 4120-E1-13937 del 30 de abril de 2015, ANGLO GOLD ASHANTI COLOMBIA S.A., entregó el SEXTO INFORME DEL MONITOREO AMBIENTAL, en el que se reportan aspectos bióticos, hidrogeológicos e hidroclimáticos.

Que mediante Auto N° 403 de 2014, la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, realizo seguimiento a las obligaciones impuestas en el artículo 5 y 8 de la Resolución 1567 de 2009, según informes de monitoreos 1,2,3, realizados por la Universidad de Caldas, y presentados por ANGLO GOLD ASHANTI COLOMBIA S.A

### FUNDAMENTOS TÉCNICOS

La Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en ejercicio de las funciones establecidas en el Decreto – Ley 3570 de 2011, evaluó los informes de monitoreos 4,5,6, realizados por la Universidad de Caldas, según obligaciones adquiridas por ANGLO GOLD ASHANTI COLOMBIA S.A. mediante Resolución No.1567 del 14 de agosto de 2009, emitiendo concepto técnico No.160 del 11 de diciembre de 2015.

"(...)

### CONTEXTO GENERAL

Según lo establecido en el Artículo Quinto de la Resolución 1567 de 2009, ANGLO GOLD ASHANTI COLOMBIA S.A en adelante AGAC), debe contratar a una universidad o entidad reconocida a nivel nacional o internacional, para que diseñe y ejecute un programa de monitoreo ambiental de los componentes biológico, microbiológico, hidroclimatológico e hidrogeológico en la zona; e igualmente según lo establecido en el párrafo primero de este mismo artículo, este plan de monitoreo debía ser verificado y aprobado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM.

El IDEAM aprobó mediante radicados No. 4120-E1-4335 del 17 de enero de 2012 y No. 4120-E1-44314 del 29 de diciembre de 2014, el programa de monitoreo presentado por AGAC y hasta el momento se han presentado seis informes respecto al componente hidrogeológico y cinco informes sobre el componente biótico.

De acuerdo con el "Programa de Monitoreo" aprobado por el IDEAM mediante radicado No. 4120-E1-4335 del 17 de enero de 2012 y posteriormente ajustado por

*"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009."*

la empresa AGAC con aprobación del IDEAM mediante radicado No. 4120-E1-44314 del 29 de diciembre de 2014, para el desarrollo de este componente florístico se debe implementar la siguiente metodología.

#### OBJETIVOS GENERALES DEL PLAN DE MONITOREO

Con el fin de verificar el cumplimiento de ANGLO GOLD ASHANTI COLOMBIA S.A. en lo que respecta al cumplimiento de lo establecido en el artículo quinto de las resoluciones 814 y 1567 de 2009, se retomarán los objetivos planteados y aprobados en el plan de monitoreo que fue aprobado por el IDEAM. En cuanto a los objetivos generales se tiene:

- Desarrollar un plan de monitoreo ambiental del área de influencia del proyecto de exploración minera La Colosa, Cajamarca (Colombia) de acuerdo con lo establecido en la Resolución 1567 de agosto de 2009 emanada del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT).
- Plantear y promover acciones de mitigación y restauración como resultado del monitoreo ambiental, tendientes a la recuperación de la dinámica ecosistémica en ambientes afectados del área objeto de estudio.

Respecto a los objetivos específicos para el componente hidroclimatológico se tiene:

- Evaluar la cantidad y calidad de los recursos hídricos en la zona de estudio y sus condiciones actuales, así como las fuentes hídricas que abastecen los acueductos de los municipios de El Espinal, Chicoral, Coello y el distrito de riego de Uso Coello y en las quebradas La Colosa, La Arenosa, La Guala, La Lucha y los ríos Bermellón y Coello.
- Realizar la caracterización hidroclimatológica de la zona de estudio, elaborar balances hídricos y definir modelos lluvia – escorrentía de las corrientes superficiales de interés en la zona de influencia del proyecto de exploración minera La Colosa.
- Establecer las variaciones de niveles, caudales y variables climatológicas en la zona de estudio, mediante sistemas y mecanismos aprobados por el IDEAM y la Organización Meteorológica Mundial.
- Instrumentar las corrientes de las microcuencas de las quebradas La Colosa, La Arenosa, La Guala, Bermellón y La Lucha, localizadas en el sector de la parte alta del municipio de Cajamarca y el municipio de Coello.
- Realizar todos los procedimientos requeridos para la calibración de las estaciones hidrometeorológicas a ser instaladas en la zona de estudio para el monitoreo.
- Identificar, georreferenciar y calcular los usos del agua en las cuencas de la quebrada La Colosa, La Arenosa, La Guala, La Lucha y los ríos Bermellón y Coello.
- Implementar indicadores de estado y seguimiento del recurso hídrico siguiendo lo definido por el IDEAM y el Sistema de Información Ambiental de Colombia – SIAC.

*"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".*

- Definir patrones de circulación hídrica superficial y subterránea y su correspondiente interacción.
- Definir un plan de monitoreo de aguas superficiales y aguas subterráneas para la zona de estudio, basados en los modelos hidrológicos e hidrogeológicos conceptuales de la zona para la etapa de exploración minera y los 3 años siguientes, con la cual se puedan evaluar los impactos ambientales en el recurso hídrico superficial y subterráneo en calidad y cantidad.
- Seleccionar los puntos de muestreo de la red de monitoreo de aguas subterráneas, diseñar los piezómetros de acuerdo a la norma ICONTEC NTC 3948 de 1996 y construirlos, aprovechando las perforaciones exploratorias que se tienen proyectadas en la zona.
- Seleccionar los puntos de mediciones de niveles en las corrientes superficiales considerando los requerimientos de la resolución 1567 de 2009.
- Realizar campañas mensuales de medición de niveles piezométricos y trimestrales de calidad de agua superficial y subterránea siguiendo la guía del IDEAM (2003).
- Evaluar indicadores ambientales y actualizar el plan de monitoreo, basados en la información levantada en campo de niveles y calidad del agua.

Respecto a los objetivos específicos para el componente hidrobiológico contempla:

- Determinar las condiciones actuales de los sistemas hídricos del área de influencia del proyecto de exploración minera La Colosa en su componente biológico y emplear estos como bioindicadores para valorar el impacto durante el programa de exploración.
- Establecer la composición y estructura del perifiton en el área de influencia del proyecto de exploración minera La Colosa a través de muestreos mensuales y durante diferentes periodos climáticos.
- Establecer la composición y estructura de los macroinvertebrados en el área de influencia del proyecto de exploración minera La Colosa a través de muestreos mensuales y durante diferentes periodos climáticos.
- Establecer la composición y estructura de la comunidad de peces en el área de influencia del proyecto de exploración minera La Colosa a través de muestreos mensuales y durante diferentes periodos climáticos.
- Establecer la relación entre la composición y estructura de las comunidades hidrobiológicas y su asociación con los cambios ambientales durante la fase de exploración.

Respecto a los objetivos específicos para el componente biológico, el componente florístico contempla:

- Caracterizar la composición y estructura de la flora de los diferentes tipos de cobertura vegetal presentes en el área del proyecto de exploración minera La Colosa.

*"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".*

- Determinar los cambios espaciales y temporales de la flora de los diferentes tipos de cobertura vegetal presentes en el área del proyecto de exploración minera La Colosa y su correlación con factores ambientales durante el proceso de exploración.
- Establecer la dinámica de la vegetación leñosa de las coberturas vegetales del área de influencia del proyecto La Colosa mediante la cuantificación de las Tasas de Crecimiento Anual (o Crecimiento Diamétrico), de Mortalidad y de Reclutamiento.
- Plantear y evaluar acciones de mitigación y restauración en las áreas intervenidas durante la fase de exploración del proyecto minero La Colosa y en la conexión entre fragmentos.
- Establecer el inventario de las especies indicadores de calidad de hábitat y aquellas con algún grado de amenaza (IUCN, CITES, libros rojos).
- Describir el uso del suelo en la zona de influencia del proyecto minero La Colosa así como los cambios biofísicos (espacial y temporal) y el efecto sobre la conectividad entre los ecosistemas, la provisión de servicios ambientales y los potenciales efectos acumulativos.

Respecto a los objetivos específicos para el componente biológico, el componente faunístico contempla:

- Generar un inventario de la fauna presente en el área del proyecto de exploración minera La Colosa.
- Determinar la composición y estructura de lepidópteros y coleópteros presentes en el área del proyecto de exploración minera La Colosa.
- Determinar la composición y estructura de los anfibios, reptiles, aves y mamíferos presentes en el área del proyecto de exploración minera La Colosa.
- Establecer el inventario de las especies indicadores de calidad de hábitat y aquellas con algún grado de amenaza (IUCN, CITES, libros rojos).
- Determinar la incidencia de las coberturas vegetales sobre la diversidad de la fauna en el área de exploración minera La Colosa.
- Analizar la relación de la flora como refugio y alimento para la fauna en la zona de exploración minera La Colosa.

#### Información presentada

A continuación se presentará un extracto de los principales resultados reportados en el quinto informe de monitoreo ambiental (componentes hidrogeológico y biológico) presentado por ANGLO GOLD ASHANTI COLOMBIA S.A., correspondiente al periodo comprendido entre agosto de 2014 y enero de 2015.

#### Componente hidrogeológico

##### Red de muestreo

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

La red de muestreo al finalizar las campañas de recolección de parámetros físicos en campo, y muestreo para análisis de isótopos y cloruros comprendía totalizadores (para puntos de agua lluvia), puntos de agua superficiales, puntos de agua subterráneos, y piezómetros.

Puntos de aguas lluvias: Para el monitoreo de aguas lluvias fueron instalados en la zona de estudio inicialmente 7 totalizadores; luego uno de ellos, ubicado en la Finca La Lora, fue retirado por el dueño del predio a finales del año 2012. Posteriormente la Universidad Nacional instaló dos nuevos totalizadores que completarían la red de muestreo de aguas lluvias, con un total de 8 totalizadores que funcionaron hasta el final de las campañas en junio de 2013.

Los totalizadores instalados están compuestos por un embudo, un tanque de almacenamiento (botellón 20 l), una caneca que contiene las posibles fallas en el suelo y dentro de la cual se encuentra un botellón, una manguera rígida que conecta el embudo con el tanque y un sistema de soporte que permite mantener el embudo nivelado y en posición vertical (Tabla 1).

Tabla 1. Totalizadores instalados en la zona. Fuente: Tabla 2 del documento "MONITOREO HIDROGEOLOGICO EN LA FASE DE EXPLORACIÓN DEL PROYECTO MINERO LA COLOSA. SEXTO INFORME DE MONITOREO. CAPÍTULO 1: INFORME FINAL DEL MUESTREO MENSUAL DE PARÁMETROS FÍSICOS DE CAMPO Y MUESTREO DE ISÓTOPOS Y CLORUROS"

ID Unal	Ubicación	Este	Norte	Cota (msnm)
T1	Rio Bermellón	446.921	490.881	2.138
T2	Pozo saltante de la Graystar	446.576	492.166	2.537
T3	Pozo 10	445.432	493.538	3.006
T4	Finca El Diamante	444.340	492.809	2.741
T5	Alto de la Línea	438.324	494.359	3.264
T7	San Lorenzo Bajo	456.954	490.336	1.705
T8	Finca La Holanda	441.368	495.159	3068
T9	La Pinera – Policía Nacional	440.811	492.947	2928

Puntos de aguas subterráneas: Las muestras de estos puntos corresponden al agua que ha estado en el medio subterráneo; los puntos se clasifican según la manera en que surge el agua subterránea hacia la superficie.

- Puntos de afloramiento de agua subterránea: Bajo esta clasificación se encuentran los puntos de muestreo donde el agua surge desde el medio subterráneo a la superficie del terreno de manera natural en forma de manantiales; el agua surgente puede ser producto de flujos sub-superficiales (fluyendo a través de Andisoles, de depósitos de vertiente o de la parte más meteorizada de la roca [saprolitos]) o profundos (Tabla 2).

- Puntos de afloramiento de agua subterránea: Bajo esta clasificación se encuentran los puntos de muestreo donde el agua surge desde el medio subterráneo a la superficie del terreno de manera natural en forma de manantiales; el agua surgente puede ser producto de flujos sub-superficiales (fluyendo a través

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

de Andisoles, de depósitos de vertiente o de la parte más meteorizada de la roca [saprolitos]) o profundos (Tabla 2).

Tabla 2. Puntos de surgencia natural de agua subterránea. Fuente: Tabla 3 del documento "MONITOREO HIDROGEOLOGICO EN LA FASE DE EXPLORACIÓN DEL PROYECTO MINERO LA COLOSA. SEXTO INFORME DE MONITOREO. CAPÍTULO 1: INFORME FINAL DEL MUESTREO MENSUAL DE PARÁMETROS FÍSICOS DE CAMPO Y MUESTREO DE ISOTÓPOS Y CLORUROS"

ID Unal	Ubicación	Este	Norte	Cota (msnm)
P9	Nacimiento cercano a la quebrada La Colosa	446.659	491.946	2.403
P17	Nacimiento sector El Cinabrio	443.394	490.646	2.858
P19	Manantial cuenca quebrada Cristales	440.673	491.718	2.711
P24	Manantial sobre la vía Panamericana	440.603	492.843	2.848
P26	Manantial cerca a la quebrada La Arenosa	444.645	493.823	2.820
P30	Manantial camino a La Holanda	441.044	494.992	3.030

- Perforaciones exploratorias saltantes: Se denominan así a las perforaciones exploratorias donde ha surgido el agua subterránea a superficie, esta ha sido controlada por la empresa, y posteriormente muestreada (Tabla 3). En el Anexo Capítulo 1A se presenta el Informe Técnico Manejo de Afloramiento de Agua en Pozo de la Plataforma S28 elaborado por AGAC, en el que se explica cronológicamente, las actividades realizadas para el manejo de la contingencia presentada en la mencionada plataforma. Actividades similares se realizaron para el pozo saltante de la Graystar y en su momento para la plataforma B11.

Tabla 3. Puntos de surgencia de agua subterránea a superficie a través de perforaciones exploratorias. Fuente: Tabla 4 del documento "MONITOREO HIDROGEOLOGICO EN LA FASE DE EXPLORACIÓN DEL PROYECTO MINERO LA COLOSA. SEXTO INFORME DE MONITOREO. CAPÍTULO 1: INFORME FINAL DEL MUESTREO MENSUAL DE PARÁMETROS FÍSICOS DE CAMPO Y MUESTREO DE ISOTÓPOS Y CLORUROS"

ID Unal	Ubicación	Este	Norte	Cota (msnm)
P8	Pozo saltante de la Graystar	446.577	492.163	2.512
P18*	Plataforma B11 AGA	444.778	493.704	2.841
P28	Pozo Saltante plataforma S28	446.526	491.997	2.480

\* La plataforma B11 desde noviembre de 2012 ya no presenta flujo permanente de agua.

- Piezómetros: Estos puntos de muestreo incluyen piezómetros profundos (profundidades aproximadas de 150 metros) y someros (profundidades aproximadas de 50 metros), diseñados y construidos a propósito de este estudio. El agua almacenada en estos piezómetros y el agua surgente de las perforaciones (pozos saltantes) obedece a flujos subterráneos debido a la profundidad de las mismas. Se presentan las plataformas con las correspondientes perforaciones para piezómetros, su estado actual (si se encuentra seco, con presencia de agua, derrumbado o estrecho) y las coordenadas geográficas para su ubicación en planta (Tabla 4).

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

Tabla 4. Ubicación y estado actual de los piezómetros construidos en el área de estudio. Fuente: Tabla 5 del documento "MONITOREO HIDROGEOLOGICO EN LA FASE DE EXPLORACIÓN DEL PROYECTO MINERO LA COLOSA. SEXTO INFORME DE MONITOREO. CAPÍTULO 1: INFORME FINAL DEL MUESTREO MENSUAL DE PARÁMETROS FÍSICOS DE CAMPO Y MUESTREO DE ISOTÓPOS Y CLORUROS"

Plataforma	Perforación	Profundidad	Estado	Coordenadas		
				Este	Norte	Cota (msnm)
J9	COL 227	50	Seco	445.557	493.932	2.930
	COL 225	150	Nivel			
A7	COL 241	50	Nivel/Estrecho	444.681	494.120	2.978
	COL 209	150	Nivel			
L21	COL 215	50	Seco	445.780	492.693	2.946
	COL 213	150	Seco			
P23	COL 219	50	Nivel	446.200	492.500	2.723
	COL 223	150	Nivel			
S25	COL 207	50	Nivel	446.500	492.300	2.562
	COL 203	150	Derrumbado			

Puntos de aguas superficiales: Estos puntos son muestreados para conocer la manera en que se relacionan las aguas subterráneas y los cuerpos superficiales; su monitoreo permite establecer la evolución química de las aguas. Son clasificados de acuerdo a los procesos de mezcla que han sufrido.

- Afluentes pequeños: Corrientes superficiales pequeñas de acuerdo a su caudal y la geomorfología de su cauce. Estas corrientes se encuentran cercanas a su nacimiento, por lo que no reciben en su recorrido aportes de otras corrientes superficiales; son cuerpos con características químicas muy similares a los puntos de surgencia natural (Tabla 5).

Tabla 5. Puntos sobre afluentes pequeños. Fuente: Tabla 6 del documento "MONITOREO HIDROGEOLOGICO EN LA FASE DE EXPLORACIÓN DEL PROYECTO MINERO LA COLOSA. SEXTO INFORME DE MONITOREO. CAPÍTULO 1: INFORME FINAL DEL MUESTREO MENSUAL DE PARÁMETROS FÍSICOS DE CAMPO Y MUESTREO DE ISOTÓPOS Y CLORUROS"

ID Unal	Descripción	Este	Norte	Cota (msnm)
P1	Corriente cercana a la casa El Diamante	443.481	494.153	2.833
P2	Corriente cercana a la escuela El Diamante	443.483	493.479	2.824
P3	Corriente cercana al totalizar T4	443.832	493.055	2.794
P5	Afluente quebrada La Arenosa	444.758	492.798	2.512
P10	Afluente quebrada La Colosa	446.657	491.990	2.385
P22	Corriente sobre la vía Panamericana	439.663	494.144	3.035
P26	Afluente derecho de la quebrada La Arenosa	444.645	493.823	2.820
P27	Corriente en La Clarena – Camino al mirador	445.448	493.864	2.904

- Quebradas: Son corrientes superficiales con caudales considerables y con cauces plenamente establecidos; constituyen los canales de drenaje de las aguas de escorrentía superficial y del caudal base, de manera que son producto de procesos de mezcla de aguas de distintas composiciones y orígenes (Tabla 6).

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

Tabla 6. Puntos sobre quebradas. Fuente: Tabla 7 del documento "MONITOREO HIDROGEOLÓGICO EN LA FASE DE EXPLORACIÓN DEL PROYECTO MINERO LA COLOSA. SEXTO INFORME DE MONITOREO. CAPÍTULO 1: INFORME FINAL DEL MUESTREO MENSUAL DE PARÁMETROS FÍSICOS DE CAMPO Y MUESTREO DE ISÓTOPOS Y CLORUROS"

ID Unal	Descripción	Este	Norte	Cota
P4	Quebrada La Arenosa	444.758	492.798	2.512
P11	Quebrada La Colosa	446.704	491.995	2.410
P23	Río Bermellón (Puente sector La Luisa)	446.908	490.918	2.126
P16	Quebrada La Guala	445.419	491.870	2.350
P20	Ramal del río Bermellón parte alta	438.300	493.330	2.940
P21*	Quebrada La Colosa (aguas abajo S28)	446.702	491.969	2.401

## RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS DE CAMPO

### Parámetros físicos

Se presentan los parámetros de campo luego de 19 campañas de recolección de datos y de actualización de puntos de muestreo. Se aclara que la información de los parámetros físicos, isótopos ambientales y cloruros son una herramienta para refinar el modelo hidrogeológico conceptual y son independientes del monitoreo trimestral de iones mayores, menores, metales pesados y microbiológicos.

Se lograron llevar a cabo 19 campañas de muestreo, en cada una de las cuales se midieron los parámetros físicos de campo, al agua almacenada dentro de los dispositivos. Los resultados finales se presentan a continuación.

### Aguas lluvias

pH: Para las muestras almacenadas en los totalizadores de agua lluvia se obtiene una variación entre 4,1 y 9,9 unidades de pH se observa un desarrollo de cambios cíclicos en el pH de las aguas lluvias, donde se pueden identificar picos (mayores valores de pH) en octubre de 2011 y octubre de 2012, mientras que se evidencian valles (menores valores de pH) en los alrededores de abril de 2012 y abril de 2013. Esta variabilidad responde claramente a las condiciones climáticas cambiantes propias del ciclo hidrológico.

Conductividad eléctrica: Los valores de conductividad eléctrica en los totalizadores varían entre 2,0 [ $\mu\text{s}/\text{cm}$ ] y 142,8 [ $\mu\text{s}/\text{cm}$ ], presentándose ambos valores en el totalizador T3, ubicado en la parte alta de la cuenca de la quebrada La Colosa (pozo 10). En general todos los totalizadores presentan una variabilidad alta en este parámetro de campo, lo cual se debe principalmente a las condiciones de intemperie en la que se encontraban los instrumentos de medición, posibilitándose la inserción de partículas microscópicas dentro del sistema (estas partículas pueden tratarse de polvo o restos vegetales que por su tamaño lograron atravesar la malla instalada en los totalizadores y "cargar" anómalamente de iones al agua de precipitación).

Temperatura: La temperatura puede ser usada potencialmente para determinar la profundidad y establecer patrones de flujo del agua. La facilidad de su medición y los beneficios para el entendimiento de los sistemas de aguas subterráneas hace necesaria su medición en cualquier muestreo. Adicionalmente, los datos de

*"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".*

temperatura son necesarios para cálculos de equilibrio agua-roca, así como para la identificación del origen del agua y la evolución de la circulación de la misma. La temperatura del agua en los totalizadores varía entre 7,0 [°C] y 24,2 [°C], presentándose el rango de variación más alto en el totalizador T1, ubicado en el punto sobre el río Bermellón, en la carretera que comunica la vía Panamericana con las instalaciones del proyecto de exploración minera. Los resultados obtenidos para este parámetro están estrechamente relacionados con la altura de los totalizadores: la temperatura aumenta a medida que se desciende en cota, comportamiento esperado. También es posible observar un ciclo en la temperatura del agua almacenada, que se correlaciona con el ciclo hidrológico.

#### Agua subterránea

Como se describió anteriormente, se tienen puntos de muestreo de agua subterránea bajo dos clasificaciones: puntos de surgencia natural y pozos profundos o saltantes. A continuación se presentan los resultados obtenidos del monitoreo de parámetros físicos de campo para estos puntos.

pH: En las aguas muestreadas se encontraron valores de pH muy estables, permaneciendo casi siempre en el rango de neutralidad. Solamente en octubre de 2012 el punto P19 (sector Cristales) presentó un pH ligeramente elevado (8,95 unidades) y el punto P18 (perforación saltante en la plataforma B11) presentó un valor bajo (5,6 unidades).

Conductividad eléctrica: La conductividad eléctrica para los puntos de agua subterránea muestreados varía entre 116,5 [ $\mu\text{s}/\text{cm}$ ] y 513,0 [ $\mu\text{s}/\text{cm}$ ]. No se puede evidenciar diferencias significativas en los órdenes de magnitud entre las perforaciones profundas (P8, P18 y P28) y los manantiales. Los valores elevados en este parámetro son esperados ya que la conductividad eléctrica es una medida de la cantidad de iones disueltos en el agua, y el agua subterránea, al hacer contacto con el suelo y la roca, aumenta la concentración de estos.

Temperatura: La temperatura de los puntos de aguas subterráneas no presenta mayores variaciones, exceptuando la medida tomada en el punto P8 (pozo saltante de la Graystar) del mes de diciembre de 2012, la cual muestra un valor alto y claramente anómalo que se puede deber a problemas con el equipo de medición. En la tabla 6 se presentan los valores encontrados y en la variación temporal de este parámetro; en estas puede observarse que el punto que exhibe las temperaturas más bajas es el P18, correspondiente a la perforación saltante en la plataforma B11. Este punto se encuentra seco en la actualidad.

#### Piezómetros

Cómo se explicó anteriormente, en la zona del proyecto se construyeron diez (10) piezómetros (ubicados de a dos (2) separados por aproximadamente 5 m entre sí), todos dentro de la zona de interés exploratorio. La construcción y el lavado de los piezómetros terminaron en diciembre de 2012, por lo que sólo hasta la campaña 15 (correspondiente al mes de febrero de 2013) fue posible monitorear los parámetros de campo. Estos parámetros se presentan de forma separada de los demás puntos de agua subterránea, debido a la importancia que tienen para el conocimiento correcto del sistema hidrogeológico. De los diez (10) piezómetros construidos sobre cinco (5) plataformas, en la actualidad solo se puede muestrear el agua contenida en cinco (5) de ellos, ya que existen (3) piezómetros que encuentran secos (uno en la plataforma J9 y los dos de la plataforma L21), otro se encuentra derrumbado (plataforma S25 piezómetro profundo) y el piezómetro somero de la plataforma A7,

*"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".*

que a pesar que se puede monitorear su nivel de agua, no es posible muestrearlo ya que su conducto es estrecho y no permite el paso del bailer para su muestreo.

pH: En general, el pH no presenta mayores variaciones, con un máximo en la campaña de mayo en el piezómetro de la plataforma J9 y un mínimo en la campaña de abril para el piezómetro somero de la plataforma P23.

Conductividad eléctrica: Se observa que todos los valores se encuentran dentro de rangos similares o ligeramente mayores a los presentados en los puntos de agua subterránea mencionados arriba. Sin embargo, el piezómetro profundo de la plataforma P23 (perforación COL 219) presenta valores muy superiores respecto a los demás piezómetros, lo que puede ser una evidencia de una mayor concentración de iones disueltos favorecida por la mayor permanencia del agua en el medio subterráneo. Se puede observar que las tendencias en cada uno de los piezómetros se mantienen a través del tiempo y, se puede distinguir claramente los piezómetros que presentan mayores y menores conductividades y pH. Para la conductividad eléctrica la diferencia se hace más notoria para en el piezómetro profundo de la plataforma P23, donde sus valores logran ser incluso un orden de magnitud mayor al del resto de piezómetros.

Se grafica la conductividad eléctrica [ $\mu\text{s}/\text{cm}$ ] versus la altura del nivel freático (calculada como la cota del terreno menos el nivel medido en campo). Es posible agrupar los puntos en dos (2) tipos de aguas distintos según su relación entre altura y conductividad eléctrica: un grupo corresponde a los tres (3) piezómetros profundos que muestran un gradiente lineal, y el segundo grupo corresponde a los piezómetros someros, cuyo gradiente lineal no es representativo dada la escasez de datos a que sólo se tiene información de dos piezómetros. Esto podría indicar que el agua efectivamente se enriquece en iones al viajar de las zonas más altas a las zonas más bajas, de manera que el gradiente potencial en el agua subterránea tiene relación con el gradiente en la superficie, y también puede ser indicativo de la existencia de flujo en la zona más profunda. Además, se concluye que el piezómetro profundo de la plataforma P23, no sólo presenta las mayores conductividades eléctricas, sino que también es el más variable en el tiempo.

#### Agua superficial

pH: Los valores de pH encontrados en el agua superficial varían entre 6,7 y 9,9 unidades de pH (variación superior a la encontrada en las aguas subterráneas). A excepción del punto P10, para el mes de octubre de 2012, que presenta un valor relativamente alto (9,9), el comportamiento en todas las corrientes es similar, aunque el pH de la quebrada La Guala (~8,1) es ligeramente superior al de las quebradas La Colosa y La Arenosa (ambas alrededor de 7,7). Los valores superiores a 9.0 unidades de pH son claramente outliers o valores atípicos asociados posiblemente a un error en el equipo de medición o un error de digitación y que no deben ser tenidos en cuenta para los análisis.

Conductividad eléctrica: Para las aguas superficiales las conductividades varían entre 24,1 [ $\mu\text{s}/\text{cm}$ ] y 398,0 [ $\mu\text{s}/\text{cm}$ ]. Para todos los puntos muestreados los mayores valores se dieron en los meses de junio y julio de 2012; en general, los valores de conductividad en los puntos superficiales son superiores a 100,0 [ $\mu\text{s}/\text{cm}$ ], pero se observa una alta variabilidad temporal debido a que estas aguas son mucho más sensibles a la precipitación o a algún evento que pueda aumentar el contenido de iones disueltos (como deslizamientos o flujos de regolito). En general, puede decirse que las corrientes pequeñas muestran valores de conductividades más altos, posiblemente relacionados con su cercanía a nacimientos y/o menores aportes de precipitación, la cual suele presentar valores bajos de este parámetro.

*"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".*

Temperatura: La temperatura varía entre 11,0°C y 19,1°C, presentándose un valor anómalamente bajo para el punto P10 en mayo de 2012 (7,2°C). Puede observarse que existe un ciclo de temperatura, que se relaciona con el ciclo hidrológico de la zona. De igual manera existe un gradiente para las corrientes pequeñas, tal como se observó en los puntos subterráneos.

#### Resultados análisis de isótopos ambientales

Los elementos disueltos, como los isótopos del agua, permiten obtener información sobre la renovación de las aguas en los acuíferos (recarga), la identificación de aguas antiguas (origen y edad del agua), las interconexiones hidráulicas entre varios acuíferos, las mezcla de aguas de origen diferente, las interacciones rocas-CO<sub>2</sub>, la hidrodinámica de los acuíferos (flujos y edad), La disolución de minerales, la intrusión de aguas marinas en acuíferos costeros y la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación (origen y circulación de los contaminantes).

#### Resultados

Los análisis de las desviaciones isotópicas en las muestras recolectadas entre la Campaña 1 (Junio de 2011) y la Campaña 10 (Julio de 2012) fueron analizadas en el laboratorio de calidad ambiental de la Corporación Autónoma Regional de Sucre (CARSUCRE), pero debido a inconvenientes técnicos en dicho laboratorio se generaron retrasos en el análisis y la entrega de resultados; por tal motivo se tomó la decisión de enviar las muestras recolectadas entre la Campaña 11 (Octubre de 2012) y la Campaña 19 (Junio de 2013) al laboratorio de la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN), el cual se encuentra certificado desde el 2001 por la Organización Internacional en Energía Atómica (OIEA) para el análisis de isótopos ambientales en muestras de agua.

#### Desviaciones isotópicas en las aguas lluvias

- El totalizador que presenta los valores más empobrecidos es el Totalizador 5 ubicado en el Alto de La Línea, mientras que el Totalizador T7, ubicado en la vereda de San Lorenzo Bajo, presenta los valores más enriquecidos, lo cual es coherente con el gradiente orográfico, que produce el llamado efecto altitudinal sobre las desviaciones isotópicas en la precipitación. Los valores más enriquecidos se presentan en el mes de febrero de 2013 (Campaña 15) y los más empobrecidos en junio de 2011 (Campaña 1).

- Los resultados obtenidos muestran una relación directa entre el ciclo de precipitaciones y las desviaciones de los isótopos ambientales en la precipitación. Tal como se esperaba, durante las épocas más lluviosas se presenta un empobrecimiento en isótopos y un enriquecimiento en épocas secas.

- El efecto altitudinal sobre las desviaciones isotópicas de las aguas lluvias tiene una explicación en el fraccionamiento isotópico progresivo del vapor de agua a medida que asciende y se condensa; pero en este caso se tiene adicionalmente un efecto combinado con la cantidad de precipitación, puesto que el gradiente en la precipitación coincide también con el gradiente topográfico, como se mostró en el análisis hidrológico del proyecto y como quedó manifestado en las labores de campo.

- Durante la construcción de la línea de gradiente se observó que los totalizadores T1, T2, T3 y T4 mostraban una línea de tendencia diferente a la resultante del ajuste de todos los totalizadores; estos en particular conforman lo

*"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".*

que en el diseño inicial de la red de muestreo isotópico se denominó "eje proyecto", ya que todos se ubican dentro de las cuencas de las quebradas La Colosa y La Arenosa, o cerca de su desembocadura en el río Bermellón, como es el caso del T1. Los totalizadores T1, T5, T6 y T7 se ubican siguiendo el recorrido del río Bermellón y se denominaron "Eje Bermellón"

- En el caso del oxígeno 18 ( $\delta^{18}\text{O}$ ) se obtiene un gradiente de aproximadamente -0,40 [‰] por cada 100 metros de altura para el eje Bermellón y uno de -0,15 [‰] por cada 100 metros de altura para el eje proyecto. Para el deuterio ( $\delta^2\text{H}$ ) se tiene un gradiente aproximado de -3,0 [‰] por cada 100 metros de altura para el eje Bermellón y uno de -0,9 [‰] por cada 100 metros de altura para el eje proyecto. Existe una diferencia significativa entre los gradientes encontrados en cada eje de totalizadores: el empobrecimiento de la lluvia es más rápido en el eje Bermellón que en el eje proyecto; esto puede deberse a que la parte más alta de la cuenca es significativamente más lluviosa que las partes medias y bajas. Los gradientes encontrados con los totalizadores dispuestos en el eje proyecto son más coherentes con los gradientes reportados en la literatura, ya que se consideran gradientes típicos de -0,15 [‰] por cada 100 metros para el  $\delta^{18}\text{O}$  y de -1,5 [‰] a -4,0 [‰] por cada 100 metros para el  $\delta^2\text{H}$ , (UNESCO-IAEA, 2000).

#### Desviaciones isotópicas en las aguas subterráneas

- Todas las muestras se concentran en la parte media de la línea meteórica, coincidiendo con la zona de mayor densidad de puntos de precipitación.

#### Puntos de afloramiento de agua subterránea

- Se obtienen variaciones pequeñas en las desviaciones isotópicas de los puntos de surgencia natural de agua subterránea, para todos los puntos y todas las campañas; el rango de variación del oxígeno 18 ( $\delta^{18}\text{O}$ ) se mantiene entre -11,76 [‰] y -9,04 [‰] (un rango de variación total de 2,72 [‰]), mientras que para el deuterio ( $\delta^2\text{H}$ ) está entre -83,3 [‰] y -60,7 [‰] (un rango de variación total de 91,1 [‰]).

- Las muestras correspondientes a los puntos P30 y P24, también se encuentran en la parte más empobrecida de la línea meteórica, lo que sugiere que son aguas producto de precipitaciones ocurridas en las zonas más altas que las demás; estos puntos se encuentran ubicados en la parte alta de la cuenca del río Bermellón.

- El punto P26, ubicado cerca a la quebrada La Arenosa en el sector de la Bélgica, se encuentra también muy empobrecido, lo que sugiere que la recarga de este punto sucede a una cota significativamente alta.

- La cercanía de los puntos a la línea meteórica, y la zona de mayor densidad de puntos de precipitación, sugiere que estas aguas subterráneas son el producto de la infiltración de las lluvias recientes, y las condiciones climáticas durante la infiltración son similares a las actuales; aun así, el comportamiento general de todos los puntos se conserva a lo largo de las campañas de muestreo realizadas, y no presenta la misma variación que los isótopos en la precipitación, lo que permite concluir que son producto de un proceso de mezcla. A pesar de que los puntos P24 y P17 están ubicados en cotas similares, el primero de ellos muestra unos valores más empobrecidos, lo cual significa que la recarga ocurre a una cota menor, o que el punto en cuestión es producto de flujos sub-superficiales.

#### Perforaciones

*"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".*

- Las muestras más empobrecidas corresponden a las perforaciones profundas (P8, P18 y P29) sin importar la campaña, de hecho en el caso del deuterio, se tiene que las perforaciones profundas presentan variaciones entre -11,42 [‰] y -10,24 [‰] y para los piezómetros de observación entre -10,66 [‰] y -9,03 [‰].
- las muestras correspondientes a las perforaciones exploratorias saltantes (P8, P18 y P28) se encuentran más empobrecidas que las demás, lo que evidencia que son aguas provenientes de precipitaciones más altas u ocurridas en periodos muy lluviosos (cuando el agua lluvia tiende a empobrecerse más por el efecto de cantidad); el comportamiento de estas muestras a través del programa de muestreo fue muy similar.
- En cuanto a los piezómetros de observación, estas muestras se ubican también cerca de la línea meteórica local, denotando su dependencia con ésta. Las muestras correspondientes a los piezómetros profundos P23-P y J9-P son las que se encuentran más empobrecidas que las correspondientes a piezómetros someros y al piezómetro profundo A7-P, que es el que se ubica en la zona más alta. El agua de los piezómetros profundos proviene de mayores alturas, lo que se traduce en mayores tiempos de viaje y posiblemente una mayor mineralización; como caso especial se tiene a la plataforma P23, la cual tiene un piezómetro somero y otro profundo, donde el último tiene aguas más empobrecidas que el somero, lo que sugiere que el flujo vertical es mucho menos importante que el flujo lateral.
- Es importante recalcar que, tanto las muestras correspondientes a afloramientos naturales de agua subterránea como a perforaciones profundas, se ubican en la misma zona de la línea meteórica local, y muy cerca de ésta; lo que permite concluir que a pesar de las pequeñas variaciones que seguramente reflejan las diferencias en la altura de la recarga de cada punto, todas tienen la marca de la precipitación reciente. La poca variación encontrada a lo largo de las campañas de muestreo indica que las aguas subterráneas en la zona están constituidas por una combinación de la precipitación de diferentes épocas.

#### Desviaciones isotópicas en las aguas superficiales

No es posible identificar diferencias significativas entre los afluentes más grandes y los pequeños; al parecer los afluentes grandes tienen composiciones isotópicas más uniformes, seguramente porque son el resultado de una mezcla de aguas de diferentes procedencias. Los afluentes pequeños, debido a que son muestreados cerca de su nacimiento, dan cuenta de las características del agua subterránea porque aún no se han visto sujetos a procesos de mezcla con otras corrientes y la cercanía a la línea meteórica demuestra también que no han estado sujetos a la evaporación.

Al igual que los puntos de agua subterránea y los afluentes pequeños, se observa en las muestras correspondientes a las quebradas una relación directa con la precipitación actual debido a la cercanía con la línea meteórica local; es evidente que la fuente es la precipitación y no almacenamientos subterráneos muy antiguos, sin embargo los puntos no muestran la misma variabilidad de los puntos de precipitación, lo que demuestra que hay un almacenamiento en el suelo, durante suficiente tiempo para presentar desviaciones isotópicas compuestas de los distintos periodos de precipitación.

Tampoco se observa en este caso una evaporación considerable de las muestras, incluso para el río Bermellón; se resalta que en un gráfico  $\delta^{18}\text{O}$  vs  $\delta^2\text{H}$  con todas

*"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".*

las muestras de aguas superficiales y subterráneas, no es posible observar diferencias entre ellas.

Como el rango de variación de estos puntos es mucho más estrecho que el encontrado en la precipitación, es posible establecer que existe un patrón de mezcla en las aguas subterráneas y superficiales, es decir, su proximidad a la línea meteórica sugiere que tienen la marca de la precipitación, y que efectivamente el agua proviene de eventos de precipitación; aunque se da una ponderación debido a un proceso de mezcla.

#### Determinación de la recarga por balance de cloruros

La recarga se puede definir como la entrada de agua dentro de la zona saturada, donde pasa a convertirse en una parte de las reservas subterráneas; esta entrada puede darse de dos maneras: por un movimiento descendente del agua debido a las fuerzas de gravedad, y luego de presentarse un movimiento horizontal del flujo debido a las diferentes condiciones hidráulicas de las capas que constituyen el perfil del suelo.

Los trazadores pueden utilizarse para determinar las fuentes que originan la recarga, donde hacen el papel de señalizadores, o para determinar la cantidad de flujo que alcanza las reservas subterráneas. El principio general del método de trazadores es el balance de masa del trazador, en el cual se asume que el agua y el trazador son transportados a la misma tasa. Muchos de estos parámetros están basados en la dificultad con que es modificado el ion cloruro, por lo que resulta un trazador casi ideal.

**Precipitación:** Es evidente un aumento en los cloruros disueltos en las aguas lluvias en las últimas campañas de monitoreo, aproximadamente a partir de noviembre de 2012; la extensión de los datos no permite establecer las posibles razones de este comportamiento.

**Aguas subterráneas:** Los puntos de aguas subterráneas se dividen en dos grupos: por un lado se tienen los afloramientos naturales de agua subterránea y por otro las perforaciones profundas (piezómetros o perforaciones exploratorias saltantes) objeto del monitoreo.

Los puntos de afloramiento natural de agua subterránea obtienen la misma tendencia al aumento en la concentración de cloruros hacia el final de la serie

#### Estimación de la recarga

Del análisis hidrológico practicado por la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, durante la construcción del modelo hidrogeológico conceptual, en la fase I del proyecto, es posible obtener los parámetros hidrológicos requeridos.

- Escorrentía superficial 944.5 mm/año (método de balance a largo plazo)
- Precipitación 1796.2 mm/año

Se obtienen las concentraciones promedio de cloruros en la precipitación, los afloramientos naturales de aguas subterráneas y las perforaciones profundas, respectivamente:

- |   |  |                               |
|---|--|-------------------------------|
| - | C <sub>P</sub> (precipitación almacenada en totalizadores) | 0.745 [mg Cl <sup>-</sup> /l] |
| - | C <sub>i</sub> (afloramientos de agua subterránea)         | 1.424 [mg Cl <sup>-</sup> /l] |
| - | C <sub>i</sub> (perforaciones profundas)                   | 2.764 [mg Cl <sup>-</sup> /l] |

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

Existe una explicación física en la diferencia de concentración de cloruros, ya que en el estudio de las aguas subterráneas se ha encontrado que, en general y a pesar de la gran variedad de procesos químicos que se pueden llevar a cabo en el medio subterráneo, las aguas tienden a aumentar su grado de mineralización a medida que se desplazan por el medio subterráneo, hasta lograr saturarse en diversos iones; primero se satura el ion bicarbonato y más tarde el ion sulfato y finalmente el ion cloruro, que no llega a saturarse normalmente (Custodio & Llamas, 1976), de modo que se tiene una evolución geoquímica en las aguas subterráneas que sigue la secuencia bicarbonatada – sulfatada – clorurada; ésta es conocida como secuencia de Chevoratev (Freeze & Cherry, 1979). A grandes rasgos supone que las aguas con menores tiempos de residencia tendrán concentraciones de cloruros menores a aguas más profundas con tiempo de residencia mayor.

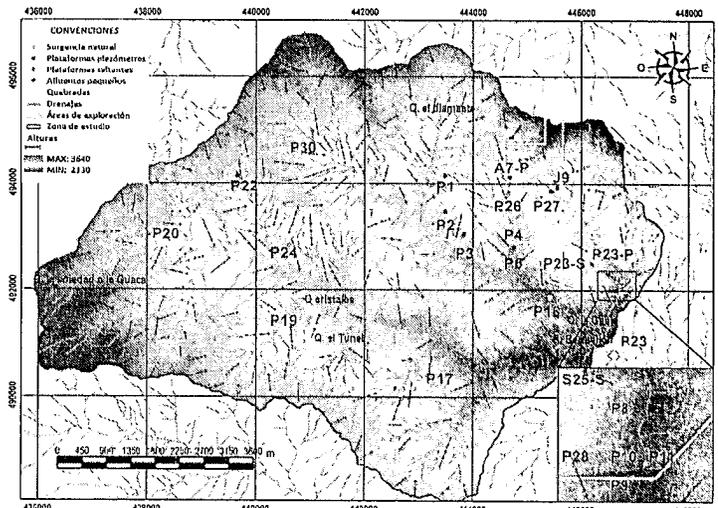
Utilizando la ecuación del balance de cloruros se obtiene que el valor estimado para la recarga que da lugar a los afloramientos naturales de aguas subterráneas en la zona de estudio es de 430 mm/año, lo que representa un 24.4% de la precipitación media anual. Por otro lado, la infiltración profunda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

Monitoreo trimestral de parámetros físico – químicos, metales pesados y microbiológicos.

Se presentan los resultados de las ocho campañas de monitoreo trimestral realizadas en febrero, mayo, septiembre y noviembre de 2013, y marzo, mayo, agosto y noviembre de 2014. Se retoman los resultados de las campañas anteriores con el propósito de facilitar el contraste entre los resultados disponibles y recopilarlos en un mismo informe; adicionalmente, se ofrece un análisis simple de la variabilidad espacial y temporal de los parámetros monitoreados, junto con un análisis de iones mayores y su interpretación hidrogeoquímica, enfocado en contribuir a la validación del modelo hidrogeológico conceptual para la zona.

El programa de monitoreo diseñado por la Universidad Nacional comprende el muestreo trimestral de 38 parámetros en los puntos que incluyen la red de estaciones de muestreo de agua subterránea (puntos de afloramiento natural, piezómetros y perforaciones saltantes) y estaciones de muestreo de aguas superficiales (pequeños afluentes y quebradas importantes en la zona) (Figura 1).

Figura 1. Localización de puntos de monitoreo y direcciones de flujo subterráneas.



Fuente: Figura 1 del documento "Monitoreo Hidrogeológico En La Fase De Exploración Del Proyecto Minero La Colosa. Sexto Informe De Monitoreo. Capítulo 5: Monitoreo Trimestral De Parámetros Físico – Químicos, Metales Pesados Y Microbiológicos"

*"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".*

### Resultados para los afloramientos naturales de agua subterránea

La conductividad eléctrica es un indicador directo de la cantidad de iones disueltos en el agua, por lo que da cuenta del tiempo de tránsito de las aguas dentro del medio subterráneo; adicionalmente, una concentración alta de iones puede indicar la existencia de algún fenómeno de contaminación natural o antrópica (en este caso podrían ser producto de las perforaciones exploratorias); mientras que el pH indica la concentración efectiva de los iones de hidrógeno, H<sup>+</sup>, que es un indicador del carácter alcalino, neutro o ácido del agua y puede controlar la presencia en esta de determinadas especies iónicas en solución al favorecer su movilidad.

### Calidad de agua en los afloramientos naturales de agua subterránea

En general los puntos P9 y P17 presentan un pH ligeramente ácido y los puntos P19, P24, P26 y P30 presentan un pH ligeramente básico. En cuanto a la conductividad esta nos indica que el grado de mineralización está entre débil y medio y según su dureza las aguas se encuentran entre blandas y moderadamente duras. Las concentraciones de metales pesados registradas se encuentran por debajo de los límites de detección a excepción del zinc y el aluminio que se presentan en pequeñas concentraciones, las cuales se encuentran por debajo de los límites establecidos en el decreto 1594 de 1984 para el uso agrícola y pecuario, pero se observó para algunos puntos que las concentraciones de aluminio sobrepasaron los límites establecidos para consumo humano en la resolución 2115 de 2007.

En general la presencia de Coliformes totales y fecales en los puntos de monitoreo se puede deber a la presencia en el área de algunos animales (ganado y equinos) y por el uso de productos orgánicos utilizados en actividades agrícolas.

Se observó un cambio en los límites de detección de los cloruros y sulfatos a partir de la campaña sexta, pasando el primero de 1 mg/l a 3.3 mg/l (un aumento del 230%) y el segundo de 4 mg/l a 5 mg/l (un aumento del 25%). Estos cambios influirán principalmente en la determinación de los balances iónicos.

### Calidad de agua en las perforaciones profundas (piezómetros y perforaciones exploratorias saltantes).

A lo largo de las campañas de monitoreo se puede observar que para el piezómetro A7-P el pH presentó una tendencia a ser casi neutro, mientras que los piezómetros J9-P, P23-P y las plataformas saltantes P8 y P28, muestran un valor ligeramente básico para este parámetro. Para las plataformas P23-S y S25-S este fue ligeramente ácido.

La conductividad eléctrica en los piezómetros indica una mineralización media acentuada a excepción del P23-P, que presenta un grado de mineralización elevado. Al igual que para los afloramientos, los piezómetros no presentan o tienen un contenido muy bajo de metales pesados el cual está por debajo del límite de detección. Nuevamente solo se observaron trazas de zinc las cuales están por debajo de los límites establecidos en el decreto 1594 de 1984 para el uso agrícola y pecuario, y la resolución 2115 de 2007 para consumo humano. También se observaron trazas de aluminio en algunas campañas que no sobrepasaban los límites establecidos en los decretos mencionados.

Finalmente, el arsénico se detectó en algunos monitoreos en diferentes puntos, pero solo en el piezómetro A7-P para la C6 y C7, estuvo por encima de los límites establecidos en la norma 1594 de 1984 y 2115 de 2007.

*"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".*

Al igual que en los afloramientos, se observó un cambio en los límites de detección de los cloruros y sulfatos a partir de la C6, que influirán principalmente en la determinación de los balances iónicos.

#### Análisis de iones mayoritarios

Más del 90% de los sólidos disueltos en el agua subterránea pueden ser atribuidos a los siguientes iones: sodio ( $\text{Na}^+$ ), calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), cloruro ( $\text{Cl}^-$ ), bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) y carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ); estos componentes están presentes en las aguas subterráneas en concentraciones superiores a 1 mg/l (Fetter, 2001). La clasificación geoquímica del agua por iones dominantes permite evaluar el origen de la misma y los procesos que pueden controlar sus características químicas. Para esta clasificación se considera el anión o catión que sobrepasa el 50% del total de aniones o cationes en meq/l presentes en el agua; si ninguno sobrepasa el 50%, se nombran los que tienen mayor porcentaje (aguas mixtas).

- En la clasificación geoquímica de las aguas muestreadas y los diagramas de Stiff presentados, se concluye que las aguas subterráneas muestreadas que afloran naturalmente corresponden a flujos sub-superficiales o combinación de flujos sub-superficiales y subterráneos de bajo tiempo de residencia y que se encuentran relacionados con el ciclo de precipitaciones en la zona; estas aguas son producto de circulación local, probablemente a escala de ladera.
- Las aguas subterráneas muestreadas en las perforaciones profundas, que incluyen los piezómetros y perforaciones exploratorias con aguas saltantes, presentan variedades espaciales y en profundidad; como el anión dominante en la mayoría de los casos es el bicarbonato (en algunos es el sulfato), se puede concluir que son aguas con tiempos de residencia bajos, que circulan por el medio subterráneo sin conformar almacenamientos subterráneos importantes. Las altas concentraciones de iones, especialmente en los piezómetros profundos, sugieren que existe un flujo importante al interior del medio subterráneo, que sigue una distribución en planta desde las partes altas a las bajas (siguiendo el gradiente natural de la topografía); dicho flujo también existe en profundidad, pero a escalas temporales mayores (flujo más lento).
- Los iones en los afloramientos naturales han tenido un comportamiento muy similar a largo de las campañas de monitoreo, teniendo como los cationes más dominantes al calcio y el bicarbonato (aguas bicarbonatadas- cálcicas).
- Según la clasificación geoquímica los iones predominantes para las perforaciones profundas, en el transcurso de las campañas de monitoreo han sido el bicarbonato, los sulfatos y el calcio, indicando que para los puntos P8, P28, A7-P y P23-S las aguas se pueden clasificar como bicarbonatadas - cálcicas y para los puntos J9-P, P23-P y S25-S como sulfatas - cálcicas.

#### Impactos de las perforaciones en las aguas subterráneas

Para realizar este análisis se eligieron cuatro parámetros que se podían ver fácilmente afectados en el desarrollo de estas actividades, en este caso fueron el pH, la conductividad eléctrica, la turbiedad y los sólidos totales. En el transcurso de los monitoreos no se evidenció alteración en ninguno de los parámetros comparados debido a las perforaciones, posiblemente porque estas se hicieron mucho tiempo antes de hacer los monitoreos. No obstante, para la plataforma S25-

*"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".*

S se tuvo una perforación entre las fechas de monitoreo (campaña dos y campaña tres) y no se evidencio alteración alguna en los parámetros analizados.

#### Calidad de agua para los afluentes pequeños

Se puede observar para las ocho campañas de monitoreo que los puntos P1, P2, P3, P5, P10, P22 y P27 presentan en general una tendencia a tener un pH básico y una conductividad que indica que en estos puntos hay un grado de mineralización que se encuentra en débil y media. Según la dureza presentada en los afluentes pequeños estas aguas se pueden clasificar entre blandas y moderadamente duras.

Los metales pesados han mantenido un comportamiento constante a lo largo del tiempo, en el que se han llevado a cabo los monitoreos, sus concentraciones se han mantenido por debajo de los límites de detección, aunque se han evidenciado algunas trazas de zinc estas se han mantenido por debajo de los límites establecidos en el decreto 1594 de 1984 para uso agrícola y pecuario y en la resolución 2115 de 2007 para consumo humano. Se observó que el aluminio en algunas campañas estuvo presente y se mantuvo por de debajo de los límites del decreto 1594 pero que no cumple para la resolución 2115 para consumo humano.

Para los afluentes pequeños se evidencia la presencia de coliformes totales y fecales que pueden ser causados principalmente por la presencia de semovientes en las zonas de monitoreo (ganado y equinos) o posiblemente por el uso de abonos orgánicos en cultivos aledaños a los cuerpos de agua.

#### Resultados de calidad de agua en las quebradas

Al igual que en los afluentes pequeños los puntos P4, P11, P16, P20, P23 (quebradas) presentan un pH con una tendencia a ser básico, la conductividad indica que en los punto se tiene una mineralización que está entre débil y media y según su dureza se pueden clasificar en aguas blandas y moderadamente duras.

Los metales pesados en general presentan concentraciones inferiores a los límites detección solo el zinc, el aluminio y el arsénico han mostrado pequeñas trazas en algunas campañas que cumplen con los limites establecido en el decreto 1594 de 1984 para uso agrícola y pecuario, pero para el decreto 2115 para consumo humano, el aluminio y el arsénico en algunas campañas estuvo por encima de los límites establecidos.

Los iones predominantes en las campañas de monitoreo son el calcio, el bicarbonato y el sulfato. Se puede decir que todas las aguas superficiales son aguas bicarbonatadas – cálcicas, excepto para él para el punto P27 se tienen aguas sulfatas - cálcicas.

#### Impactos de las perforaciones en las aguas superficiales

La mayoría de las perforaciones se realizaron tiempo antes de iniciar los monitoreos, en puntos como el P4 y el P5 se tuvieron algunas perforaciones entre la C2 y C3, C3 y C4 y C4 y C5 y en el punto P27 se realizaron labores de perforación entre las C2 y C3. En general no se evidenciaron cambios considerables que pudieran estar dados por estas actividades que se llevan a cabo en la zona. Los pequeños cambios que se observan se pueden atribuir a condiciones naturales. Cabe resaltar que los monitoreos se realizan con frecuencia trimestral, lo cual no garantiza que la fecha de ejecución de los monitoreos se realice en un periodo de tiempo en el cual se evidencie la afectación por la

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

construcción, lo cual está estrechamente ligado a las condiciones hidráulicas de flujo subterráneo y superficial.

#### Monitoreo de niveles piezométricos

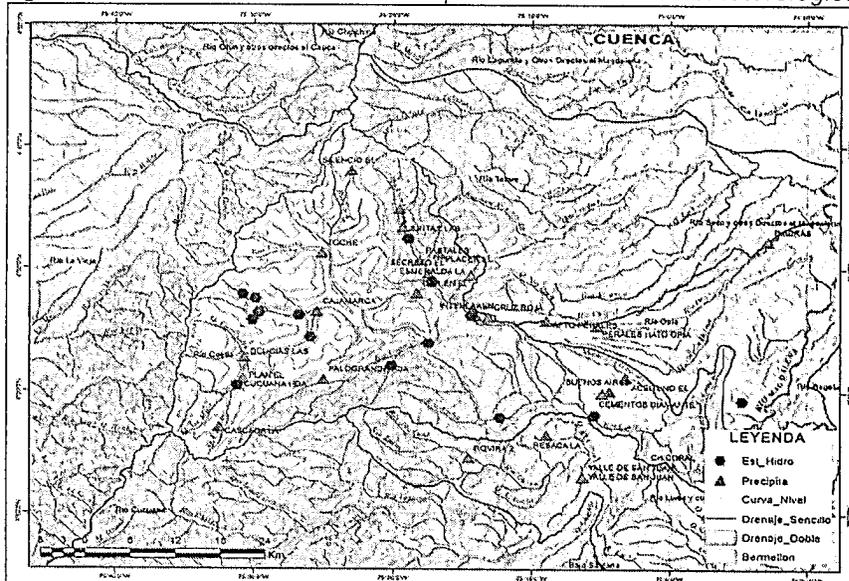
Teniendo en cuenta los anteriores resultados y la ubicación de cada una de las plataformas en el modelo hidrogeológico conceptual presentado en la fase I de este proyecto en donde solamente la plataforma J9 se encuentra dentro la Unidad Hidrogeológica 2 (UH2), correspondiente a las rocas hipoabisales, y el resto se encuentran dentro de la UH1 correspondiente a los esquistos y cuarcitas, se puede observar que las gráficas muestran una tendencia esperada para el flujo de agua subterránea, ya que las respuestas a las precipitaciones de los piezómetros ubicados sobre la UH1 aparentan ser más rápidas que las respuestas del piezómetro de la plataforma J9 (donde la respuesta es lenta), evidenciando la poca capacidad de infiltración sobre este tipo de unidades, sumado a la permanencia de nivel de agua cero en el piezómetro somero de la misma plataforma.

En general, se ha encontrado que la variación de los niveles piezométricos en cada una de las plataformas se debe principalmente a los ciclos de precipitación, cambios relacionados con extensión de longitud de cuerda de los levellogger y muestreos realizados por La Universidad y/o otras entidades. Aunque en cada uno de los gráficos se logran ver variaciones, estas se deben principalmente a la escala en la que se encuentran. En detalle las variaciones no superan los 10m. Sin embargo sobre el piezómetro de la plataforma S25 si se presentan variaciones abruptas debido al cierre y control de la perforación saltante de la plataforma S28 que generó un ascenso de ~ 25 m del nivel piezométrico evidenciando la conexión hidráulica que se tiene entre ambas plataformas. En ésta misma plataforma se logra observar como las actividades de perforación entre agosto y septiembre de 2013 originaron cambios de alrededor de 5 m en pocos días; al final de estas actividades el nivel piezométrico parece sumarse a la tendencia propia o natural del nivel de aguas y su variación respecto a los registros de perforación.

#### Componente hidroclimatológico

- Se presentan datos hidrometeorológicos provenientes de las estaciones hidrometeorológicas (círculos verdes) y pluviométricas (triángulo verde) dentro de la cuenca del río Coello (Figura 2).

Figura 2. Localización de estaciones pluviométricas e hidrometeorológicas



Fuente: Figura 3-24 del Informe monitoreo No. 6. Rad. 4120-E1-13937 del 30 de abril de 2015

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

- La variación mensual multianual de precipitación es de tipo bimodal (dos períodos de alta humedad y dos períodos de baja humedad).
- La variación mensual multianual de precipitación muestra una distribución estacional similar en la cuenca. Esto se ve reflejado en la escorrentía superficial de la zona, que guarda la misma distribución mensual y corrobora que los caudales bajos se presentan en meses de baja precipitación y los caudales altos se presenten en meses de mayor precipitación.
- Se analizaron datos históricos de precipitación en las estaciones Cajamarca, Cucuana y Chicoral del IDEAM. Como estación representativa de la parte alta de la cuenca del río Coello, y la más próxima al PLC, localizada a 1920 m de altitud y ubicada aproximadamente 7 kilómetros aguas abajo del punto más bajo de la confluencia de la quebrada La Guala en el río Bermellón, se encuentra la estación Camamarca. Según los registros del IDEAM para esta estación para el periodo 1969-2010, el valor medio anual de precipitación total anual es de 1323.2 mm; el valor mínimo se presentó en el año 1997 con 948.6 mm y el valor máximo en el año 2000 con 1827.9 mm.
- Se superpusieron curvas hipsométricas para las quebradas La Colosa, La Arenosa y La Guala, encontrando correspondencia del porcentaje de áreas vs las diferentes alturas, lo que indica que son similares en cuanto a su distribución de área y altura, características que son comparables a las respuestas de estas cuencas a la escorrentía en función de la precipitación que ocurre.
- Se elaboraron perfiles longitudinales de las tres quebradas, los cuales se encuentran entre el 14 % y 18%, lo que indica porcentajes relativamente medios a altos a eventos de crecientes súbitas.
- Se analizaron las características morfométricas de las tres microcuencas para mostrar el comportamiento y respuesta de los caudales. Se concluye que los tres cuerpos de agua son de alta pendiente (mayores al 10%) mostrando un grado de torrencialidad donde la posibilidad de infiltración ante eventos inmediatos de lluvia (alta precipitación en tiempo corto) es menor, y si no se cuenta con una buena cobertura vegetal, el agua precipitada escurre de inmediato hacia la parte más baja de la cuenca, ya que el grado de saturación del suelo es lento, característica encontrada con el Balance hídrico en los períodos de déficit.
- Se continuó el proceso de cálculo de aforos. A partir de la información obtenida de los muestreos de enero de 2015 se presentan los resultados en las tablas 7 y 8.

Tabla 7. Resumen de cálculo de caudal de tablas de aforo enero de 2015

AFOROS LÍQUIDOS						
Aforo	Estación	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Ancho de sección (m)	Velocidad (m/s)	Área (m <sup>2</sup> )	Radio hidráulico (m)
Río Coello	Payandé	20,100	35	0,42	17,85	0,49
Río Coello	Vereda Camala	10,959	32,2	0,766	14,31	0,432
Q. La Colosa	La Luisa	0,343	2,65	0,682	0,503	0,163
Q. La Guala	Vereda el diamante	0,269	4,60	0,346	0,779	0,157
Q. La Lucía	La paloma	0,108	2,00	0,468	0,251	0,103
Río Bermellón	La paloma	0,522	4,40	0,632	1,664	0,503
Río Bermellón	Puente Bolívar					
Q. La Arenosa	Vereda la paloma	0,049	2,2	0,41	0,202	0,84

Fuente: Tabla 4-6 del Informe monitoreo No. 6. Rad. 4120-E1-13937 del 30 de abril de 2015

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

Tabla 8. Aforos noviembre de 2014 y enero de 2015

Aforo	Estación	CAUDAL	
		2014	2015
Rio Coello	Payandé	30,27	20,10
Rio Coello	Vereda Camala	5,07	10,95
Q. La Colosa	La Luisa	0,16	0,34
Q. La Guala	Vereda el diamante	0,82	0,26
Q. La Lucha	La paloma	0,02	0,10
Rio Bermellón	La paloma	1,05	0,52
Rio Bermellón	Puente Bolívar	3,13	-*
Q. La Arenosa	Vereda la paloma	0,1	0,049

Fuente: Tabla 4-7 del Informe monitoreo No. 6. Rad. 4120-E1-13937 del 30 de abril de 2015

- Se realizó análisis de caudal de los años 2012 a 2014 (Tabla 9) y se compararon con los resultados de octubre de 2014, definiendo los valores promedio para cada fuente hídrica:
  - Quebrada La Colosa: De los 52 aforos realizados en la parte alta y los 46 efectuados en la parte baja los valores de caudal se encontraron entre 0.157 m<sup>3</sup>/s y 0.523 m<sup>3</sup>/s para los periodos de 2012, y el realizado en octubre es de 0.164 m<sup>3</sup>/s.
  - Quebrada La Arenosa: el valor obtenido de los 47 aforos es de 0.061 m<sup>3</sup>/s., mientras el realizado en el mes de octubre de 2014 es de 0.100 m<sup>3</sup>/s.
  - Quebrada La Guala: Los registros promedios están entre 0.354 m<sup>3</sup>/s y 0.820 m<sup>3</sup>/s (valor medido en el mes de octubre de 2014).

Tabla 9. Aforos 2012-2014

Corriente	No. Aforos	Fechas de Realización		Valores de caudales aforados		
				Caudal Promedio	Caudal Más Alto	Caudal Más Bajo
La Colosa	52	5/31/2012	5/31/2014	0,157	0,327	0,074
La Colosa Abajo	46	06/07/2012	04/07/2014	0,523	0,842	0,349
La Arenosa	47	06/01/2012	19/06/2014	0,061	0,163	0,019
La Guala Arriba	51	06/02/2012	26/06/2014	0,202	0,501	0,085
La Guala Abajo	45	4/23/2012	3/19/2014	0,354	1,667	0,122

Fuente: Tabla 4-12 del Informe monitoreo No. 6. Rad. 4120-E1-13937 del 30 de abril de 2015

- A partir del cálculo del rendimiento obtenido de la Cuenca del río Bermellón (Tabla 10), en el punto de la estación Pte. La Bolívar, se calcularon respectivamente los caudales en las cuencas del río La Guala, quebrada La Arenosa y quebrada La Colosa. Estos muestran una similitud en sus valores, con los resultados de los aforos realizados en el período 2012-2014, especialmente para la cuenca de la quebrada La Arenosa, indicando una distribución y oferta hídrica natural permanente en el tiempo (Tabla 11).

Tabla 10. Rendimiento cuenca del rio Bermellón (estación Puente La Bolivar)

Cuenca	Área Km <sup>2</sup>	Caudal medio m <sup>3</sup> /s	Rendimiento m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup>
Rio Bermellón (pte La Bolívar- IDEAM)	81.8	2.37	0.02897

Fuente: Tabla 4-13 del Informe monitoreo No. 6. Rad. 4120-E1-13937 del 30 de abril de 2015

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

Tabla 11. Comparación de resultados de caudales de las 3 cuencas

Cuenca	Caudal medio Rendimiento m/s <sup>3</sup>	Caudal Medio (**)
Río La Guala	0.768	0.710
Qda. La Colosa	0.154	0.160
Qda. La Arenosa	0.087	0.097

Fuente: Tabla 4-18 del Informe monitoreo No. 6. Rad. 4120-E1-13937 del 30 de abril de 2015

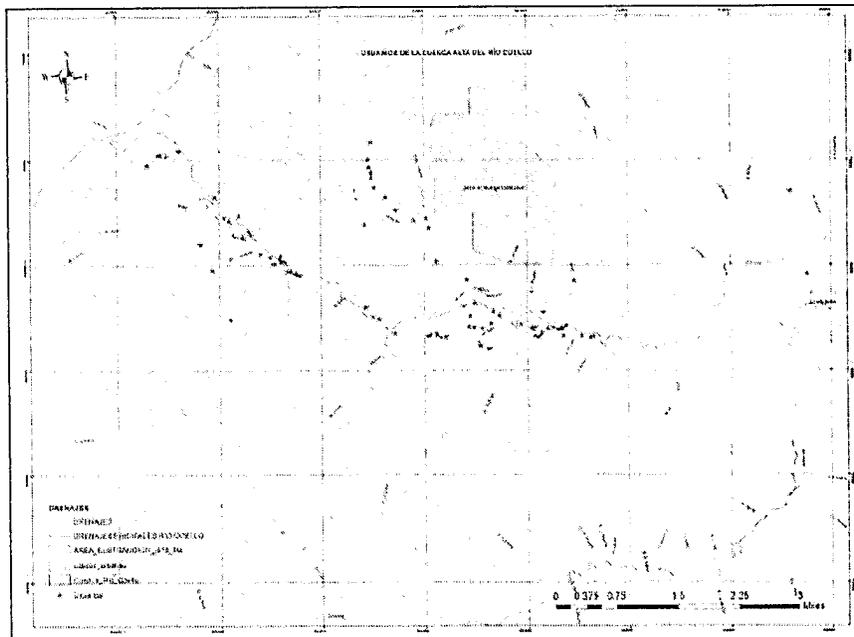
- A partir del cálculo del rendimiento obtenido de la Cuenca del río Bermellón, en el punto de la estación Pte. La Bolívar, se calcularon los caudales en las cuencas del río La Guala, Qda. La Arenosa y Qda. La Colosa, encontrándose que los valores mínimos (oferta hídrica natural) se presentan en los meses de enero, febrero y marzo, en Pte La Bolívar (río Bermellón) el caudal es 506.0 litros /segundo; en la cuenca del río La Guala el caudal es 164.0 litros/segundo, en la cuenca de la Qda. La Colosa el caudal es 33 litros/segundo y en la Qda. La Arenosa el caudal es 19.0 litros/segundo.
- Se definieron los caudales medios anuales multianuales mediante curvas de duración para las estaciones Puente La Bolívar y Payandé.
- Se calculó el balance hídrico con datos de la estación Cajamarca del IDEAM, la cual cuenta con series de precipitación para el período 1969-2010 y temperatura para el período 1964-2009. Los resultados muestran un déficit hídrico (suelo que no alcanza a saturarse porque el aporte de la precipitación es menor) en los meses de enero y febrero con un total anual de 25.48 mm, y un exceso hídrico (es el agua que excede de la reserva máxima y que se habrá perdido por escorrentía superficial o profunda) en los meses de abril a diciembre de 374.78 m.m.
- Asimismo, para la estación Hacienda Cucuana (2120 m.s.m.n) en el río Anaime, el balance hídrico muestra un déficit hídrico para todos los meses de enero y febrero (similar condición registrada en la estación Cajamarca) con un total anual de 31.0 mm, mientras que se presenta un exceso en los meses de mayo a noviembre con un total al año de 200.5 mm. Para la estación Chicoral presenta un déficit hídrico en 7 meses del año (enero, febrero, marzo, julio, agosto, septiembre y diciembre) con un total anual de 485.2 mm. Dadas las condiciones de altas temperaturas (media anual de 27.2°C) hace que la evapotranspiración sea superior a las precipitaciones mensuales (probabilidad de 50%), apenas se presenta exceso en el mes de mayo con un valor 6.6 mm.
- Comparando los resultados de exceso y déficit para las tres estaciones, se menciona que sólo se presenta exceso en las estaciones altas de la cuenca, en el mes de mayo con un valor 6.6 mm, es decir los periodos de déficit son mayores, en la parte media-baja de la cuenca.
- Se concluye que la oferta de caudal de las quebradas La Colosa y La Arenosa, (con un valor que para la cuenca de la quebrada La Colosa corresponde al 1.3% del Caudal Medio calculado (preliminar que fue de 0.154 m<sup>3</sup>/s) y para la cuenca de la Quebrada La Arenosa correspondería al 2.3 % del caudal medio calculado (preliminar que fue de 0.087 m<sup>3</sup>/s), indica que el valor concesionado de 2.0 l/s, a ANGLO GOLD ASHANTI COLOMBIA S.A., no afectaría en términos de disponibilidad, la oferta hídrica superficial actual, debido a que estas presentan una oferta suficiente para la concesión dada. Sin embargo, la

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

posibilidad de disminución de esta oferta está en función del manejo de la cuenca en cuanto a su cobertura vegetal (evitando deforestación y aumento del área de cultivo - prácticas de cultivo) y por otra parte haciendo uso eficiente y racional del recurso en los períodos de aguas bajas, (enero, febrero, marzo) por presentar caudales bajos.

- Respecto a la distribución de usuarios de la cuenca se presentó la distribución espacial (Figura 3).

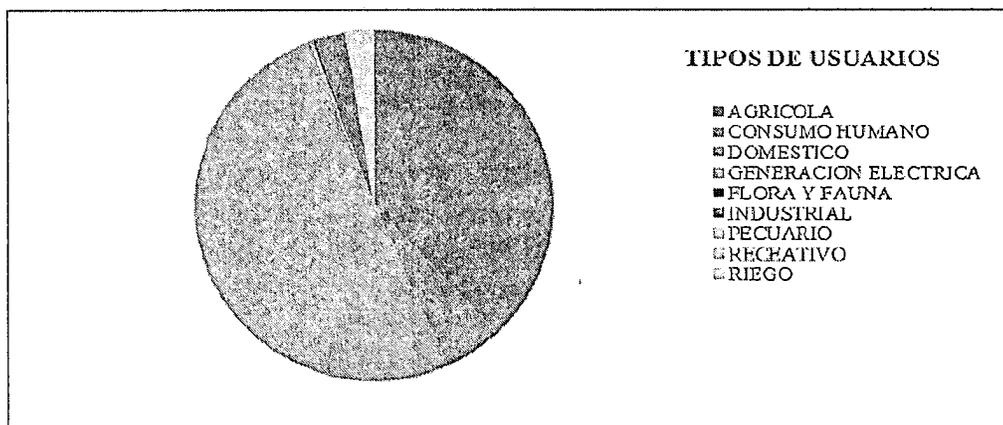
Figura 3. Distribución de usuarios del recurso hídrico en la cuenca del río Coello



Fuente: Figura 4-38 del Informe monitoreo No. 6. Rad. 4120-E1-13937 del 30 de abril de 2015

- Se realizó una encuesta a un total de 107 viviendas. Se registraron 84 usuarios para la cuenca del río Bermellón, 2 para la Quebrada La Colosa, 9 para la Guala y 12 para la Arenosa.
- Mediante el estudio de ordenación de cuencas de Cortolima realizado en 2010, se determinó que la mayor demanda proviene de los sectores agrícola y doméstico (Figura 4).

Figura 4. Tipos de usuarios del recurso hídrico en la cuenca del Río Coello



Fuente: Figura 4-40 del Informe monitoreo No. 6. Rad. 4120-E1-13937 del 30 de abril de 2015

- De acuerdo a los datos recolectados por CORTOLIMA en el 2014, se estableció que se encuentran concesionados más de 55221.82 L de agua provenientes de la cuenca del río Coello y que la mayor demanda para la región es generada por

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

las actividades de tipo industrial seguido por el uso del recurso para riego y agricultura (Tabla 12).

Tabla 12. Tipo de usuarios y litros concesionados en la cuenca del rio Coello

CONCESIONES CUENCA RIO COELLO		
TIPOS DE USUARIOS	No. USUARIOS	LITROS
AGRÍCOLA	272	6308.98
CONSUMO HUMANO	38	52.29
DOMÉSTICO	364	3544.15
GENERACIÓN ELÉCTRICA	2	54.83
FLORA Y FAUNA	2	1
INDUSTRIAL	20	18590.93
PECUARIO	12	9237.8
RECREATIVO	5	7791.84
RIEGO	1	9640
TOTAL	716	55221.82

Fuente: Figura 4-40 del Informe monitoreo No. 6. Rad. 4120-E1-13937 del 30 de abril de 2015

## COMPONENTE HIDROBIOLÓGICO

### Componente fisicoquímico

- Respecto a los resultados presentados en el Informe N° 5 de monitoreo, se señalan los siguientes hallazgos para cada uno de los cuerpos de agua muestreados:

#### Quebrada La Colosa (HB1, HB2, HB3 y HB4):

En el último semestre destaca para las cuatro estaciones, el aumento en las concentraciones de algunos parámetros entre los meses de septiembre y octubre (pH, alcalinidad, acidez, DQO, Mg, NH<sub>4</sub> y *E.coli*). Esto se atribuye a una deficiencia en el cumplimiento de los protocolos de análisis sin que se pueda aseverar que corresponde a un deterioro de la calidad de agua en estos meses.

Se menciona que a lo largo de todo el monitoreo a nivel global se notan diferencias entre las estaciones localizadas aguas arriba (HB1 y HB2), con respecto de las dos más bajas (HB3 y HB4), pues en estas últimas se hace evidente una leve disminución en las condiciones de calidad representada por el aumento en la concentración de iones disueltos, debido seguramente al aporte de sustancias alóctonas generadas posiblemente por la lixiviación de los suelos en época de lluvia y por la propia dinámica de flujo de los ríos de montaña, unido a aportes antropogénicos por el aumento de las actividades en las zonas más bajas donde aumentan la presencia del ser humano, las actividades agropuecuarias y el vertido de aguas residuales sin tratar.

De acuerdo a los análisis estadísticos efectuados, se encontraron diferencias significativas de HB1 y HB2 con respecto de HB3 y HB4 en algunos parámetros como son: temperatura, conductividad, sólidos totales, alcalinidad, cloruros, sulfatos, calcio, sodio, magnesio y potasio los cuales son más altos en HB3 y HB4 que en HB1 y HB2.

*"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".*

Según los análisis llevados a cabo para identificar las variables fisicoquímicas que gobiernan el comportamiento de la calidad del agua, el componente 1 explicó el mayor porcentaje de la varianza en todas las estaciones, con un porcentaje de: HB1:46.5%, HB2:41.1%, HB3:31.7%, HB4:36.8%. En las cuatro estaciones de la quebrada La Colosa los parámetros que coinciden agruparse en el componente 1 son la temperatura y la conductividad (debido a los iones cloruros, sulfatos, sodio, magnesio y potasio), marcando estos el comportamiento fisicoquímico del agua en la quebrada. En las estaciones HB1 y HB2 se encuentra también en este componente 1 los sólidos y en el caso de HB3 y HB4 también está la alcalinidad en asocio con el calcio. Los parámetros como oxígeno y DQO sólo aparecen con cierta importancia en los componentes 3, 4 ó 5 dependiendo de la estación.

Se infiere a manera de conclusión que la calidad fisicoquímica del agua en la quebrada La Colosa está gobernada fundamentalmente por las condiciones geoquímicas de la cuenca y por las características hidrodinámicas de la misma quebrada, dependientes de la hidroclimatología y el bajo uso antrópico de sus aguas.

Quebrada La Arenosa (HB5, HB6 y HB7):

En el último semestre del monitoreo, los valores más altos de algunos de los parámetros medidos (alcalinidad, acidez, Mg, NH<sub>4</sub>, *E.coli*) se presentaron entre los meses de septiembre a octubre, si bien la mayoría de estos valores no fueron extremos con respecto a los valores históricos.

Las fluctuaciones observadas a lo largo del monitoreo en la temperatura del agua, responden a las diferentes épocas climáticas.

La tendencia a lo largo de todo el monitoreo del descenso en los valores de pH responde al aumento de la acidez y es un indicativo de contaminación orgánica.

Los valores de alcalinidad entre 16.00 y 92.00 mg/L, indican que es un poco elevada, debido a la presencia en mayor cantidad de iones bicarbonato y carbonato que no necesariamente son indicativos de contaminación pues pueden ser reflejo de la composición geoquímica del cauce.

La conductividad presentó valores a lo largo de todo el monitoreo entre 75.50 y 198.0, a partir de abril de 2014 la variabilidad de este parámetro ha aumentado, indicando así mismo un aumento en la variabilidad de concentraciones de iones disueltos.

El sodio presenta concentraciones cercanas a 5 mg/L (4.87 mg/L de promedio) y el potasio (1.76 mg/L en promedio), los cuales se considera que son valores típicos de quebradas de alta montaña. El arsénico se ha mantenido por debajo de los límites de detección y cuantificación en toda la quebrada La Arenosa a lo largo del monitoreo. El magnesio tuvo una variación en su comportamiento con valores históricos elevados especialmente entre agosto y septiembre de 2014.

Hasta junio de 2014 no se detectaban concentraciones medibles de nitrógeno amoniacal, sin embargo, en el último semestre hubo un aumento de este compuesto nitrogenado, indicando un aporte que antes no se había presentado, sin embargo las concentraciones siguen siendo muy bajas como para que indiquen una contaminación importante, probablemente esta situación también puede estar asociada al comportamiento hidroclimatológico de la microcuenca y

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

al ajuste metodológico que el laboratorio realizó en sus protocolos de tiempo de análisis.

Respecto a *E.coli*, para la estación HB7 los valores estuvieron más altos, cerca de 1000 NMP/100 ml en los meses de agosto de 2013, enero, abril y junio de 2014, y elevándose a más de 2000 en agosto de 2014, indicando que esta estación se encuentra afectada por contaminación de origen doméstico superando los valores máximos establecidos por la normatividad para consumo doméstico.

A través del análisis de varianza Se encontraron diferencias significativas entre estaciones para temperatura, conductividad, sólidos suspendidos, alcalinidad, hierro y magnesio. Normalmente los valores en la parte alta de la quebrada (HB5) son más bajos de los de la parte más baja (HB7).

El componente 1 explicó el mayor porcentaje de la varianza en todas las estaciones, estando éste integrado por las variables de temperatura, conductividad, los sólidos, la alcalinidad, sulfatos, calcio, sodio, *E.coli*, magnesio y potasio. Es decir, que para esta quebrada los iones asociados a la alcalinidad y que por lo tanto afectan la conductividad son los de mayor importancia.

Se concluye que la calidad fisicoquímica del agua está gobernada fundamentalmente por las condiciones geoquímicas de la cuenca y por las características hidrodinámicas de la misma quebrada, dependientes de la hidroclimatología y el bajo uso antrópico de sus aguas.

Quebrada La Guala (HB8):

En el último semestre (agosto de 2014 a enero de 2015), no se detectó un comportamiento por fuera de los valores históricos que se han registrado en la quebrada, con excepción de la acidez, la conductividad y los sulfatos que tuvieron valores altos entre septiembre y octubre de 2014.

A lo largo de todo el monitoreo se observa una tendencia al descenso de los valores de pH hasta diciembre de 2014 y de nuevo un ascenso de éste en enero de 2015, el promedio para todo el monitoreo es de 7.8, con valores mínimos entre octubre y diciembre de 2014.

El valor promedio de acidez fue de 4.35, ésta presentó valores máximos de 9.10 mg/L en el mes de octubre de 2013 y de 11.2 mg/L en octubre de 2014, correspondiendo a los períodos de lluvias y un mínimo de 2.20 mg/L en marzo de 2013.

Para el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, desde junio de 2013 los valores han estado por debajo del 60% de saturación salvo en septiembre de 2013 y febrero de 2014, meses en los cuales la saturación estuvo por encima del 60%. Los sólidos totales presentan un comportamiento inestable con variaciones de mes a mes.

La conductividad ha permanecido estable a lo largo de todo el monitoreo con una media de 139.1  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . En marzo de 2014 se registró el valor más bajo de todo el monitoreo.

Al igual que para las otras dos quebradas, a partir de junio de 2014 en la quebrada La Guala se registraron concentraciones de nitrógeno amoniacal por

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

encima de los límites de detección, de tal manera que en septiembre se alcanzó un valor máximo de 1 mg/L, sin embargo aún son valores bajos.

La concentración de coliformes totales es bastante elevada en la quebrada y si bien estas concentraciones han disminuido notoriamente desde junio de 2013, superan los valores máximos permisibles para usos agrícolas y de consumo doméstico durante varios meses desde el comienzo del monitoreo (julio a septiembre y noviembre de 2012, febrero a mayo de 2013, enero y marzo de 2014).

Según el análisis de varianza, los factores de mayor importancia para el componente 1 son la temperatura, la conductividad, los sólidos, la alcalinidad, los cloruros, el hierro, el calcio, el sodio, *E.coli*, el magnesio y el potasio.

La calidad fisicoquímica del agua está gobernada fundamentalmente por las condiciones geoquímicas de la cuenca y por las características hidrodinámicas de la misma quebrada, dependientes de la hidroclimatología y el bajo uso antrópico de sus aguas.

Río Bermellón (HB9 y HB10):

A lo largo de todo el monitoreo se observa una tendencia al descenso de los valores de pH llegando a los valores más bajos (6.4) entre agosto y septiembre de 2014, debido seguramente a un aumento de materia orgánica.

Los sólidos suspendidos a pesar de las fluctuaciones a lo largo del monitoreo, tienen un comportamiento relativamente estable, teniendo valores un poco más altos en HB10. Los valores de conductividad que habían presentado un ligero descenso en ambas estaciones en el último semestre de 2013, volvieron a ascender alcanzando un máximo histórico en HB10 en septiembre de 2014 (332.3  $\mu$ S/cm).

Los valores de DQO tienen amplias fluctuaciones, especialmente en HB9, donde se han alcanzado los valores más altos de todo el monitoreo (>80 mg/L) en varios períodos de muestreo (septiembre 2012, abril de 2013 y mayo de 2014). El río Bermellón tiene impactos antrópicos importantes al discurrir muy cerca de la carretera de "La Línea" pues recibe diferentes tipos de residuos inherentes a un alto flujo vehicular, además de tener actividades de minería artesanal.

Los valores de conductividad que habían presentado un ligero descenso en ambas estaciones en el último semestre de 2013, volvieron a ascender alcanzando un máximo histórico en HB10 en septiembre de 2014 (332.3  $\mu$ S/cm). La estación HB10 tiene valores más altos que HB9.

Con respecto a los iones disueltos los cloruros están en mayor concentración que para las quebradas anteriores (7.13 mg/L) aun cuando han mostrado tendencia al descenso, sin embargo para ambas estaciones hubo un aumento en abril de 2014, en donde se alcanzaron los valores más altos del monitoreo (17.32 mg/L en HB10) e indicando posiblemente contaminación por materia orgánica debido a vertidos de origen doméstico.

La concentración de coliformes totales es bastante elevada en el río y si bien estas concentraciones han disminuido notoriamente desde junio de 2013, la mayor parte del tiempo superan los valores máximos permisibles para usos agrícolas y de consumo doméstico. Las concentraciones de *E. coli*

*"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".*

descendieron a partir de julio de 2013 y no se volvieron a registrar concentraciones tan elevadas.

El arsénico, si bien la mayor parte del tiempo no es posible detectarlo en octubre de 2013 alcanzó un valor alto en HB9, que superó los límites permisibles de consumo doméstico.

Se encontraron diferencias significativas entre las estaciones de muestreo HB9 y HB10 para los valores de temperatura, conductividad, sólidos totales, cloruros y potasio. En cada estación de muestreo los factores de importancia positiva o negativa por cada componente son diferentes. En HB9, en el componente 1, parece tener una importancia positiva alta la alcalinidad y algunos iones asociados como sulfatos y sodio y una importancia negativa para hierro. En HB10 la importancia positiva recae en la conductividad, el porcentaje de saturación de oxígeno, calcio, sodio, potasio y magnesio.

Hay una mayor variabilidad en la composición fisicoquímica del agua del río, el cual está sometido a numerosas presiones antrópicas. En este río es notorio el impacto de la remoción de material del cauce para las labores de minería artesanal, además se reciben lixiviados de lavaderos de autos localizados sobre la vía. En la medida que se desciende por el cauce también se hace notoria la influencia de vertidos de origen doméstico. Todo esto, unido a la disminución de la cobertura vegetal que impacta en un mayor arrastre de material por el cauce.

Quebrada La Lucha (HB11):

La acidez tiene un valor promedio de 10.74, siendo la más alta de todos los cuerpos de agua monitoreados, el valor más alto fue de 37.7 mg/l registrado en octubre de 2013, debido probablemente a algún vertido de carácter puntual.

Presenta los niveles de oxígeno disuelto más bajos de todos los cuerpos de agua muestreados (3.93 mg/L y 45.61% de saturación). El oxígeno disuelto y el porcentaje de saturación de oxígeno han incrementado su concentración a partir del mes de marzo de 2014, no obstante los porcentajes de saturación de oxígeno de esta quebrada son los más bajos de todos los cuerpos de agua.

La conductividad tuvo unas fluctuaciones marcadas en todo el monitoreo, con los niveles más bajos en julio de 2012 (91 uS/cm), diciembre de 2013 (183.9 uS/cm), marzo (271 uS/cm) y junio de 2014 (234 uS/cm), el resto de los meses, con pocas excepciones los valores se encuentran por encima de 700 uS/cm, indicando una concentración elevada de iones disueltos, especialmente sulfatos, calcio y sodio que presentan las mayores concentraciones de iones disueltos del estudio, lo mismo que los nutrientes como fosfatos y nitratos.

Esta quebrada tiene un comportamiento diferente al observado en las quebradas La Colosa, La Arenosa y La Guala ya que los factores de mayor importancia positiva o negativa para el componente 1 son el pH, la temperatura, DQO, los sólidos y algunos iones disueltos como los sulfatos, los cloruros, el sodio y el potasio.

Esta quebrada es la que presenta una mayor afectación antrópica que se evidencia en los parámetros indicativos de contaminación de sus aguas, registrando valores en algunos casos por encima de los observados en los ríos Bermellón y Coello. Sumado a esto hay que tener en cuenta que es un cuerpo de agua con un caudal muy pequeño, ya que por su cauce discurre muy poca

*"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".*

agua en la mayor parte del año, lo cual magnifica la presencia de elementos indicadores de contaminación que no pueden ser fácilmente depurados.

Rio Coello (HB12 y HB13):

Hasta el mes de enero de 2014, el pH estaba por encima de 7.5 con tendencia a la basicidad, a partir de febrero los valores descienden a un rango más ácido (entre 6.5 y 7.5), siendo un poco más bajos los valores en HB13.

A partir de julio de 2013 los valores de DQO han ido disminuyendo a concentraciones por debajo de 100 mg/L, sin embargo se nota un ascenso notorio en enero de 2015.

El hierro fue uno de los iones más abundantes en el río en ambas estaciones, presentando las concentraciones más altas de todas las fuentes hídricas analizadas (1.71 mg/L). Lo mismo ocurre con el calcio (27.68 mg/L) y el magnesio (11.02 mg/L). El arsénico tuvo algunos valores elevados (>0.005 mg/L) hasta agosto de 2013 y a partir de septiembre no se ha vuelto a detectar.

La concentración de coliformes totales es bastante elevada en el río y si bien estas concentraciones han disminuido notoriamente desde junio de 2013, la mayor parte del tiempo superan los valores máximos permisibles para usos agrícolas y de consumo doméstico.

De acuerdo al análisis multivarianza, para HB12 la importancia recae en la temperatura, la conductividad, la alcalinidad, cloruros y sodio, para HB13 el componente 1 comprende la temperatura, el oxígeno disuelto, los sólidos suspendidos y los cloruros.

Según los valores de conductividad registrados, los cuerpos de agua del monitoreo se encuentran en un grado de mineralización "débil" o "muy débil", a diferencia de la quebrada La Lucha que presenta un grado de mineralización "media acentuada". Los parámetros que inciden en la conductividad son la alcalinidad, los bicarbonatos, cloruros, sulfatos, calcio, magnesio, sodio y potasio, así como los sólidos totales, siendo estos los parámetros más relevantes para las corrientes de agua muestreadas.

En general para la mayoría de los parámetros, las concentraciones encontradas en las quebradas La Colosa, La Arenosa y La Guala al ser quebradas de montaña que hacen parte de microcuencas menos intervenidas antropogénicamente, difieren de las encontradas en los ríos Bermellón y Coello y la quebrada La Lucha con mayor afectación antrópica a lo largo de su recorrido.

Perifiton

Se presentan los principales hallazgos:

- Desde julio de 2012 hasta enero de 2015 se ha registrado una densidad total de 666.824 organismos/mm<sup>2</sup>, distribuidos en 14 Phyla, 21 clases, 43 órdenes, 76 familias, 117 géneros y 33 especies. La clase más frecuente y abundante fue Bacillariophyceae con 81%, seguida por Cyanophyceae con 13%, Chlorophyceae con 3% y Conjugatophyceae con 1%, las 17 clases restantes presentaron valores inferiores al 1%.

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

- Los taxones *Fragilaria* sp, *Nitzschia* sp, *Navicula* sp, *Rhoicosphenia curvata*, *Melosira varians*, *Hannaea arcus*, *Oscillatoria* sp, *Navicula* sp1, *Gomphonema* sp y *Cymbella* sp presentaron altas densidades lo cual sugiere que estos organismos tienden a tolerar las variaciones ambientales que se presentan a lo largo de la zona de estudio, lo que los hace posibles candidatos para la evaluación del estado del ecosistema a lo largo del tiempo.
- Las densidades más altas se registraron en las estaciones HB3 (100115 ind/cm<sup>2</sup>, correspondiente al 15% de la densidad relativa) ubicada en la aguas abajo de la quebrada La Colosa, seguida por HB9 (94025 ind/cm<sup>2</sup>, con un 14%), situada en río Bermellón – aguas arriba de la desembocadura de la quebrada La Guala. La mayor riqueza se presentó en HB1 (Quebrada La Colosa Aguas Arriba) y HB2 (Quebrada La Colosa Parte Media) con 113 y 109 taxones respectivamente.
- Aunque la densidad total disminuyó en el período de mayo de 2013 a diciembre de 2013, se presentó un aumento la riqueza (aparición de nuevos géneros y morfotipos) y en el último año (2014) la densidad ha incrementado considerablemente. Estas variaciones se deben a que los cuerpos de agua monitoreados en el área de influencia del proyecto poseen diferentes características de hábitat, ofreciendo mejor calidad las quebradas que los ríos.
- Se señala que los patrones de distribución de la comunidad perifítica a nivel espacial y temporal obedecieron a la capacidad de estos organismos para responder a los cambios en los factores fisicoquímicos que ocurren debido a procesos naturales de las áreas evaluadas o a las acciones antrópicas que modifican estos factores.
- Se concluye que las estaciones de las zonas de mayor altitud (HB1 a HB8) presentan características biofísicas que permiten una alta diversidad y equidad de organismos. Sin embargo se resalta que las estaciones HB3 y HB4 presentan intervención antrópica lo que se refleja en la densidad y riqueza perifítica de éstas.

#### Macroinvertebrados acuáticos

- Entre el mes de julio de 2012 y enero de 2015 se reporta la recolección de 193900 macroinvertebrados, pertenecientes a 20 órdenes, 82 familias y 59 géneros o morfotipos de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera. En general el orden más representativo fue Ephemeroptera.
- Se señala que en cuanto a la variación espacial, la estación con mayor número de individuos durante el tiempo de exploración minera La Colosa fue HB3, seguida por HB2, ubicada en La Colosa media y HB8 en la quebrada La Guala. La estación con mayor riqueza fue HB11, perteneciente a la quebrada La Lucha, seguida por HB12, ubicada en el río Coello aguas arriba del distrito de riego USOCOELLO y HB13 ubicada en el río Coello aguas abajo del distrito de riego USOCOELLO.
- Se menciona que en general la precipitación y la abundancia presentaron una relación inversa, a altas precipitaciones se registran valores bajos de abundancia.
- Cerca del 50 % de los géneros de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera tienen una amplia distribución altitudinal, los taxa con mayor abundancia presentaron amplios rangos altitudinales como es el caso de Baetodes,

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

Smicridea, Leptohyphes, entre otros. Por lo contrario, los géneros con menor número de individuos como *Terpis*, *Neotriplectides* y *Leucotrichia*, presentaron rangos altitudinales estrechos, incluso restringidos a una sola estación.

- Se señala que para las estaciones de alta montaña (HB1-HB10) muestran que si bien los colectores si son el grupo funcional más representativo, son seguidos en general por los fragmentadores y depredadores en similar proporción y los raspadores con muy pocos o ningún representante. Esto demuestra la importancia del bosque de ribera en las estaciones ubicadas en quebrada de cabecera como La Colosa, La Arenosa y La Guala donde la producción primaria está altamente limitada por la sombra y se experimentan considerables descargas externas de materia orgánica en forma de hojarasca y otros tipos de materia particulada.
- Se destaca que al comparar las abundancias relativas de todos los cuerpos de agua muestreados, se encontraron diferencias que sugieren el mejor estado de conservación de las estaciones ubicadas en la cabecera de la quebrada la Colosa (HB1 y HB2), mientras que las estaciones HB3 y HB4 (parte media y baja) han estado expuestas a diferentes factores que afectan la abundancia de los macroinvertebrados como paso de semovientes, cuadrillas de trabajo, vehículos, paso de tuberías para canalización de agua y diferentes vertimientos. En La quebrada La Arenosa (HB5, HB6 y HB7), solo se presentaron diferencias entre HB5 y HB7, las cuales podrían ser producto de cambios en el área de exploración ya que desde mediados del año 2014 se presentó una ampliación en dicha área, aumentando el flujo de vehículos, personal, materiales hacia el cañón de la arenosa, además en informes anteriores no se encontraban diferencia en la abundancia relativa de macroinvertebrados acuáticos entre las estaciones ubicadas en esta quebrada y se indicaba que ésta presentaba características de un cuerpo de agua conservado.
- Al emplear el índice EPT en el área de influencia del proyecto se obtuvo que las estaciones ubicadas en las quebradas la Colosa (HB1, HB2, HB3 y HB4), La Arenosa (HB5, HB6 y HB7), La Guala (HB8) presentan aguas limpias a muy limpias. Se infiere que estas quebradas presentan vegetación boscosa en sus riberas lo que puede estar brindando una mayor protección de estos cuerpos de agua y ejerciendo un papel importante en el mantenimiento de la calidad del recurso hídrico. Además presentan los valores de oxígeno disuelto más altos y bajas concentraciones de calcio, sulfatos y magnesio de las estaciones evaluadas.

#### Peces

- Se indica que los índices ecológicos mostraron que la diversidad en las estaciones (HB11; HB12 y HB13) durante los meses evaluados, estuvieron representadas por más de 20 especies, relacionado con presencia de especies dominantes.
- Se concluye que las especies de las estaciones por encima de los 2000 m.s.n.m. no están correlacionadas con los parámetros fisicoquímicos, sin embargo la influencia de otras variables como la calidad del hábitat están determinando la estructura íctica.
- Se menciona que el mayor valor de riqueza y diversidad y el menor de dominancia, del río Coello aguas abajo del distrito de riego USOCOELLO, indicaría hábitats más heterogéneos que conllevan al establecimiento de varias especies con abundancias similares, no obstante los valores de riqueza y

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

diversidad son bajos comparados con otras cuencas del departamento del Tolima.

- Para las estaciones pertenecientes a la quebrada La Colosa, (HB3 y HB4), quebrada La Arenosa (HB6 y HB7) se han reportado individuos de la especie *Astroblepus micrescens*, los cuales, son indicadores de buena calidad de hábitat puesto que lo reportado por diversos autores, indica que esta especie habita zonas donde hay buena oxigenación del agua, y la calidad de la misma es de condiciones aceptables, donde se presenta poca alteración. Para la quebrada La Guala (HB8), a pesar de las condiciones óptimas del agua, esta especie no es recolectada frecuentemente; ya que para este cuerpo de agua es muy constante encontrar individuos de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*), que también tiene unos requerimientos de hábitat exigentes en cuanto a calidad de agua se refiere.
- Se menciona como hallazgo importante que la comunidad de peces dentro del área directa de influencia del proyecto de exploración minero La Colosa, ha disminuido su abundancia tal y como se puede comprobar en los resultados obtenidos anteriormente en la especie (*Astroblepus micrescens*), y dentro de lo cual se pueden enmarcar cambios en el hábitat tales como: alteración de variables fisicoquímicas del agua, vertimiento de aguas subterráneas con gran cantidad de material particulado, ingreso de aguas con desechos de tipo doméstico, entre otros.

#### Componente flora

#### Metodología aprobada por el IDEAM

De acuerdo con el "Programa de Monitoreo" aprobado por el IDEAM mediante radicado No. 4120-E1-4335 del 17 de enero de 2012 y posteriormente ajustado por la empresa AGAC con aprobación del IDEAM mediante radicado No. 4120-E1-44314 del 29 de diciembre de 2014, para el desarrollo de este componente florístico se debe implementar la siguiente metodología.

Establecimiento de 57 "Parcelas Permanentes de Monitoreo" de 50 m x 10 m (0,05 ha) cada una, en las diferentes unidades de vegetación. El total de área bajo este método es de 28.500 m<sup>2</sup> (2,85 hectáreas).

Tabla 13. Parcelas permanentes de monitoreo de 0,05 hectáreas

Cobertura		Símbolo	Número de parcelas	Área efectiva de las parcelas (ha)	Frecuencia de monitoreo	
Territorios Agrícolas	Pastos	Pastos Limpios	7	0,35	3 meses	
		Pastos Arbolados	7	0,35	3 meses	
		Pastos Enmalezados	7	0,35	3 meses	
Bosques y Áreas Seminatúrales	Bosques	Bosque Denso Alto de Tierra Firme	6	0,3	6 meses	
		Bosque Denso Bajo de Tierra Firme	6	0,3	6 meses	
		Bosque Abierto Bajo de Tierra Firme	6	0,3	6 meses	
	Áreas con vegetación herbácea o arbustiva	Vegetación Secundaria Alta	VSA	7	0,35	6 meses
		Vegetación Secundaria Baja	VSB	7	0,35	6 meses
	Áreas abiertas sin o con poca vegetación	Tierra Desnuda	TD	4	0,2	3 meses
	TOTAL			57	2,85	

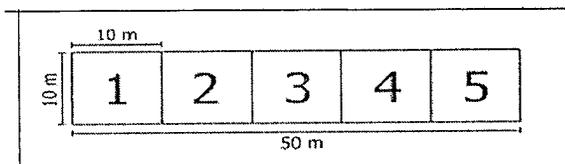
Fuente. Tabla 1 del Informe monitoreo 2. Rad. 4120-E1-21610 del 2 de julio de 2013

Para efectos del muestreo cada parcela es subdividida en cuadrantes de 10 metros por 10 metros, es decir en 5 cuadrantes cada una. Se miden y marcan todos los

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

individuos con diámetros normales (medido a 130 cm de la superficie del suelo) mayores e iguales a 5 cm. Para el caso de las herbáceas y gramíneas, se utiliza el Método de Canfield (Mostacedo 2000), consistente en usar una línea o transecto marcado dentro de las parcelas permanentes de 0.05 ha establecidas en pastos, la cobertura interceptada de cada especie se mide con una regla y una cinta.

Figura 4. Esquema general de la unidad de monitoreo de 0,05 hectáreas



Fuente. Figura 25 del "Programa de Monitoreo" aprobado por el IDEAM. Rad. 4120-E1-154431 del 13-12-2011

La ubicación geográfica de las 57 parcelas es la siguiente:

Tabla 14. Ubicación geográfica de las 57 parcelas permanentes de monitoreo de 0,05 ha

PARCELA*	COORDENADAS**	AZIMUT	PARCELA*	COORDENADAS**	AZIMUT
BAB-1	N 445.600, E 492.210		PE-5	N 445.820, E 492.920	
BAB-2	N 445.896, E 492.668	300°	PE-6	N 445.640, E 492.964	
BAB-3	N 445.754, E 492.786	260°	PE-7	N 445.795, E 492.835	350°
BAB-4	N 445.980, E 492.662	350°	PL-1	N 446.030, E 492.850	
BAB-5	N 446.131, E 492.743		PL-2	N 445.643, E 492.917	
BAB-6	N 445.056, E 493.188	50°	PL-3	N 445.654, E 492.858	280°
BDA-TF-1	N 445.208, E 493.659		PL-4	N 445.820, E 493.250	
BDA-TF-2	N 445.308, E 492.439	300°	PL-5	N 445.633, E 493.606	
BDA-TF-3	N 446.052, E 493.018	45°	PL-6	N 445.777, E 492.536	300°
BDA-TF-4	N 494.002, E 445.616	300°	PL-7	N 445.300, E 493.117	330°
BDA-TF-5	N 445.355, E 493.413	330°	TD-1	N 445.135, E 493.685	
BDA-TF-6	N 445.236, E 493.803		TD-2	N 445.074, E 493.880	
BDB-1	N 445.600, E 492.210		TD-3	N 445.023, E 494.159	178°
BDB-2	N 445.755, E 492.486	310°	TD-4	N 445.031, E 494.110	
BDB-3	N 445.613, E 493.225	80°	VSA-1	N 446.069, E 493.884	30°
BDB-4	N 445.848, E 492.787	100°	VSA-2	N 493.450, E 445.920	
BDB-5	N 445.280, E 494.080		VSA-3	N 446.041, E 493.315	
BDB-6	N 445.124, E 492.783	260°	VSA-4	N 445.550, E 492.664	300°
PA-1	N 446.162, E 492.163		VSA-5	N 446.674, E 492.032	
PA-2	N 446.280, E 492.810		VSA-6	N 446.660, E 492.030	
PA-3	N 445.700, E 492.869	310°	VSA-7	N 446.686, E 492.316	310°
PA-4	N 492.689, E 446.003		VSB-1	N 446.240, E 493.820	
PA-5	N 445.039, E 494.207	310°	VSB-2	N 446.156, E 493.788	30°
PA-6	N 445.733, E 492.803	340°	VSB-3	N 493.843, E 446.355	
PA-7	N 445.887, E 492.711		VSB-4	N 445.916, E 493.268	10°
PE-1	N 445.454, E 493.422	120°	VSB-5	N 445.565, E 493.530	
PE-2	N 445.454, E 493.361	192°	VSB-6	N 445.957, E 493.322	350°
PE-3	N 449.183, E 493.235		VSB-7	N 446.000, E 493.390	
22	N 445.485, E 493.238	151°			

\* BAB: Bosque Abierto Bajo, BDA: Bosque Denso Alto, BDB: Bosque Denso Bajo, PA: Pastos Arbolados, PE: Pastos Enmalezados, PL: Pastos Limpios, TD: Tierras Desnudas, VSA: Vegetación Secundaria Alta, VSB: Vegetación Secundaria Baja. \*\* Coordenadas UTM (Z 18 N).

Fuente. Tabla 2 del Informe monitoreo 2. Rad. 4120-E1-21610 del 2 de julio de 2013.



"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

Establecimiento de 4 transectos complementarios de 125 m x 2 m (250 m<sup>2</sup>), para un área total de muestreo de 1000 m<sup>2</sup> en la cobertura de "Bosque Abierto Alto de Tierra Firme", cuyo propósito es el de estimar con mayor precisión cómo ocurren los cambios en la composición y estructura de las poblaciones y, a partir de ello, la relación de los mismos con los cambios en las condiciones ambientales, tanto naturales (clima, suelo) como de carácter antropogénico (desarrollo de la fase de monitoreo del proyecto La Colosa).

Tabla 16. Ubicación geográfica de los transectos complementarios de 250 m<sup>2</sup>

Transectos	Ubicación (0 m)		Ubicación (125 m)	
	Norte	Este	Norte	Este
1	445.306	494.329	445.306	494.329
2	445.332	494.232	445.280	494.145
3	445.306	494.329	445.306	494.329
4	445.198	494.559	445.267	494.663

Fuente. Tabla 3 del Informe monitoreo 2. Rad. 4120-E1-21610 del 2 de julio de 2013

Establecimiento de 3 transectos permanentes adicionales de 50 m x 2 m (100 m<sup>2</sup>) complementarios para un total de 300 m<sup>2</sup> (0,03 ha). Se establecieron en la cobertura alta del proyecto entre los 3200-3550 m de altitud con el fin de observar posibles cambios en su estructura, composición y dinámica.

De manera general los parámetros proyectados a medir en las unidades de muestreo son los siguientes:

Composición florística	Riqueza
Estructura Florística	Estructura horizontal: - Formas de crecimiento - Abundancia relativa. - Frecuencia. - Área basal. - Dominancia relativa. - Índice de Valor de Importancia (IVI) - Índice de Valor de Importancia por Familia (IVIF)
	Estructura vertical: - Altura - Diámetro a la altura del pecho (DAP)
Diversidad	Diversidad alfa (a) Diversidad beta (b)
Tasas Demográficas	Mortalidad Reclutamiento Tasa de crecimiento poblacional

Resultados presentados en el informe de monitoreo No. 6 para el componente flora

El capítulo de flora del informe de monitoreo No. 6 presenta para cada una de las coberturas el análisis de riqueza, diversidad, estructura, distribución, crecimiento y dinámica de las coberturas.

Entre los aspectos mencionados en el documento se destacan los siguientes:

- En total para todas las unidades de vegetación monitoreadas (Parcelas Permanentes y Transectos), se registraron 65 especies y morfoespecies de plantas no vasculares (briofitos) distribuidas en 32 familias y 44 géneros, y 508

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

especies y morfoespecies de plantas vasculares (helechos, licófitos, y angiospermas) distribuidas en 107 familias y 278 géneros.

Tabla 17. Riqueza de plantas vasculares y no vasculares en el PLC.

Grupo	No. Familias	No. Géneros	No. Especies	% Especies
Briófitos	32	44	65	11,3
Helechos y licófitos	19	47	80	14,0
Angiospermas basales	5	9	24	4,2
Monocotiledóneas	8	48	110	19,2
Eudicotiledóneas	75	174	294	51,3
TOTAL	139	322	573	100

Fuente. Tabla 4.69 del Informe monitoreo No. 6. Rad. 4120-E1-13937 del 30 de abril de 2015

Para plantas no vasculares (briófitos), de acuerdo con los resultados presentados, el 63% de los briófitos corresponden a hepáticas, 34% son musgos y 3% son antocerotas.

Tabla 18. Número de familias, géneros y especies registradas en cada grupo de briófitos

Grupo	No. Familias	No. Géneros	No. Especies	% Especies
Hepáticas	18	24	41	63
Musgos	12	18	22	34
Antocerotas	2	2	2	3
Total Briófitos	32	44	65	100

Fuente. Tabla 4.70 del Informe monitoreo No. 6. Rad. 4120-E1-13937 del 30 de abril de 2015

Por su parte para plantas vasculares se registraron 508 especies y morfoespecies de plantas vasculares, de las cuales, 80 son plantas vasculares sin semilla (helechos y licófitos), y 428 son plantas con flores (24 Angiospermas basales, 110 Monocotiledóneas y 294 Eudicotiledóneas).

- De acuerdo como lo señala el estudio con respecto a muestreos anteriores, para helechos y licófitos se ha incrementado el número de especies a 80 con la adición de *Campyloneurum phyllitidis* y *Mycopteris semihirsuta* (Polypodiaceae); *Elaphoglossum erinaceum*, *E. vulcanicum* y *Polystichum muricatum* (Dryopteridaceae); *Pteridium caudatum* (Dennstaedtiaceae); y *Pteris longipetiolulata*, *P. muricata* y *P. podophylla* (Pteridaceae). Estas familias continúan siendo las que representan la mayor riqueza en este grupo de plantas.

Por su parte para angiospermas, el estudio indica que con este último monitoreo se logró adicionar 60 especies, 27 géneros y 3 familias a los datos de riqueza florística en el área del PLC. Con base en estos nuevos resultados, las familias de angiospermas basales con mayor riqueza son Lauraceae (4 géneros, 8 especies) y Piperaceae (2,10); en las Monocotiledóneas son Orchidaceae (29,74), Bromeliaceae (5,14) y Poaceae (6,6); y en las Eudicotiledóneas son Solanaceae (14,37), Asteraceae (20,24), Melastomataceae (6,22), Ericaceae (9,14), Rubiaceae (8,10), Gesneriaceae (6,10) y Campanulaceae (3,10).

- Para el caso de las estaciones de monitoreo en las coberturas de Pastos Arbolados (PA), Pastos Enmalezados (PE) y Pastos Limpios (PL), el estudio señala que a través de las nueve evaluaciones realizadas en estas coberturas de pastos, se han registrado un total 169 especies, distribuidas en 111 géneros y 62 familia.

Los resultados obtenidos por tipo de cobertura y monitoreo realizado es el que se presenta en la siguiente tabla:

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

Tabla 19. Composición en las coberturas de tierras agrícolas (PA-PE-PL)

Cobertura	No. Monitoreo	Familias	Géneros	Especies
Pastos Arbolados	1	31	55	63
	2	38	66	78
	3	42	69	83
	4	38	64	73
	5	38	56	66
	6	39	59	77
	7	39	60	76
	8	45	75	102
	9	42	64	90
Pastos Enmalezados	1	27	36	44
	2	29	38	45
	3	27	36	46
	4	26	34	43
	5	23	31	41
	6	20	29	37
	7	29	42	55
	8	37	56	77
	9	33	45	53
Pastos Limpios	1	25	39	47
	2	27	46	55
	3	25	43	52
	4	24	39	46
	5	24	43	51
	6	21	33	36
	7	25	40	47
	8	24	37	42
	9	27	44	54

Fuente. Tabla 4.71 del Informe monitoreo No. 6. Rad. 4120-E1-13937 del 30 de abril de 2015

De acuerdo con los resultados obtenidos en todos los monitores llevados a cabo (9), la especie *Pennisetum clandestinum* (Poaceae) continúa como la especie de mayor cobertura con el 30,8% de la comunidad vegetal, ello asociado a su tipo de crecimiento cespitoso y simpodial, con exuberante desarrollo, fuerte tolerancia al pisoteo y por la historia de uso de los sitios, que estuvieron en ganadería extensiva por muchos años y donde por esa causa, se eliminó el banco de semillas original. Seguido se encuentra *Holcus lanatus* (Poaceae) con 13,52 % y las demás especies ocupan el 50,31% del área en las tres coberturas

El estudio concluye que los resultados obtenidos frente a estas 3 coberturas, reflejan un cambio en la composición y diversidad de las coberturas, dando lugar a nuevas especies, ya que las condiciones físicas y biológicas en el sitio se han modificado, favoreciendo el establecimiento de otras especies, probablemente por las condiciones del ambiente. La combinación de arbustos y árboles que proveen sombra y aportan a la estabilidad del microhábitat, dan paso a la formación de sistemas más complejos, lo que probablemente se esté presentando en las tres coberturas, pues el proporcionar sombra trae consigo beneficios en las comunidades vegetales, ya que al brindar un apropiado microclima, permite el crecimiento y establecimiento de diferentes especies a lo largo del tiempo, incrementando el número de taxones por cobertura a lo largo de los censos.

- Para la cobertura de Bosque Denso Alto (BDA), en el cuarto monitoreo se registran 412 individuos pertenecientes a 67 especies, 39 géneros y 29 familias, encontrándose 4 especies más que el monitoreo inmediatamente anterior. Así mismo la diferencia con los tres monitoreos anteriores, es que las familias Melastomataceae y Cyatheaceae aumentaron el número de especies resultando en (13) y (6) respectivamente.

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

Los géneros más representativos durante las mediciones efectuadas continúan siendo *Weinmania* y *Cyathea* (6 especies), *Miconia* (5 especies) y *Hedyosmum* (5 especies), los demás géneros presentan de a 3 y 2 especies.

En cuanto a la curva de acumulación de especies el estudio señala para esta cobertura que durante el primer monitoreo en el mes de abril de 2013, se encontraron 64 especies, mientras que 67 en el cuarto monitoreo (octubre de 2014). Estas cifras representan un muestreo significativo en un 76%, con respecto a las especies esperadas, porcentaje relevante que se ha encontrado durante los cuatro monitoreos; sin embargo aunque la curva de acumulación no alcance la asíntota, se afirma que se podría encontrar mayor número de especies en esta cobertura.

- Para la cobertura de Bosque Denso Bajo (BDB), en el cuarto monitoreo se registran 297 individuos pertenecientes a 79 especies, 52 géneros y 36 familias, encontrándose 2 especies más que el monitoreo inmediatamente anterior. Así mismo la diferencia con los tres censos anteriores, es que las familias *Cyatheaceae* y *Asteraceae* aumentaron el número de especies, resultando en (6) y (5) respectivamente, por su parte, la familia *Rubiaceae* disminuyó el número de especies de 4 a 3.

Los géneros más representativos para los tres primeros monitoreos realizados fueron: *Miconia* (6 especies) *Weinmannia* y *Tournefortia* (5 especies para cada una), *Cyathea* (4 especies), *Verbesina* (3 especies) y *Brunellia*, *Cordia*, *Cinchona*, y *Ficus* (2 especies); para el cuarto censo realizado en Octubre del 2014, el género *Cinchona* redujo el número de especies quedando con (1) mientras que el género *Tibouchina* entró en esta lista con (2 especies).

En cuanto a la curva de acumulación de especies, el estudio señala que para el primer monitoreo en abril de 2013 se encontraron 76 especies, en comparación a las 79 registradas en el cuarto monitoreo (octubre de 2014). A pesar del incremento de tres especies, la curva aún no alcanza la asíntota, ya que solo alcanzó un 67% (primer censo) y 66% (cuarto monitoreo) de las especies esperadas, lo que significa según se afirma que aún se podría encontrar un 34 % más de especies en esta cobertura.

- En cuanto a la cobertura de Bosque Abierto Bajo (BAB), en el cuarto monitoreo se registran 357 individuos pertenecientes a 85 especies, 55 géneros y 37 familias. Para los tres primeros monitoreos, las familias se mantuvieron estables presentando igualdad en cuanto al número de especies; sin embargo, en el cuarto monitoreo las familias *Sabiaceae*, *Primulaceae* y *Mirtaceae* disminuyeron el número de especies de 4 a 3.

Los géneros más representativos durante las mediciones efectuadas continúan siendo *Miconia* liderando con 7 especies, *Meliosma* y *Cyathea* (4 especies), *Oreopanax*, *Myrcianthes*, *Mauria*, *Cordia*, *Brunellia* y *Hedyosmum* (3 especies); por otro lado, el género *Tibouchina* redujo el número de 4 especies en los tres primeros monitoreos a 3 especies en el cuarto monitoreo.

Señala el estudio que la variación observada en el aumento del número de individuos a lo largo de los cuatro monitoreos realizados, podría relacionarse con ciertas características biológicas de las especies en las que se evidencia dicho aumento, entre ellas el rápido crecimiento típico de las especies pioneras, permitiéndoles ganar el tamaño suficiente para ser incluidas durante la remediación, y/o en otros casos es posible que algunos individuos no se detectaran durante la primera medición.

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

Frente a la curva de acumulación de especies para esta cobertura, el estudio señala que aún no alcanza la asíntota, al registrarse 86 (primer monitoreo) y 88 (cuarto monitoreo) especies; es decir que el estimador de riqueza utilizado indica que aún se puede encontrar 64 especies más, lo cual equivale a un 42%, ya que el muestreo alcanzó solo el 58% de las especies esperadas para el último monitoreo, indicando que en el muestreo es posible encontrar taxones adicionales que permitirán evaluar la diversidad del lugar. Un factor que influye en la estabilidad de la curva, es la dinámica de la sucesión que presenta el bosque y que implica el establecimiento de nuevas especies que incrementan la diversidad.

- Señala el estudio que las coberturas evaluadas expresan una tendencia relativamente homogéneas de las comunidades vegetales, debido a que la importancia ecológica está concentrada en pocas especies. Así para BDA las tres especies predominantes acumulan cerca del 30% (*Drimys granadensis*, *Axinaea macrophylla* y *Brunellia goudotii*), para BDB un aproximado del 22% (*Tibouchina paleacea*, *Cyathea delgadii* y *Tibouchina mollis*) y en BAB el 20%. (*Tibouchina paleacea*, *Weinmannia pubescens* y *Miconia* sp.5).
- Para la parcela de monitoreo en la cobertura de Bosque Abierto Alto (BAA), se registraron 52 especies pertenecientes a 30 géneros y 21 familias, presentando una leve diferencias con respecto al primer monitoreo en el cual se registraron 51 especies, 30 géneros y 21 familias botánicas.

Las familias con mayor número de especies fueron Melastomataceae (10), Cunoniaceae (6), Solanaceae (5), y Cyatheaceae, Lauraceae y Primulaceae (3), presentándose un incremento en la riqueza de la familia Melastomataceae con (4).

Los géneros con más especies continúan siendo *Weinmannia* con (6), *Miconia* (4) y *Cyathea*, *Myrsine* y *Solanum* con (3) cada uno, mientras que 8 géneros siguen presentando (2) especies y 17 tan solo (1) especie.

Por su parte, en los transectos complementarios, se registraron en su cuarto monitoreo 30 especies pertenecientes a 19 géneros y 16 familias, presentándose una variación con respecto al monitoreo anterior, el cual presentó 28 especies, 18 géneros y 15 familias. Las familias con mayor número de especies siguen siendo: Cunoniaceae con (5), seguida de Melastomataceae con (4) y Cyatheaceae con (3), las demás familias presentan entre (1) y (2) especies respectivamente

- Para las estaciones de monitoreo en la cobertura de Vegetación Secundaria Alta (VSA), se registraron en el cuarto monitoreo un total de 61 especies agrupadas en 47 géneros y 30 familias, manteniendo estos datos desde el monitoreo anterior. La familia más abundante es Melastomataceae con 52 individuos, seguida de Solanaceae con 34, representando entre ambas el 40.6% del total de los individuos registrados. Melastomataceae, Solanaceae y Cyatheaceae son las familias con mayor número de especies con 8, 7 y 4 respectivamente. Los géneros con mayor número de especies son *Cyathea* y *Miconia* con 4 cada uno. Otros géneros como *Brunellia*, *Geisanthus*, *Tournefortia*, entre otros, están representados por dos especies cada uno. Para los monitoreo tres y cuatro no se presentan cambios en cuanto a los géneros con mayor número de especies.

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

En cuanto a la curva de acumulación de especies, el estudio señala que para esta cobertura las curvas aún no han alcanzado una asíntota definida respecto a las especies esperadas (88 especies). Se indica que esto puede estar relacionado a que son vegetaciones en estadios sucesionales tempranos, mostrando de este modo una curva poco definida para las presentes sucesiones vegetales.

- Para las estaciones de monitoreo en la cobertura de Vegetación Secundaria Baja (VSB), se registraron en el cuarto monitoreo un total de 203 individuos, pertenecientes a 22 especies, distribuidas en 14 géneros y 12 familias. Indica el estudio que se observó un incremento significativo en el número de individuos con respecto a los monitoreos anteriores, donde en el tercero se habían registrado 124 individuos, 22 especies, 10 géneros y 12 familias, incrementando para el cuarto censo 79 individuos. Las familia más abundante fueron Melastomataceae con 6 individuos, seguida de Asteraceae y Cunoniaceae con tres respectivamente, representando un 40.9% del total de los individuos registrados. Los géneros con mayor número de especies son *Weinmannia*, *Tibouchina* y *Miconia* cada una con tres especies respectivamente.

El incremento en el número de individuos el estudio señala que es debido a que las vegetaciones han aumentado en el tamaño fustal durante el último semestre, con un DAP  $\geq 5$  cm, lo cual para los monitoreos anteriores no se había registrado un incremento similar. Este tipo de crecimiento es común en comunidades o estados iniciales de sucesión o fases tempranas de desarrollo, donde se observa una dominancia de especies de corta vida, un alto número de individuos de porte mediano, que son reconocidas como especies pioneras, las cuales mejoran las condiciones microclimáticas y edáficas para el establecimiento de otras especies más longevas. Se concluye mencionando que las sucesiones tempranas se caracterizan por el rápido crecimiento de especies pioneras, donde puede explicar el incremento significativo del número de especies para el cuarto monitoreo.

En cuanto a la curva de acumulación de especies, el estudio señala que para esta cobertura las curvas aún no han alcanzado una asíntota definida respecto a las especies esperadas (52 especies). Se indica que esto puede estar relacionado a que son vegetaciones en estadios sucesionales tempranos, mostrando de este modo una curva poco definida para las presentes sucesiones vegetales.

- Para las estaciones de monitoreo en la cobertura de Tierras Desnudas (TD), se registraron en este último monitoreo 44 especies, pertenecientes a 21 familias y 56 géneros, presentándose un aumento con respecto al primer monitoreo, el cual presentó 28 especies, 18 familias y 48 géneros. Para este último monitoreo, las familias con mayor número de especies fueron Asteraceae con 10, seguida con Melastomataceae 7 y Ericaceae 4 especies respectivamente. Las demás familias presentan entre 2 y 1 especie.

De acuerdo con los resultados obtenidos del monitoreo en esta cobertura, el estudio indica que es evidente la dinámica registrada en el incremento del porcentaje de cobertura expresado durante todos los monitoreos. Se observa un notable incremento de cobertura vegetal y por el contrario disminución considerable de la tierra desnuda. *Holcus lanatus*, *Lophosoria quadripinnata* y *Freziera reticulata* registran los mayores valores en el aumento de cobertura.

- El informe de monitoreo presenta unos resultados para la cobertura denominada "Arbustal abierto mesófilo", donde señala que en su tercer

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

monitoreo, se registraron 438 individuos pertenecientes a 38 especies, 32 géneros y 21 familias, presentándose una variación con respecto al primer monitoreo, el cual presentó 391 individuos, 44 especies, 37 géneros y 21 familias. Continua indicando que para este último monitoreo, las familias con el mayor número de especies fueron Ericaceae y Orchidaceae con cuatro, seguida por Melastomataceae, Rosaceae y Primulaceae con tres, las demás familias en la gráfica están representadas por dos especies respectivamente.

- En cuanto a las especies de flora endémica o con algún grado de amenaza y/o vulnerabilidad registradas en la zona de estudio del PLC, el estudio afirma los siguientes aspectos de acuerdo con los resultados del informe de monitoreo No. 6:
  - Un total de 31 especies han sido registradas en alguna categoría de riesgo de la UICN, vedadas o endémicas.
  - Las especies *Cyathea caracasana*, *Cyathea multiflora*, *Cyathea delgadii*, *Cyathea patens*, *Sphaeropteris quindiuensis* y *Dicksonia sellowiana* pertenecen a especies de helechos vedados y declarados como plantas protegidas.
  - Las especies *Juglans neotropica*, *Salvia rufula* y *Ceroxylon quindiuense* se encuentran catalogadas como en peligro (EN).
  - Las especies de la familia Bromeliaceae y Passifloraceae completan 17 con preocupación menor (LC), y las especies *Geonoma undata*, *Mutisia grandiflora*, *Delostoma intigrifolium* y *Greigia vulcanica* poseen datos insuficientes (NT).
  - La especie *Ceroxylon quindiuense* posee grado de amenaza y se encuentra en veda regional según CORTOLIMA (2011) y la Resolución del Ministerio de Ambiente sobre especies silvestres amenazadas (2014).
  - Solo dos especies endémicas se registran para la región (*Passiflora quindiuensis* y *Solanum dalibardiforme*), es de anotar la importancia de estos registros como un llamado de alerta para la preservación de los andes de Colombia, el riesgo que corren las especies presentes en este lugar es evidente en futuras fases de explotación y es necesario implementar medidas de preservación inmediatas, tal y como ya lo sugirieron García *et al.* (2005), Betancur & García (2006), Rivera Díaz & Fernández-Alonso (2003), todos estos autores recomiendan la importancia de llevar a cabo estudios de poblaciones para especies en riesgo, ampliar las zonas de estudio y distribución, y seleccionar áreas para la protección de las mismas, esto es especialmente importante para los taxones registrados en poca abundancia.
- De acuerdo con lo presentado en el estudio, el usuario manifiesta como una de las conclusiones en cuanto a las coberturas vegetales y usos del suelo, que dentro del área existen diferentes formaciones vegetales cuyo crecimiento y variación está directamente relacionada con las comunidades vegetales. Las zonas de vida asociadas al proyecto hacen parte del Bosque Andino, cuyas coberturas vegetales se encuentran a partir de los 1000 hasta los 3600 metros de altitud. En el área se encuentra: Bosque Andino en alturas entre 2400 y 3400 m, y Bosque Altoandino con alturas de 3400 a 3600 m.

Las unidades de cobertura presentes en el área de estudio y que conforma en la actualidad el uso del suelo, han venido presentando pequeñas variaciones a

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

nivel de formación, cobertura y dinámicas de regenerativa natural. Las coberturas han sufrido cambios no solo en su porcentaje sino en la conformación de sus especies, lo que ha llevado a que coberturas como pastos enmalezados pasen a ser sucesiones y algunas sucesiones a bosques, comportamiento normal en la dinámica de la vegetación.

Las tierras agrícolas han pasado a ocupar el 12% de los suelos, las áreas con vegetación arbustiva conformadas por sucesiones secundarias altas y bajas el 17%, las tierras desprovistas de cobertura se han reducido al 6%, los bosques de la zona más alta donde el suelo se cubre de raíces aéreas el 5%, los demás tipos de bosques representan el mayor porcentaje en la ocupación del suelo del polígono de exploración con el 69%, es probable que este aumento esté relacionado con el paso de sucesiones avanzadas a pequeñas formaciones boscosas. La parte de la infraestructura presente para el desarrollo del proyecto ha tenido pequeños cambios que se relacionan con la construcción de plataformas nuevas y pequeñas locaciones para el desarrollo de actividades relacionadas, esta solo ocupa el 1.5% en la ocupación actual de los suelos.

#### Componente fauna

##### Lepidópteros

A continuación se presentan algunos de los principales resultados que son presentados en el informe en lo referente al grupo de los lepidópteros

- Durante los 33 muestreos realizados hasta febrero de 2015, se han registrado 228 especies de mariposas distribuidas en 86 géneros, 21 subfamilias y seis familias. Las especies encontradas representan el 64,5% del total de las reportadas para la Cordillera Central.
- El documento presentado afirma que la zona de monitoreo corresponde a un ecosistema con oferta de recursos amplios y óptimos para albergar gran diversidad de especies de mariposas, pues existen diferentes tipos de hábitat (bosque nativo y vegetaciones en diferentes procesos de regeneración) que abarcan la amplitud del nicho correspondiente a cada especie, con oferta de plantas para nutrición, hospederas, sitios de copula, hibernación, entre otros.
- La cobertura que alberga una mayor diversidad de mariposas es vegetación secundaria con un 89% de las especies encontradas, seguida por bosque, potrero arbolado y finalmente pastos limpios, que es la menos diversa en términos de diversidad de mariposas.
- El estudio establece que no existe relación de la precipitación con la abundancia ni con la riqueza de mariposas para el área de estudio.
- Se reportan especies que habitan específicamente en el bosque y que son indicadoras de una buena calidad de conservación, tales como *Patricia deryllidas*, *Adelpha corcyra* y *Penaincisalia atymna*; según el estudio aunque estas mariposas pueden en ocasiones encontrar recursos en la vegetación secundaria y viceversa, al ser especies con algún grado de especialización de hábitat, no encontrarán los recursos suficientes en ninguna de las otras coberturas que están desprovistas de una buena estructura vegetal.

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

- Señala el estudio que para la cobertura de bosque, se sustenta el hallazgo de mariposas que son altamente especialistas de esta cobertura (Para el caso del monitoreo *Pseudomaniola loxo loxo*, *Archaeoprepona chromus* y *Fountainea nessus*), las cuales se catalogan como especies que definitivamente no encontrarán los recursos necesarios para establecerse en vegetación secundaria; y que es por este tipo de características que la conservación de las coberturas vegetales en la zona de estudio se consolida como factor indispensable para la conservación de estas comunidades de mariposas.
- Señala el estudio que aunque es necesario avanzar en los muestreos y análisis del monitoreo, es posible afirmar que variaciones en las coberturas vegetales y perturbaciones en bosques de ribera y recurso hídrico pueden tener repercusiones negativas algunas especies, ya que sus requerimientos de hábitat son específicos y no tienen una capacidad alta para resistir a perturbaciones graves del medio.
- Menciona el estudio que no se reporta hasta el momento la presencia de especies amenazadas de acuerdo con los listados de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), Convención sobre el comercio Internacional de Especies Amenazadas de fauna y flora silvestre (CITES), Ministerio de Ambiente y desarrollo Sostenible (MADS) y por el Libro Rojo de Invertebrados de Colombia.
- El documento reporta la presencia de 37 especies endémicas en la zona de influencia de la actividad minera. Dentro de los casos de mayor relevancia se encuentra la especie *Lymanopoda pieridina pieridina*, cuya distribución se restringe a los departamentos del Tolima, Quindío y Caldas y que dentro del proyecto fue colectada en los sectores P-10 "-75,48557N - 4,46706O" y El Mirador "-75,49049N - 4,46821O" y observada en el sector Cuchilla Nacional "- 7450835N - 4, 46063O", todo esto en un rango altitudinal que va desde los 2480 hasta los 3000 m., donde se le puede observar perchada sobre o cerca de plantas del genero Chusquea.

#### Coleópteros

A continuación se presentan algunos de los principales resultados que son presentados en el informe, referentes al grupo de los coleópteros.

- El estudio señala que durante los 32 muestreos (julio 2012 – febrero 2015) se registraron 17048 individuos; que después de revisiones de colecciones y seguimiento de claves taxonómicas señalan 29 familias y 187 morfoespecies.
- Señala el documento que la diversidad de coleópteros es relativamente alta en el polígono de muestreo en el proyecto La Colosa, sin embargo, al no tener variables ambientales indican que no pueden atribuir un efecto directo de la exploración sobre las variaciones en la diversidad a lo largo de los muestreos.
- Indica el estudio que como no se cuenta con los datos de variables ambientales, es difícil explicar los patrones que se observan a lo largo de 32 muestreos.
- Según el documento las actividades de exploración han tenido un efecto relativamente positivo sobre los coleópteros, donde las especies que en los

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

- primeros meses de monitoreo se catalogaban como raras pudieron incrementar sus abundancias, esto posiblemente a la restricción de impactos directos como la agricultura y la ganadería, lo que facilita una mayor recuperación de algunas zonas.
- Menciona el documento que dado que la historia del uso del suelo de La Colosa, es agrícola y ganadera, no se ha podido detectar un efecto directo del proceso de exploración del Proyecto Minero de la Colosa, sobre la comunidad de coleópteros en la actualidad. No obstante, los resultados sugieren que la falta de vegetación y pérdida de suelos productivos, pueden tener un efecto negativo sobre la población de coleópteros en este paisaje, debido a que no encuentran las condiciones adecuadas para desarrollarse en este hábitat.
  - En el PLC se han registrado siete individuos de la especie *Sphaenognathus signatus*, encontrados en la vegetación circundante de la quebrada La Colosa donde hasta el momento las actividades de exploración son pocas y no existen muchas infraestructuras lumínicas que atraigan esta especie. La presencia de una población de esta especie es de vital importancia y mucho más cuando esta especie de Lucanidae colombiano tiene poblaciones frágiles, susceptibles de extinción local por la pérdida de su hábitat.
  - Como un efecto de la actividad exploratoria el documento señala que por las zonas de bosque que llevan hacia el sector denominado la "N" desde campamento base ya sea por el filo o por detrás del campamento mirador, se observan grandes extensiones continuas de "tela bogotana" (300 metros aproximadamente), la cual es utilizada por ANGLO GOLD ASHANTI COLOMBIA S.A., para la delimitación de caminos, y señala que esta tela representa una barrera física que genera una fragmentación de la continuidad del bosque, ya que en muchas de las zonas esta fija desde el suelo hasta una altura aproximada de 2 metros a lado y lado del camino. La presencia de ésta, impide el paso de diferentes grupos animales de una zona a otra; además, varios insectos usan esta tela como percha exponiéndose a depredadores e impidiendo el desarrollo natural de sus funciones ecológicas.
  - Igualmente el documento indica que la presencia de grandes fuentes de luz, con potentes bombillas están generando un efecto de súper-atracción de artrópodos a las zonas con edificaciones dentro del proyecto (Campamento base, campamento Mirador, etc.).
  - Afirma el documento que las diferencias o no entre tipos de cobertura van más allá de los análisis estadísticos y pueden relacionarse más con la ecología del grupo y los servicios que cumplen en el ecosistema (e.g. dispersión secundaria de semillas, remoción de materia orgánica), los cuales no se pueden evaluar con la metodología que está aprobada por el IDEAM.
  - Adicionalmente se indica que la composición del ensamble de escarabajos coprófagos entre coberturas de muestreo evidencia que la menor similitud en términos de composición de especies fue entre localidades (40%) y que no se presenta una agrupación consistente entre coberturas de muestreo las cuales se mezclan en el análisis, por lo que este resultado puede estar indicando que lo que se encuentra en el PLC es un ensamble homogéneo de Scarabaeinae que se distribuye de forma uniforme entre las coberturas presentes en cada localidad y que la diferenciación entre coberturas no se da y más bien existe una agrupación por localidades de muestreo.

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

- Señala el documento que la relativa baja abundancia de Scarabaeinae observada en el Mirador, posiblemente este asociada al incremento en la actividad de exploración y activación de las plataformas, donde las vibraciones del suelo aumentan y pueden estar ahuyentando algunos mamíferos y por ende la disposición del recurso, y agrega que la presencia de barreras físicas como la tela bogotana, posiblemente este aislando poblaciones de coprófagos y los esté restringiendo a zonas específicas de la montaña, lo cual según el documento es fragmentación de hábitat.
- Según el estudio las variaciones en las abundancias y riquezas de coleópteros en el área de exploración del PLC, están relacionadas con la altitud a la cual se encuentran los sitios de muestreo, y con la estacionalidad que está restringida principalmente al periodo de lluvias independientemente del tipo de unidad del paisaje.

#### Aves

- Se han registrado al momento 181 especies de aves agrupadas en 17 órdenes y 36 familias. Las aves registradas en el PLC corresponden al 47% de la avifauna registrada para el departamento del Tolima entre los 2100 y los 3600 msnm. El 4,97% de las aves encontradas dentro del proyecto de exploración minera La Colosa son especies con algún grado de amenaza a la extinción, estas son: *Atlapetes flaviceps* (VU), *Saltator cinctus* (VU), *Leptosittaca branickii* (VU), *Andigena hypoglauca* (VU), *Leptotila conoveri* (VU), *Anthocephala floriceps* (VU), *Grallaria rufocinerea* (VU), *Grallaria milleri* (EN) y *Ognorhynchus icterotis* (EN).
- En términos generales se encontró una alta diversidad de gremios alimenticios en el PLC, los gremios con mayor número de especies son Insectívoro, Frúgivo – Insectívoro y Nectarívoro y los menos representados son Granívoro y Nectarívoro – Insectívoro. Esta alta diversidad de gremios expresa un ecosistema con abundantes fuentes de alimento y refugio para las aves, tanto para especies generalistas como *Turdus fusca*, *Tangara vassorii*, entre otros, como para algunas especialistas de hábitat como aquellas del género *Grallaria* y *Ognorhynchus*, cuyos requerimientos alimentarios y de hábitat son muy altos.
- Se observa que la vegetación secundaria y los bosques son las coberturas con mayor número de especies por gremio alimenticio en el PLC, lo cual apoya el hecho, de que son estas coberturas las que aportan mayor cantidad de recursos para las aves en el sitio, y por esto cobran un valor importante en términos de conservación y cuidado.
- Las aves nectarívoras como los mieleros del género *Diglossa* y los colibríes de los géneros *Heliangelus* spp., *Colibri* spp. y *Coeligena* spp., se han encontrado utilizando un mayor número de especies de plantas principalmente para su alimentación tales como *Fuchsia caucana* y *Lochroma gesnerioides* que se encuentran fácilmente en las coberturas vegetales de pastos y vegetación secundaria, y que proveen grandes cantidades de flores para estas aves. Así mismo se han observado algunas otras especies de aves frugívoras como *Anisognathus lacrymosus*, *Pipreola riefferi*, *Tangara vassorii*, *Buthraupis montana*, entre otras, alimentándose de especies de plantas del género *Miconia* spp, *Monnina* spp y *Rubus* spp, las cuales se encuentran asociadas a las coberturas vegetales con mayor intervención humana. Se han observado también, en menor medida, algunas plantas

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

como *Ceroxylon* sp y *Lochroma gesnerioides*, las cuales ofrecen sitios de refugio y percha para algunas aves rapaces de zonas abiertas como *Caracara cheriway* y *Falco sparverius*.

- Los nidos hallados en el PLC hasta el momento, se presentan en distintas coberturas y sitios de anidamiento. En estos nidos, hallados en diferentes coberturas (P1, B1, VS1, B2, VS2) fue posible observar actividad de cuidado parental de los padres y la presencia de huevos y polluelos.
- Señala el estudio que para poder determinar con exactitud que especies de aves y plantas ofrecen mayores o más diversos recursos al ensamble de especies con el cual interactúan, se requiere utilizar metodologías más especializadas como búsqueda y seguimiento de nidos, evaluación de la fenología y oferta alimenticia de las plantas, evaluación de la cobertura del dosel y la densidad del sotobosque en cada una de las coberturas vegetales y evaluación del transporte efectivo de polen y semillas, entre otras.
- No se encontró relación significativa entre la precipitación promedio mensual y las variables de riqueza – abundancia de especies.
- Respecto a las aves migratorias registradas en la zona de influencia del PLC, es importante resaltar, que a pesar de que se ha registrado una riqueza de especies aparentemente baja (6 especies) las cuales son el Atrapamoscas verdoso (*Empidonax virescens*), la Reinita gorginaranja (*Setophaga fusca*), el Abejero (*Piranga rubra*), la Golondrina común (*Hirundo rustica*), la Cebrita (*Mniotilta varia*) y la Reinita canadiense (*Wilsonia canadensis*), define un patrón predecible en altitudes elevadas ya que en su mayoría las especies de aves migratorias que visitan nuestro país, se mantienen en cotas de menor elevación.

El carácter funcional de cada una de las anteriores especies es de vital importancia para la dinámica ecosistémica de los bosques evaluados, por un lado la Golondrina común (*Hirundo rustica*) cumple un papel fundamental en el control de poblaciones de insectos al igual que otras golondrinas residentes, el Abejero (*Piranga rubra*) dados su hábitos frugívoros, representa un gran agente dispersor de semillas e impulsor importante de la sucesión ecológica de los bosques donde habita, las Reinitas gorginaranja (*Setophaga fusca*), Cebrita (*Mniotilta varia*) y canadiense (*Wilsonia canadensis*) incorporan un elemento importante en la conformación de bandadas mixtas de forrajeo, sirviendo como atrayente de insectos para su consumo y facilitando dicho recurso a otras especies que conforman tales bandadas.

Es así como la vegetación de la zona de influencia del PLC representa un área de refugio importante para estas cinco especies de aves migratorias, los cuales proveen de recursos vitales para su subsistencia y desarrollo en las temporadas de invernada, en especial las coberturas boscosas y arbustivas donde se registraron la mayoría de estas especies a excepción de *Hirundo rustica* que solo se observó en pastos. La disminución de las coberturas vegetales por efectos de exploración y/o explotación minera futura podrían traer efectos nocivos sobre estas especies las cuales son de importancia internacional y de interés de conservación compartido entre naciones.

- En el PLC, se encontraron 46 especies con susceptibilidad alta, 78 con susceptibilidad media y 60 con susceptibilidad baja. En cuanto a la prioridad

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

de conservación se presentan 6 especies con prioridad alta (*Atlapetes flaviceps*, *Leptotila conoveri*, *Grallaria milleri*, *Grallaria rufocinerea*, *Ognorhynchus icterotis* y *Leptosittaca branickii*), 6 especies con prioridad media (*Anthocephala floriceps*, *Eriocnemis derbyi*, *Andigena nigrirostris*, *Tangara labradorides*, *Opisthoprora euryptera* y *Grallaria rufocinerea*). Por otro lado se identifican 3 especies con prioridad de investigación alta (*Atlapetes flaviceps*, *Leptotila conoveri* y *Leptosittaca branickii*), 17 especies con prioridad de investigación media (por ejemplo: *Anthocephala floriceps*, *Saltator cinctus*, *Sericossypha albocristata*).

- Se encontraron 27 especies en el Apéndice II de CITES.
- Los muestreos en el PLC han permitido verificar la presencia de especies importantes en toda la zona, debido a que en bosque y vegetación secundaria se reconocen especies de interés por su grado de amenaza de extinción, endemismo, nivel superior en las cadenas tróficas o enriquecimiento de inventario, lo cual supone que estas franjas de bosques alto andinos brindan condiciones ambientales adecuadas para las especies que los habitan.
- Se han registrado nueve (9) especies con algún grado de amenaza y/o que presentan endemismo: Gorrión montés de anteojos (*Atlapetes flaviceps*), Saltador chusquero (*Saltator cinctus*), Perico paramuno (*Leptosittaca branickii*), Terlaque andino (*Andigena hypoglauca*), Tórtola tolimense (*Leptotila conoveri*), Colibrí cabecicastaño (*Anthocephala floriceps*), Tororoi rufoceno (*Grallaria rufocinerea*), Tororoi de Miller (*Grallaria milleri*) y el Loro orejamarillo (*Ognorhynchus icterotis*). Estas especies se encuentran con algún grado de amenaza a nivel nacional y/o internacional debido principalmente a la destrucción del hábitat.

Según el estudio un análisis ACP con una variabilidad del 97% para los dos componentes utilizados, permitió evidenciar la tendencia de las especies amenazadas exclusivamente a las coberturas boscosas especialmente lo que indica y corrobora lo hallado en los demás análisis donde las coberturas boscosas abarcan una mayor cantidad de especies por sus características estructurales y de composición, y condiciones ambientales que favorecen la presencia de estas especies en estos sitios, especies que presentan alta susceptibilidad a la perturbación y muy frágiles a los cambios en sus hábitats.

#### Anfibios

- A lo largo de los 32 meses de muestreo se han registrado un total de 549 individuos del orden Anura, distribuidos en 19 especies, seis géneros y cinco familias en las diferentes coberturas evaluadas en la zona de influencia del Proyecto de Exploración Minera – La Colosa. Las especies registradas representan el 40.91% de los anfibios reportados para el departamento del Tolima y el 47.37% de especies esperadas para el rango altitudinal en el que se encuentra ubicado el proyecto de exploración minero La Colosa.
- La composición de anfibios en el PLC, exhibe especies (*G. nicefori*, *N. garciae*, *N. adenobranchia*, *Pristimantis dorsopictus*, *Pristimantis* sp 2, *Pristimantis* sp 3, *Pristimantis* sp 4, *Pristimantis* sp 5, *P. piceus* y *P. simoteriscus*) con registros únicos (una o dos veces) a lo largo de los muestreos acumulativos, siendo estas especies caracterizadas por presentar requerimientos ecosistémicos específicos (Ver Sección Análisis por

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

Cobertura), tales como cobertura vegetal y microhábitats con condiciones particulares debido a sus altos requerimientos ecológicos.

- En las especies de Pristimantidos del PLC el uso de microhábitats específicos es uno de los mecanismos de distribución vertical del ambiente físico, permitiendo una explotación óptima de los recursos disponibles, desarrollando nichos muy próximos que atenúan los grados de competencia.
- Los resultados evidencian que las abundancias de los anfibios se están relacionando con la estructura vegetal de los elementos de paisaje estudiados, siendo las coberturas con estructuras vegetales complejas las que presentan mayores abundancias. Así mismo, se observó una relación significativa entre la estructura vegetal y las abundancias de anfibios, corroborando que tanto la riqueza vegetal como el porcentaje de cobertura vegetal son de importancia para la conservación de las poblaciones naturales de anfibios en el PLC.
- En las coberturas de pasto (PE y PL) hay una menor riqueza en respuesta a una menor disponibilidad de microhábitats que satisfagan los requerimientos ecológicos de las especies como temperatura y humedad relativa. Adicionalmente, en los pastos se presentan especies denominadas como generalistas.
- Se reporta la presencia exclusiva de algunas especies en las coberturas boscosas (*Gastrotheca nicefori*, *Niceforonia adenobrachia* y *Osornophryne percrassa*), las cuales pueden ser categorizadas como raras, cuentan con poca información en el país y son de gran importancia en términos de conservación dado que las dos últimas especies son endémicas para Colombia y están catalogadas por la UICN como en Peligro Crítico y en Peligro respectivamente.
- La diferencia en la dominancia entre las coberturas boscosas y las áreas abiertas de pastizales (en las que se presenta una significativa dominancia de especies generalistas y con tolerancia a ambientes intervenidos) evidencia que a medida que se desciende a lo largo del gradiente altitudinal hacia las coberturas abiertas o pastizales, se reduce la diversidad biológica producto de la disminución de recursos vegetales y variación de condiciones microclimáticas. De esta manera la pérdida de las coberturas boscosas repercutiría a lo largo del tiempo en la pérdida o modificación de la riqueza biológica de especies de anfibios del complejo, viéndose reflejado a través de los cambios acumulativos de las especies, especialmente en la reducción de la riqueza de los pristimantidos característicos de alta montaña (como *Pristimantis uranobates*) que se comparten en las coberturas boscosas, las cuales se reemplazarían con taxones generalistas (como *Pristimantis w-nigrum*) quienes serían las únicas que explotarían los microhábitats crípticos como el colchón de pasto o las cavernas producto del pisoteo de semovientes presentes en los Pastos Limpios.
- Entre las coberturas vegetales se presentan especies exclusivas y compartidas, siendo bosque denso alto (BDA) la cobertura que alberga la mayor cantidad de especies propias y decreciendo el número de especies compartidas a medida que se desciende altitudinalmente a las coberturas abiertas del proyecto (BDA: 2916-3327, Bosque denso bajo (BDB): 2271-2832, Pastos enmalezados (PE): 2678-2890, Pastos limpios (PL): 2622-2819 m.s.n.m), viéndose el efecto del gradiente a lo largo de las 2 unidades de paisaje del PLC.

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

- Para la especie *Osornophryne percrassa* se ha reportado una extensión de presencia menor a 100 km<sup>2</sup> en localidades únicas, siendo su declive principalmente por la pérdida y reducción de la calidad del hábitat, por lo que la presencia de esta especie puede ser tomada como indicación de un óptimo estado de conservación de la cobertura BDA (La N, Mirador y P-10) donde fue registrada.

Para la especie *Nymphargus garciae* se ha reportado una extensión de presencia menor a 100 km<sup>2</sup> en localidades únicas, siendo su declive principalmente por la pérdida y reducción de la calidad del hábitat, por lo que la presencia de esta especie puede ser tomada como indicación de un óptimo estado de conservación de la cobertura BDA (P-10) y BDB (Quebrada La Colosa) donde fue registrada.

Teniendo en cuenta la distribución restringida de estas especies a las áreas boscosas del PLC (P-10, Mirador, La N, Quebrada Colosa Alta), se puede resaltar que las coberturas BDA y BDB se encuentran en estado de conservación, albergando poblaciones de baja movilidad y alta sensibilidad al deterioro de ambiental. Por lo tanto una intervención antrópica en estos elementos del paisaje que genere una alta pérdida de cobertura vegetal tendría efectos directos sobre estas especies, que dadas sus características biológicas, ecológicas y abundancia relativamente bajas, a largo plazo podrían resultar en la extinción local de sus poblaciones.

- En las diferentes coberturas se han registrado especies exclusivas con uno o dos individuos, las cuales evidencian una población baja restringida a ciertas zonas del PLC, siendo estas, *Gastrotheca nicefori* registrada en la cobertura BDB, en el sector de la quebrada La Arenosa, a una altitud de 2715 m.s.n.m.; *Niceforonia adenobrachia*, registrada en la cobertura BDA, en el sector de El Mirador a una altitud de 2971 m.s.n.m.; *Nymphargus garciae*, registrada en las coberturas BDA en el sector de P-10 a una altitud de 2997 y en la cobertura BDB en el sector de la quebrada La Colosa a una altitud de 2715 m.s.n.m, y por ultimo *Pristimantis simoteriscus*, registrada en la cobertura BDB, en el sector de la quebrada La Clarena a una altitud de 2715 m.s.n.m.
- Se encuentran en el área de estudio diez especies de anuros endémicos para Colombia, *Niceforonia adenobrachia*, *Nymphargus garciae*, *Osornophryne percrassa*, *Pristimantis boulengeri*, *Pristimantis dorsopictus*, *Pristimantis permixtus*, *Pristimantis piceus*, *Pristimantis racemus*, *Pristimantis simoteriscus* y *Pristimantis uranobates*, que representan el 55.56% de los anfibios presentes en el complejo faunístico del PLC.
- Adicionalmente, se encontraron seis especies de anfibios con algún grado de amenaza (*Hyloscirtus larinopygion*, *Niceforonia adenobrachia*, *Nymphargus garciae*, *Osornophryne percrassa*, *Pristimantis dorsopictus* y *Pristimantis simoteriscus*) de acuerdo al criterio de la IUCN, lo cual corresponde al 33.33% de los anfibios registrados en el PLC.

Entre las especies, una se encuentra categorizada como en Peligro Critico (CR), tres en Peligro (EN), una en Vulnerable (VU) y una con categoría Casi Amenazada (NT). El criterio de categorización de las especies corresponde a B1ab(iii) lo cual implica que son especies que se encuentran distribuidas en extensiones pequeñas (100 – 5000 km<sup>2</sup>) y fragmentadas, con distribución restringida a zonas o localidades únicas cuya presencia y ocupación restringida a las áreas boscosas (Mirador, La N, Quebrada La Colosa Alta y

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

P-10) denota un estado de conservación del hábitat de las coberturas BDA y BDB e importancia para la manutención de las poblaciones de anfibios endémicos y amenazados dentro del PLC.

#### Reptiles

- Se ha logrado registrar a lo largo de los 32 muestreos realizados hasta la fecha un total de 108 individuos correspondientes a 10 especies, ocho géneros y cinco familias.
- Al analizar la composición de reptiles respecto a las temporadas históricas de altas y bajas lluvias, no se evidenció una relación entre dichas variables, indicando que para las poblaciones de reptiles el régimen de precipitación anual presentada en el PLC no necesariamente afecta la abundancia específica de estos, siendo las variables vegetales las que actúan como factores de influencia, ya que se ha reportado que cuando hay superposición entre especies, la partición del recurso ha sido atribuida a alternancia de nichos, tiempos de actividad, temperatura y disponibilidad de presas.
- Se presenta un considerable número de especies exclusivas, siendo BDB y PE las cobertura donde se encuentra un número mayor de especies únicas (BDB: *Mastigodryas danieli*, *Anolis* sp., *Micrurus mipartitus*, *Cercosaura vertebralis* PE: *Anolis eulaemus*, *Dipsas pratti*, *Erythrolamprus epinephelus*, *Riama striata*).
- Se observa que las coberturas con baja cobertura vegetal estuvieron dominadas por las serpientes (CMN: 81.82%, PE: 50% y PL: 100%), contrario a la cobertura boscosa en donde se presenta una fuerte dominancia de saurios (BDB: 76.32%).
- Se ha evidenciado que la cobertura BDB es una zona específica utilizada por las especies de lagartos (*C. vertebralis* y *A. heterodermus*) como sitio de anidación y reproducción. Estas especies utilizan las cavernas/cuevas formadas por rocas o barrancos para depositar sus posturas (2 huevos por postura), denotando con ello la importancia de mantener estos microhábitats específicos para no intervenir en sus ciclos reproductivos.
- La ecología trófica en reptiles varía considerablemente referenciándose para la fauna reptiliana presas alimenticias comúnmente asociadas a invertebrados y pequeños vertebrados, sugiriendo que la dieta está relacionada a los hábitos de la especie y a la disponibilidad de presas.
- No se reportan especies de reptiles categorizadas en ningún listado de amenaza.
- Se reporta una especie endémica para Colombia (*Riama striata*) que representa el 14.28% de los reptiles en el complejo faunístico del PLC.
- Para el PLC no se han registrado especies que debido a sus requerimientos ecológicos hayan sido catalogadas como indicadoras de calidad ambiental.

#### Mamíferos

- Se han obtenido hasta el momento un total de 1984 registros de mamíferos en el área de muestreo del PLC realizado entre Mayo de 2012 y Febrero de

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

2015. Dichos registros se agruparon en 11 órdenes, 20 familias y 50 especies.

- Respecto a los mamíferos pequeños, indica el estudio que lo encontrado en el PLC, coincide con lo reportado en otras cotas altitudinales, donde especies del género *Thomasomys* están asociadas al estrato superior de los bosques montanos (2900 a 2550 m), y especies del género *Marmosops* al estrato inferior de éstos bosques (2200 a 1250 m).
- El transecto "La Colosa", es la zona que presenta la mayor abundancia y riqueza en los tres grupos de mamíferos, esta riqueza y abundancia disminuye a mayores altitudes.
- El Filo es el transecto con menor riqueza y abundancia, aunque presenta un mayor número de especies poco comunes raras asociadas a coberturas boscosas densas.
- La altitud está siendo un factor determinante en la distribución de las especies dentro del PLC, constituyendo una barrera las zonas altas en especial para los mamíferos voladores.
- Dentro del PLC se ha capturado el 46% de los quirópteros de distribución andina y de altitudes superiores a los 2300 msnm para Colombia, mostrando la riqueza presente en este lugar, que es de gran importancia en procesos de mantenimiento y recuperación de ecosistemas, control de plagas, siembra de bosques y de participación en la reproducción de algunas plantas.
- En los tres transectos evaluados se han registrado murciélagos de diferentes gremios alimenticios, frugívoros, nectarívoros, insectívoros y hematófagos, lo que demuestra una buena dinámica del ecosistema.
- Dentro del PLC se ha registrado el 56% de especies de pequeños mamíferos con distribución andina y de altitudes mayores a los 2300 m para Colombia, lo cual es importante ya que estas especies son controladoras de plagas, polinizadoras, dispersoras de semillas y como presas para algunos reptiles, aves y mamíferos medianos y grandes.
- Para el grupo de mamíferos medianos y grandes dentro del PLC se han registrado 73% de las especies con distribución andina superior a los 2300 m, esta cifra es notable ya que este grupo de mamíferos es importante para la dinámica de los ecosistemas, siendo generalmente indicadores de hábitat debido a que se ven fuertemente afectados por los diferentes procesos antrópicos.
- La presencia de *Leopardus pardalis* muestra que en la zona se mantiene estable la cadena trófica pero se debe tener cuidado pues estas especies son altamente sensibles a los efectos de fragmentación y de pérdida de hábitat.
- Señala el estudio que los mamíferos medianos y grandes en general, necesitan grandes áreas para alimentación y refugio, ya que tienen un alto requerimiento energético por su gran tamaño, por lo cual, el daño ambiental causado por actividades antropogénicas reduce la cobertura vegetal y a su vez los refugios y los recursos alimenticios y como consecuencia las poblaciones se reducen y pueden llegar a su extinción local.

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

- Indica el documento que estudios en otras zonas sugieren que el recurso hídrico es uno de los de mayor importancia para la conservación de especies ya que proveen el refugio y alimento necesario para su subsistencia, lo cual aplica también para el PLC.
- De acuerdo a la lista roja de la UICN, MADS (Resolución 0192 del 2014) y CITES, se categorizaron 43 de las 50 especies de mamíferos presentes en el PLC, excluyendo aquellas identificadas a nivel de género. Se encontró en la categoría En Peligro a *Tapirus pinchaque*, en categoría Vulnerable se encuentran tres especies, *Leopardus tigrinus*, *Mazama Rufina* y *Pudu mephistophiles*, en categoría Casi Amenazada a *Cuniculus taczanowskii* y *Sturnira arathomasi*, 35 especies en Preocupación Menor y dos con Datos insuficientes. Adicionalmente, 10 de estas especies hacen parte de CITES, con tres especies en el Apéndice I, tres en el Apéndice II y cuatro en el Apéndice III. Del listado de MADS (Resolución 0192 de 2014) se encontró a *T. pinchaque* EN y *L. tigrinus* VU, siendo estas las mismas categorías que se encuentran en la UICN.
- *Akodon affinis* es la única especie dentro del PLC, que es considerada endémica para Colombia. Por otro lado *Chilomys instans* y *Sturnira arathomasi* son consideradas especies raras debido a su distribución geográfica restringida y discontinua, de las que se tiene poco conocimiento.

Servicios ecosistémicos

El documento, presenta las siguientes afirmaciones respecto a los servicios ecosistémicos que presta el área de influencia del proyecto La Colosa:

- A nivel de ecosistemas los Servicios Ecosistémicos identificados para los ecosistemas del área de influencia del Proyecto de Exploración Minera La Colosa son los siguientes:

Tabla 20. Servicios Ecosistémicos identificados para PLC

Ecosistema	Servicios Ecosistémicos	
Bosques	Regulación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección del suelo contra la erosión</li> <li>• Captura y almacenamiento del agua</li> <li>• Prevención de inundaciones y sequías</li> <li>• Regulación del ciclo del agua</li> <li>• Purificación del agua por medio de la</li> <li>• estabilización de los suelos y filtración de</li> <li>• contaminantes</li> <li>• Mejoramiento de la calidad del aire</li> <li>• Regulación del clima local y regional por</li> <li>• medio del control de los regímenes de</li> <li>• precipitación</li> <li>• Captura de CO2</li> </ul>
	Soporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Productividad primaria</li> <li>• Almacenamiento y ciclado de nutrientes</li> <li>• Formación del suelo</li> <li>• Disponibilidad de hábitat (plantas y animales)</li> <li>• Conectividad</li> </ul>
	Cultura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Turismo</li> <li>• Investigación científica</li> <li>• Valor estético y espiritual</li> </ul>

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

	Provisión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Madera</li> <li>• Ornamentales</li> </ul>
--	-----------	--

Fuente. Tabla 5.1 del Informe monitoreo No. 6. Rad. 4120-E1-13937 del 30 de abril de 2015.

- Respecto al componente florístico, se señala que en general los servicios de la flora en el bosque son proveer alimento para animales, así como ofrecen sitios hábitats para resguardo y reproducción de todas las especies de fauna. Otro servicio que ofrece es la formación del suelo por el continuo aporte de materia orgánica, así como son las encargadas de la productividad primaria en el ecosistema.

Se han identificado algunas especies que ofrecen servicios específicos dentro del Bosque en el PLC, estos son básicamente servicios de provisión (Tabla 14). Así mismo se registran diferentes especies promisorias con potencial genético, que permitirían realizar investigaciones de biología molecular y mejoramiento genético, como diferentes especies del género *Rubus* (Rosaceae) y *Solanum* (Solanaceae), importantes para la alimentación humana. Los servicios de mantenimiento y soporte lo ofrece toda la flora sin importar la especie.

Tabla 21. Listado de algunas especies de plantas que ofrecen servicios de provisión dentro del PLC.

Nombre común	Familia	Especies	Uso
Lengua de vaca	Polygonaceae	<i>Rumex crispus</i>	Alimenticio
Uva de anís	Ericaceae	<i>Cavendishia brac</i>	Alimenticio
Poleo	Lamiaceae	<i>Clinopodium brownei</i>	Alimenticio
Uchuva	Solanaceae	<i>Physalis peruviana</i>	Alimenticio
Palmicha	Arecaceae	<i>Geonoma undata</i>	Artesanal
Palmicha	Chloranthaceae	<i>Hedyosmum racemosum</i>	Maderable
Quinca	Rubiaceae	<i>Sinchona pubescens</i>	Maderable
Manzano	Sapindaceae	<i>Billia rosea</i>	Maderable
Llantén	Plantaginaceae	<i>Plantago major</i>	Medicinal
Verbena	Verbenaceae	<i>Verbena litorales</i>	Medicinal
Anicillo	Piperaceae	<i>Piper aff. Aduncum y Piper umbellatum</i>	Medicinal
	Phytolaccaceae	<i>Phytolacca icosandra y Phytolacca rugosa</i>	Medicinal
Espadero	Primuaceae	<i>Myrsine coriacea</i>	Medicinal
Venturosa	Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>	Medicinal
Cedro negro	Juglandaceae	<i>Juglans neotropica</i>	Ornamental
Palma de cera	Arecaceae	<i>Ceroxylon quinduense</i>	Ornamental
Chicalá o flor amarillo	Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i>	Ornamental

Fuente. Tabla 5.2 del Informe monitoreo No. 6. Rad. 4120-E1-13937 del 30 de abril de 2015.

- De acuerdo con el estudio se han observado 31 especies de aves que utilizan como alimento, refugio o sitios percha 29 especies de plantas, las cuales se encuentran registradas en el Tabla 5-3 del informe de monitoreo No. 6. Aves nectarívoras como los mieleros del género *Diglossa* y los colibríes de los géneros *Helianthus*, *Colibri* y *Coeligena*, se han encontrado utilizando un mayor número de especies de plantas principalmente para su alimentación, especies de plantas como *Fuchsia caucana* y *Lochroma gesnerioides* que se encuentran fácilmente en las coberturas vegetales de pastos y vegetación secundaria, proveen grandes cantidades de flores para la alimentación de estas aves.

Se han observado algunas otras especies de aves frugívoras como *Anisognathus lacrynosus*, *Pipreola riefferi*, *Tangara vassorii*, *Buthraupis*

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

*montana*, entre otras, alimentándose de especies de plantas del género *Miconia*, *Monnina* y *Rubus*, las cuales se encuentran asociadas a las coberturas vegetales con mayor intervención humana. Se han observado también, en menor medida, algunas plantas como *Ceroxylon sp* y *Lochroma gesnerioides*, las cuales ofrecen sitios de refugio y percha para algunas aves rapaces de zonas abiertas como *Caracara cheriway* y *Falco sparverius*.

En términos generales, los servicios ecosistémicos que prestan las aves en la zona del PLC, son las de polinización y dispersión primaria de semillas, las cuales contribuyen a los procesos de floración y fructificación necesarios, las cuales proveen alimento para los animales y contribuyen al adecuado funcionamiento del ecosistema. Adicionalmente, un servicio que no se tiene en cuenta es el cultural, pues las aves en Colombia al ser el grupo más diverso a nivel mundial, tienen una gran cantidad de seguidores, que visitan parques y lugares con alta diversidad para hacer observaciones y disfrutar de su belleza y rareza.

- Respecto a los mamíferos, el estudio reporta que se encontró que 25 familias y 9 géneros de plantas presentes en el PLC pueden ser usadas por los mamíferos como alimento o refugio. La familia Solanaceae presentó el mayor número de especies relacionadas, con 13 especies de mamíferos (*Chiroptera*, *M. rufina*, *T. pinchaque*, *C. hoffmani*, *C. thous*) que se alimentan principalmente de especies del género *Solanum*, seguido por las familias Myrtaceae, Urticaceae y Piperaceae con 9 especies cada una de mamíferos asociadas como alimento principalmente. Las especies se encuentran listadas en la Tabla 5-4 del informe de monitoreo No. 6.
- Respecto al grupo lepidóptera señala el estudio que uno de los principales servicios ecosistémicos está relacionado con la polinización a partir de especializaciones de la flor y la morfología del insecto, ente ellas se encuentran representantes de todas las familias de mariposas diurnas.
- Respecto a los coleópteros según el estudio, se ha documentado que los Scarabaeinae participan en varios servicios ecosistémicos como la remoción de materia orgánica, aireación del suelo, reciclaje de nutrientes, dispersión secundaria de semillas y control de ectoparásitos de vertebrados.

Adicionalmente se indica que establecer el funcionamiento de los servicios ecosistémicos en este grupo de organismos en el PLC, requiere la implementación de una metodología adecuada que permita evaluar el o los servicios que cumplen dentro del ecosistema (e.g. remoción de materia orgánica, dispersión secundaria de semillas, incorporación de nutrientes al suelo, entre otros), lo cual no se puede realizar con la metodología actual establecida para el monitoreo del grupo en el PLC. Por lo tanto, únicamente se puede resaltar la importancia de los Scarabaeinae dentro los ecosistemas por medio de literatura, que los clasifican como un eslabón clave en las dinámicas ecológicas de los bosques tropicales.

- Respecto al grupo de la avifauna se mencionan los servicios ecosistémicos relacionados con seguridad alimentaria mediante la polinización de plantas que consumen los humanos, dispersión de semillas, particularmente para los catártidos y accípítridos se mencionan la eliminación de residuos, regulación de enfermedades y el ciclaje de nutrientes.
- Sobre los mamíferos voladores se menciona que estos tienen un valor ecosistémico importante, como consumidores primarios, secundarios y

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

terciarios, que apoyan y sostienen ecosistemas tanto naturales como humano, y que cumplen también un papel primordial en la dinámica de los ecosistemas tropicales, al incluir especies en todos los niveles tróficos y al establecer relaciones muy estrechas con especies vegetales importantes tanto en el mantenimiento de los ecosistemas como en la economía humana.

- En cuanto a los mamíferos pequeños, medianos y grandes se menciona que estos han sido reportados como depredadores de semillas de hierbas consideradas plagas, controlando de esta forma las poblaciones de estas hierbas en los cultivos; lo anterior se considera un servicio ecosistémico que pueden prestar aquellos roedores que se alimentan de semillas.

#### Evaluación de posibles efectos de la exploración en el PLC

En este capítulo se retoman algunos de los principales aspectos que han sido encontrados durante el monitoreo ambiental, y entre otros se presentan las siguientes conclusiones:

- De acuerdo con lo indicado en el estudio, el efecto más evidente dentro del componente de flora a lo largo de los 30 meses de monitoreo es la continuidad de la matriz del paisaje, además de la intervención de la elaboración de caminos y plataformas las cuales generan la eliminación de la cobertura vegetal, no obstante se aclara que en las parcelas permanentes de monitoreo no se ha adelantado ninguna intervención.

Señala el documento que es evidente, la falta de cambio de la matriz del paisaje por cuanto se han mantenido relativamente estables las áreas de pastos y de bosques desde el año 2009 y en condiciones de no disturbio lo normal es el avance sucesional de tal forma que se disminuyan las coberturas de pastos limpios, que se transformarían en pastos enmalezados y estos en pastos arbolados que posteriormente se transformarían en bosques abiertos bajos, siguiendo posteriormente los diferentes estados sucesionales del bosque.

Por otra parte se indica que como resultado de los cambios de usos de suelo anteriores al PLC se tenía una matriz de pastos usados para la ganadería vacuna, la cual se ha reemplazado por la presencia de equinos, utilizados dentro del PLC para el transporte de materiales, y que generan un aumento en los parches con suelos desnudos producto del rasgado del pasto que utilizan estos animales para alimentarse, sin embargo aún es corta la ventana de observación para evidenciar de manera inequívoca de los posibles impactos ambientales generados por las actividades de exploración minera sobre la vegetación.

- Respecto al grupo de los lepidópteros se reporta que el daño a individuos del genero *Chusquea* y la especie *Guzmania squarrosa* por el cruce de tuberías o mangueras para la conducción de agua en el sector del proyecto comprendido entre la estación meteorológica y la parte alta conocida como la N, afecta hábitats importantes para la ovoposición y respectivo desarrollo del ciclo de vida de un número considerable de especies pertenecientes a los géneros *Pedaliodes*, *Junea*, *Corades*, *Dedalma* y *Lymanopoda* distribuidos en la familia *Satyrinae* y reportados para el proyecto en las coberturas estudiadas.

Igualmente se indica que el establecimiento de plataformas evidenciado en el proyecto La Colosa para la realización de perforaciones con fines de

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

exploración, conlleva al montaje de estructuras fabricadas en madera, plásticos y otros materiales, que generan casi siempre recintos cerrados; y que la evidencia colectada muestra que diversas especies de Lepidópteros y un alto número de individuos de otros órdenes, incluyendo aves, mueren por atrapamientos al interior de las plataformas, ya que los pliegues y en general la estructura actúan como trampas o barreras.

Menciona el estudio que se han hallado 398 individuos pertenecientes a cuatro familias (Nymphalidae, Hesperidae, Lycaenidae, Pieridae), 37 géneros y 71 especies. Igualmente llaman la atención sobre la plataforma J14, ubicada entre los campamentos Base y Mirador la cual presenta el mayor número de individuos muertos por atrapamiento (distribuidos en 22 especies), a esta le suceden las plataformas E11C, H14, N17 y Pozo 25.

- En cuanto al grupo Coleoptera se indica que el impacto de la exploración minera sobre los coleópteros hasta el momento se puede decir que es positivo, al preservar un mosaico de elementos del paisaje que favorecen y mejoran las condiciones del hábitat.
- Respecto al grupo de los vertebrados el documento presenta una tabla en la que identifica los posibles impactos para los grupos de herpetofauna, aves y mamíferos, así como las medidas de mitigación recomendadas. A continuación se retoma la tabla presentada.

Tabla 22. Posibles impactos identificados para los grupos de vertebrados y las medidas de mitigación.

IMPACTO	AFECTA A	MITIGACION
Uso de tela verde para delimitación de caminos	Mamíferos, Aves	- Eliminación de telas en las zonas donde no se requieren - Dejar un espacio de paso para la fauna. - No cerrar distancias tan largas. - Usar repelentes para los mamíferos (Gurnutz AGAC & Lozano 2009)
Alumbrado de los Campamentos	Mamíferos, Aves, Anfibios y Reptiles	- Disminuir el tiempo, la intensidad y la dirección de la luz. - Evaluar el tipo de luz que se utiliza por una que presente poca atracción para los insectos (Rich et al. 2013, Lewanzik et al. 2014).
Tanques	Mamíferos	- Asegurar que los tanques se encuentren cerrados y permitan el paso de mamíferos.
Humanos	Mamíferos	- No manipular la fauna que se encuentra.

Fuente. Tabla 6.1 del Informe monitoreo No. 6. Rad. 4120-E1-13937 del 30 de abril de 2015.

- Indica el documento que se han evidenciado altas tasas de mortalidad, particularmente de serpientes, a causa de los auxiliares, dada la aversión, repulsión, desconocimiento y miedo hacia estos organismos. Para el segundo caso, el alto tránsito vehicular especialmente de las camionetas de las empresas contratistas, en las que se transporta el personal, ha repercutido en un número considerable de individuos atropellados en las vías del PLC. Agrega que entre lagartos y serpientes se ha encontrado un total de 15 (14 serpientes y 1 lagarto) individuos atropellados y 8 individuos de serpientes (4 *Atractus lehmanni*, 2 *Erythrolamprus bizona* y 2 *Erythrolamprus epinephelus*) muertos a causa de sacrificios realizados por los trabajadores de AGAC en diferentes sectores del PLC.

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

- Agrega el documento que la alta iluminación artificial nocturna afecta diversos aspectos en las comunidades faunísticas, así como las áreas en las cuales se instala la tela bogotana para delimitación de espacios y la contaminación auditiva producto de las actividades asociadas al proyecto.
- Finalmente se menciona el riesgo para los mamíferos de los tanques de acumulación de agua, en los cuales se han encontrado ejemplares muertos debido a que estos pueden convertirse en una trampa.
- Igualmente señala el capítulo que no se han hecho evidentes procesos de mitigación por parte de la empresa AGAC, en los cuales se realicen compensaciones, en zonas diferentes a sitios de intervención del PLC. Ni tampoco se han llevado a cabo procesos de restauración que son función de la empresa AGAC.

## VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO

A continuación se presentará un resumen del cumplimiento de los objetivos e indicadores planteados en el plan de monitoreo ambiental aprobado por IDEAM, según los datos presentados por ANGLO GOLD ASHANTI COLOMBIA S.A., en el sexto informe de monitoreo ambiental, así como la evolución de los mismos respecto a los informes presentados anteriormente por la empresa para los componentes hidroclimático y biológico. Las casillas en las que se indica "SI" corresponden a los objetivos e indicadores que según esta evaluación han sido cumplidos totalmente, y "NO" se indica cuando se estima que no se ha presentado información que permita considerar el objetivo o indicador como cumplido.

### Componente hidroclimático

OBJETIVO	Informe					
	1	2	3	4	5	6
Evaluar la cantidad y calidad de los recursos hídricos en la zona de estudio y sus condiciones actuales, así como las fuentes hídricas que abastecen los acueductos de los municipios de El Espinal, Chicoral, Coello y el distrito de riego de Uso Coello y en las quebradas La Colosa, La Arenosa, La Guala, La Lucha y los ríos Bermellón y Coello.	P	P	P	P	P	SI
Realizar la caracterización hidroclimatológica de la zona de estudio, elaborar balances hídricos y definir modelos lluvia – escorrentía de las corrientes superficiales de interés en la zona de influencia del proyecto de exploración minera La Colosa.	NO	NO	NO	P	P	SI
Establecer las variaciones de niveles, caudales y variables climatológicas en la zona de estudio, mediante sistemas y mecanismos aprobados por el IDEAM y la Organización Meteorológica Mundial.	NO	NO	NO	NO	P	SI
Instrumentar las corrientes de las microcuencas de las quebradas La Colosa, La Arenosa, La Guala, Bermellón y La Lucha, localizadas en el sector de la parte alta del municipio de Cajamarca y el municipio de Coello.	P	P	P	P	SI	SI
Realizar todos los procedimientos requeridos para la calibración de las estaciones hidrometeorológicas a ser instaladas en la zona de estudio para el monitoreo.	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Identificar, georreferenciar y calcular los usos del agua en las cuencas de la quebrada La Colosa, La Arenosa, La Guala, La Lucha y los ríos Bermellón y Coello.	NO	NO	NO	NO	P	P
Implementar indicadores de estado y seguimiento del recurso hídrico siguiendo lo definido por el IDEAM y el Sistema de Información Ambiental de Colombia – SIAC.	P	P	P	P	P	P
Definir patrones de circulación hídrica superficial y subterránea y su correspondiente interacción.	P	P	P	P	P	
Definir un plan de monitoreo de aguas superficiales y aguas subterráneas para la zona de estudio, basados en los modelos hidrológicos e hidrogeológicos conceptuales de la zona para la etapa de exploración minera y los 3 años siguientes, con la cual se puedan evaluar los impactos ambientales en el recurso hídrico superficial y subterráneo en calidad y cantidad.	SI				SI	
Seleccionar los puntos de mediciones de niveles en las corrientes superficiales considerando los requerimientos de la resolución 1567 de 2009.	SI				SI	SI

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

OBJETIVO	Informe					
	1	2	3	4	5	6
Realizar campañas mensuales de medición de niveles piezométricos y trimestrales de calidad de agua superficial y subterránea siguiendo la guía del IDEAM (2003).	NO	NO	NO	SI	SI	
Evaluar indicadores ambientales y actualizar el plan de monitoreo, basados en la información levantada en campo de niveles y calidad del agua.	P	P	P	P	P	

INDICADOR	Informe					
	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto	Quinto	Sexto
Variación de la escorrentia con respecto a la condición media de referencia	P	P	P	P	NO	SI
Índice de aridez	SI				-	NO
Índice de recursos y reservas de agua subterránea	P	P	P	P	P	
Variación de concentración de sedimentos en suspensión	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Variación de la carga de sedimentos en suspensión	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Alteración de la precipitación por el ENSO	P	P	P	NO	NO	NO
Alteración de la temperatura media mensual del aire por el ENSO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Índice del uso de agua	NO	NO	NO	NO	NO	NO

### Componente flora

OBJETIVO	Informe					
	1	2	3	4	5	6
Caracterizar la composición y estructura de la flora de los diferentes tipos de cobertura vegetal presentes en el área del proyecto de exploración minera la Colosa.		SI	SI	SI	SI	SI
Determinar los cambios espaciales y temporales de la flora de los diferentes tipos de cobertura vegetal presentes en el área del proyecto de exploración minera la Colosa y su correlación con factores ambientales durante el proceso de exploración		NO	NO	NO	SI	SI
Establecer la dinámica de la Vegetación Leñosa de las coberturas vegetales del área de influencia del proyecto La Colosa mediante la cuantificación de las Tasas de Crecimiento Anual (o Crecimiento Diamétrico), de Mortalidad y de Reclutamiento.		NO	NO	P	SI	SI
Plantear y evaluar acciones de mitigación y restauración en las áreas intervenidas durante la fase de exploración del proyecto minero La Colosa y en la conexión entre fragmentos.		NO	NO	NO	N/A	N/A
Establecer el inventario de las especies indicadores de calidad de hábitat y aquellas con algún grado de amenaza (IUCN, CITES, libros rojos).		SI	SI	SI	SI	SI
Describir el uso del suelo en la zona de influencia del proyecto minero La Colosa así como los cambios biofísicos (espacial y temporal) y el efecto sobre la conectividad entre los ecosistemas, la provisión de servicios ambientales y los potenciales efectos acumulativos.		NO	NO	P	SI	SI

En el cuadro anterior, se señala para el objetivo número 3 que no aplica (N/A), por cuanto el monitoreo objeto de análisis en el presente concepto técnico, en lo que respecta al componente florístico se realiza a las parcelas permanentes de monitoreo y transectos complementarios, los cuales se localizan en zonas no intervenidas directamente por las actividades de exploración. Adicionalmente, los lineamientos para la restauración de áreas intervenidas se encuentran plasmados como parte de la Resolución No. 1656 del 29 de noviembre de 2013, mediante el cual este Ministerio aprobó el "Plan de Restauración" presentado por la empresa.

INDICADOR	Informe					
	1	2	3	4	5	6
Un documento inicial sobre el estado de las coberturas vegetales		SI	SI	SI	SI	SI
Evaluaciones periódicas en cumplimiento de las mediciones de monitoreo por tipo de coberturas en su tiempo establecido de medición (Esto será un indicador del cumplimiento en el levantamiento de la información de campo).		P	P	P	SI	SI
Cartografía Digital generada a partir de la plataforma MapInfo a escala 1:7.500		P	P	NO	NO	NO
Informe sobre los posibles impactos generados a la flora de acuerdo I) La variación en la calidad ambiental II) por extensión III) Por persistencia y iv) por su capacidad de recuperación		NO	NO	P	SI	SI

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

INDICADOR	Informe					
	1	2	3	4	5	6
De acuerdo a los tipos de impacto que se presenten se definirán de manera oportuna y rápida las medidas de Medidas de i) compensación ii) Recuperación iii) Mitigación iv) Prevención		NO	NO	NO	N/A	N/A
Informe periódico sobre el desarrollo y comportamiento de las acciones de restauración, en particular lo referente a la revegetalización, con las características y las variables aquí definidas		NO	P	NO	N/A	N/A

En el cuadro anterior, se señala para los indicadores 5 y 6 que no aplican (N/A), por cuanto el monitoreo objeto de análisis en el presente concepto técnico, en lo que respecta al componente florístico se realiza a las parcelas permanentes de monitoreo y transectos complementarios, los cuales se localizan en zonas no intervenidas directamente por las actividades de exploración y en donde el objetivo es monitorear la sucesión natural que se presenta en las mismas y lograr identificar si con las actividades de exploración se ocasiona un cambio en dicha dinámica. Adicionalmente, los lineamientos para la restauración de áreas intervenidas se encuentran plasmados como parte de la Resolución No. 1656 del 29 de noviembre de 2013, mediante el cual este Ministerio aprobó el "Plan de Restauración" presentado por la empresa.

Componente fauna

OBJETIVO	Informe					
	1	2	3	4	5	6
Generar un inventario de la fauna presente en el área del proyecto de exploración minera La Colosa.		P	P	P	P	P
Determinar la composición y estructura de lepidópteros y coleópteros presentes en el área del proyecto de exploración minera La Colosa.		P	P	P	P	SI
Determinar la composición y estructura de los anfibios, reptiles, aves y mamíferos presentes en el área del proyecto de exploración minera La Colosa.		SI	SI	SI	SI	SI
Establecer el inventario de las especies indicadores de calidad de hábitat y aquellas con algún grado de amenaza (IUCN, CITES, libros rojos).		P	P	SI	P	SI
Determinar la incidencia de las coberturas vegetales sobre la diversidad de la fauna en el área de exploración minera La Colosa.		P	P	SI	P	SI
Analizar la relación de la flora como refugio y alimento para la fauna en la zona de exploración minera La Colosa.		P	P	P	P	P

INDICADOR	Informe					
	1	2	3	4	5	6
<b>LEPIDOPTEROS</b>						
Las estaciones de monitoreo deben cubrir las siguientes coberturas: bosque, pastos, vegetación secundaria, herbáceas-arbustivo, sin o con poca vegetación. Cada una de ellas debe contar con dos sitios de monitoreo.		SI	SI	SI	SI	SI
Número de especies		SI	SI	SI	SI	SI
especies endémicas		SI	SI	SI	SI	SI
Especies raras		SI	SI	SI	SI	SI
especies con algún grado de amenaza		SI	SI	SI	SI	SI
Nuevos reportes altitudinales o distribución geográfica		SI	SI	SI	SI	SI
Especies indicadoras de calidad ambiental		P	P	P	SI	SI
Mensual		P	P	SI	SI	SI
<b>COLEOPTEROS</b>						
Las estaciones de monitoreo deben cubrir las siguientes coberturas: bosque, pastos, vegetación secundaria, herbáceas-arbustivo, sin o con poca vegetación. Cada una de ellas debe contar con dos sitios de monitoreo.		NO	NO	SI	P	P
Número de especies		NO	SI	SI	SI	SI
Especies endémicas		NO	NO	P	NO	SI
Especies raras		NO	NO	P	NO	SI
Especies con algún grado de amenaza		NO	NO	P	NO	SI

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

INDICADOR	Informe					
		NO	P	P	NO	P
Nuevos reportes altitudinales o distribución geográfica						
Especies indicadoras de calidad ambiental		NO	SI	SI	SI	SI
Mensual		P	SI	SI	SI	SI
<b>ANFIBIOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Estaciones de monitoreo		SI	SI	SI	SI	SI
Número de especies		SI	SI	SI	SI	SI
Especies endémicas		SI	SI	SI	SI	SI
Especies raras		SI	SI	SI	SI	SI
Especies registradas en los libros rojos		SI	SI	SI	SI	SI
Nuevos reportes altitudinales o distribución geográfica		SI	SI	SI	SI	SI
Especies indicadoras de calidad ambiental		P	P	P	SI	SI
Mensual		SI	SI	SI	SI	SI
<b>REPTILES</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Estaciones de monitoreo		SI	SI	SI	SI	SI
Número de especies		SI	SI	SI	SI	SI
Especies endémicas		SI	SI	SI	SI	SI
Especies raras		SI	SI	SI	SI	SI
Especies registradas en los libros rojos		NR	SI	SI	SI	SI
Nuevos reportes altitudinales o distribución geográfica		SI	SI	SI	SI	SI
Especies indicadoras de calidad ambiental		P	P	SI	SI	SI
Mensual		SI	SI	SI	SI	SI
<b>MAMIFEROS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Estaciones de monitoreo		SI	SI	SI	SI	SI
Número de especies		SI	SI	SI	SI	SI
Especies endémicas		S.INF	NO	SI	S.INF	SI
Especies raras		S.INF	SI	SI	SI	SI
Especies registradas en los libros rojos		SI	SI	SI	SI	SI
Nuevos reportes altitudinales o distribución geográfica		S.INF	P	SI	S.INF	SI
Especies indicadoras de calidad ambiental		S.INF	P	SI	P	SI
Mensual		SI	SI	SI	SI	SI
<b>AVES</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Estaciones de monitoreo		SI	SI	SI	SI	SI
Número de especies		SI	SI	SI	SI	SI
Número de individuos por especie		SI	NO	NO	NO	NO
Diversidad alfa, beta, gamma, índices ecológicos.		SI	SI	SI	SI	SI
Número de sitios de anidación, alimentación y reproducción, hábitats georreferenciados.		P	P	P	P	SI
Número de especies endémicas		SI	SI	SI	SI	SI
Número de especies en categoría de amenaza		SI	SI	SI	SI	SI
Mensual		SI	SI	SI	SI	SI

## CONSIDERACIONES

Respecto al componente hidrogeológico

- Respecto a los aspectos de seguimiento al Plan de monitoreo relacionado con el tema hidrogeológico, según la información entregada en el informe 6 y que incluyen datos de ocho campañas de monitoreo, dos más respecto a las presentadas en el anterior informe.

*"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".*

- Se reporta que el monitoreo de calidad de agua en los diferentes puntos fue iniciado con posterioridad a las perforaciones exploratorias. Dicho lo anterior, no se cuenta con un referente a partir del cual se pueda identificar la influencia o no de la exploración sobre este recurso, como lo requirió en su momento el literal e del artículo sexto de la Resolución 1567 de 2009, aspecto que a la fecha no podría ser subsanado. Al respecto, solo se cuenta con información de algunas perforaciones realizadas durante el monitoreo, y que no sugieren cambios atribuibles a las actividades de exploración, aunque no se considera suficiente información para inferir al respecto. A pesar de lo anterior, el informe 6 se concluye que "en general cambios que obedecen al ciclo hidrológico local de la zona de estudio", situación que refiere a la información del monitoreo sin la influencia de las actividades de la exploración como lo menciona el mismo informe, dado que ella se realizó antes del monitoreo. Con base en lo mencionado, se deja expreso que el presente monitoreo no proporcionará información contundente sobre la influencia de la exploración sobre el recurso, no obstante la importancia de la información obtenida y el modelo hidrogeológico que queda definido para el área.
- Solo se hace el reporte que en algunos puntos, las concentraciones de aluminio sobrepasaron los límites establecidos para consumo humano en la resolución 2115 de 2007. No se presentan los análisis necesarios para dilucidar sobre las causas de estas concentraciones, teniendo en cuenta que el presente monitoreo deberá proporcionar información sobre si estos contenidos de Al en los puntos muestreados, han sido favorecidos por las actividades de exploración, produciendo mezcla de aguas subterráneas más superficiales (asociadas a los depósitos de cenizas volcánicas) y las más profundas (fracturas y diaclasas de las rocas); por contaminación de los piezómetros o si dicho fenómeno se presenta como consecuencia de la presencia de Al producto de los procesos involucrados en la meteorización de los depósitos de cenizas volcánicas presentes en toda el área de estudio.
- El estudio menciona que la presencia de Coliformes totales y fecales en los puntos de monitoreo se puede deber a la presencia en el área de algunos animales (ganado y equinos) y por el uso de productos orgánicos utilizados en actividades agrícolas.
- Dentro del monitoreo hidrogeológico se concluye que hay una tendencia o patrón suficientes para los parámetros físicos de campo y el muestreo para análisis de isótopos ambientales y cloruros (independientes del monitoreo trimestral), por lo que se presenta el informe final respectivo, a partir de las muestras tomadas durante 19 campañas de recolección sobre la red de puntos de muestreo y que comprenden: los totalizadores para aguas lluvias, puntos de agua superficial (afluentes pequeños y quebradas), puntos de agua subterráneos (surgencias naturales y perforaciones exploratorias saltantes) piezómetros. Con esta información se consolidaría el modelo hidrogeológico para el área.
- No se presentan los resultados de los monitoreos comparando con la línea base presentada en el estudio de sustracción, con lo cual se determinen cambios por la exploración. Como se menciona en el informe, el monitoreo fue iniciado posterior a la exploración, por lo que este monitoreo no incluye en sus resultados las actividades exploratorias como factor de influencia sobre los parámetros medidos. Sin embargo, dicho análisis comparativo de los resultados presentados en el presente monitoreo con la línea base presentada, solo podrá realizarse, si ésta última cuenta con la misma información, aspecto que seguirá estando a la espera en los posteriores informes.

*"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".*

- En cuanto a efectos sobre el sistema hidrogeológico, solo se reporta que: "En las gráficas de niveles piezométricos, sobre el piezómetro somero de la plataforma S25 se evidencia la conexión que existe en el agua allí reportada y la que aflora en la perforación exploratoria saltante de la plataforma S28, ya que una vez controlada la fuga de agua de esta perforación, el nivel de agua ascendió en el piezómetro S25 cerca de 25 m luego de que se lograra el control de esta plataforma" Lo anterior en el contexto que los dos piezómetros se encuentran próximos, sobre el mismo flanco de la microcuenca donde se ubican.
- En el informe no se identifican efectos que conlleven a implementar medidas dirigidas a controlar, mitigar y compensar tales efectos. Esto está relacionado con que el monitoreo no incluye las actividades exploratorias como factor de análisis, pues las dos fueron realizadas en tiempos diferentes.

#### Respecto al componente hidroclimatológico

- Se sigue reportando poco rigor en los protocolos de muestreo de los parámetros fisicoquímicos del agua, especialmente en los tiempos de análisis. De esta forma los cambios evidenciados en algunos de los parámetros se atribuyen bien sea a esta circunstancia o a fenómenos de naturaleza climática o antropogénica. Es determinante la corrección de estas deficiencias para la validez y definición coherente de tendencias no sesgadas que demuestren contundencia hasta el fin del plan de monitoreo.
- En general, para las quebradas La Colosa, La Arenosa y La Guala se afirma que sus características obedecen a las condiciones geoquímicas de la cuenca, las características hidrodinámicas que dependen a su vez de la hidroclimatología y el uso antrópico. Los cambios puntuales considerables en la calidad del agua se asocian con posibles vertimientos de origen antrópico y agrícola sin tratar, no obstante es notable que estos aportes sean significativos considerando que en los resultados sobre la demanda de uso se reportan pocos usuarios en estos cuerpos de agua.
- Respecto al quinto informe de monitoreo, el análisis de los resultados de los índices de contaminación (ICOMO e ICOSUS) y el índice agregado de calidad fisicoquímica (ICAfa) no presenta resultados diferenciales derivados de la incorporación de los muestreos más recientes.
- Se evaluó satisfactoriamente la calidad del recurso hídrico producto del monitoreo realizado durante el semestre comprendido entre junio de 2014 y enero de 2015. Para este periodo, se destacó el incremento de la concentración de nitrógeno amoniacal en las quebradas La Colosa, La Arenosa, La Guala y el Rio Bermellón. Si bien cada curso de agua y cada estación muestreada presenta unas características propias, se concluye que las variaciones responden principalmente a afectaciones antrópicas derivadas del uso.
- Respecto a los requerimientos solicitados mediante el Auto N° 403 de 2014, se avanzó en el cumplimiento del objetivo de establecer las variaciones de niveles, caudales y variables climatológicas en la zona de estudio en lo que respecta a las aguas superficiales, expresado en los análisis comparativos de los caudales de las quebradas La Colosa, La Arenosa y La Guala de acuerdo a los aforos realizados en estos cuerpos de agua entre 2012 y enero de 2015 y en relación con el cálculo del rendimiento de la Cuenca del rio Bermellón. Se estima que

*"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".*

este análisis debe ser extrapolado a los otros cuerpos de agua de la cuenca baja del Rio Coello, tal como es establecido en la Resolución 1567 de 2009.

- Similarmente, se completó el objetivo de realizar la caracterización hidroclimatológica de la zona de estudio, elaborar balances hídricos y definir modelos lluvia – escorrentía de las corrientes superficiales de interés en la zona de influencia del proyecto mediante la presentación de la distribución y variación de la precipitación de la zona y el cálculo de los balances hídricos con datos históricos de tres (3) estaciones del IDEAM y la comparación con los resultados de los modelos de tanques elaborados en 2012.
- Respecto al quinto informe de monitoreo, se da alcance a la determinación del indicador de variación de la escorrentía con respecto a la condición media de referencia más no al índice de aridez.
- En cuanto a la instrumentación de las corrientes de las microcuencas de las quebradas La Colosa, La Arenosa, La Guala, Bermellón y La Lucha, localizadas en el sector de la parte alta del municipio de Cajamarca y el municipio de Coello, se realizaron aforos líquidos mediante la medición de caudal con molinete y micro molinete en las estaciones definidas para La Guala, La Colosa, La Arenosa, Payandé (Rio Coello) y Puente La Bolívar (Rio Bermellón) cumpliendo con lo requerido mediante el Auto N° 403 de 2014.
- A la fecha, no se ha cumplido con el objetivo de la instalación y calibración de las estaciones hidrometeorológicas en las quebradas La Arenosa y La Colosa, así como en los cuerpos de agua que abastecen los acueductos de El Espinal, Chicoral y Coello y el distrito de riego de riego de Usocoello.
- En cuanto a identificar, georreferenciar y calcular los usos del agua en las cuencas de la quebrada La Colosa, La Arenosa, La Guala, La Lucha y los ríos Bermellón y Coello, se completó la información sobre la distribución en la parte alta de la cuenca del Rio Coello y la demanda hídrica para el total de la cuenca de acuerdo a las concesiones de agua otorgadas a 2014.
- No se evidenció información relacionada con la implementación de los indicadores de estado y seguimiento del recurso hídrico siguiendo lo definido por el IDEAM y el Sistema de Información Ambiental de Colombia – SIAC, tal como fuera señalado en el Auto N° 403 de 2014.
- Entre los principales hallazgos del componente de macroinvertebrados, se destaca la asociación entre las variaciones halladas en la riqueza y la abundancia relativa de las comunidades con las presiones relacionadas con la actividad exploratoria tales como paso de semovientes, vehículos, paso de tuberías para canalización de agua y diferentes vertimientos.
- También es resaltable que de acuerdo al índice ETP, la estación ubicada en el río Coello antes del distrito de riego USOCOELLO (HB12) presenta aguas limpias a muy limpias con actividades agrícolas en sus riberas, sin embargo tiene una pequeña franja de vegetación que puede estar contribuyendo a minimizar los cambios en la calidad del agua, amortiguando los impactos que pueda tener la agricultura sobre la calidad del recurso.
- En general, en los informes quinto y sexto se han presentado los avances del monitoreo hidroclimatológico de manera más sistemática, consistente y ordenada logrando así completar y consolidar en buena parte los objetivos e indicadores propuestos. Es recomendable que en informes posteriores se

*"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".*

elimine en la medida de lo posible, información que ya fue presentada en informes previos y en cambio se fortalezcan los análisis diferenciales y comparativos enfocados en los datos más recientes recolectados.

Respecto al componente flora

- Entre los resultados presentados en el informe No. 5, la empresa expone los obtenidos para la cobertura vegetal denominada "Arbustal abierto mesófilo", la cual de acuerdo con la metodología aprobada por el IDEAM no se encuentra incluida como una de las coberturas que se deben monitorear mediante Parcelas Permanentes ni transectos complementarios.

Al respecto, para esta cobertura "Arbustal abierto mesófilo", no se han presentado resultados en los monitoreos anteriores, por lo cual causa desconcierto a esta Autoridad ante la falta de claridad de esta situación, teniendo en cuenta que dicha cobertura no había sido reportada ante el Ministerio como parte de las encontradas dentro del área de influencia del proyecto PLC.

Por lo anterior, se requiere para que la empresa a la mayor brevedad posible aclare esta situación, donde se den las explicaciones correspondientes de las razones por las cuales desde un principio no se había reportado ante este Ministerio la presencia de esta cobertura en el área de influencia del proyecto PLC y cuántas unidades de muestreo se tienen en esta cobertura para su monitoreo y su ubicación geográfica con la georreferenciación de cada vértice que delimite cada una de las unidades de muestreo. Así mismo presentar un plano actualizado y vigente de coberturas vegetales existentes en el área de influencia de PLC, y su análisis multitemporal frente a las coberturas vegetales existentes desde la fecha cuando se dio inicio con el primer monitoreo florístico.

- En cuanto a las especies de flora endémica o con algún grado de amenaza y/o vulnerabilidad, en el informe No. 6 no se presenta el listado de las 31 especies reportadas y que se encuentran catalogadas en alguna categoría de riesgo de la UICN, vedadas o endémicas, razón por la cual la empresa deberá presentar el listado de las 31 especies, especificando cuales se encuentran listadas en la Resolución No. 192 del 10 de febrero de 2014 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Comparando las especies catalogadas con algún grado de amenaza y/o vulnerabilidad, endémicas y vedadas reportadas en los monitoreos No. 5 (abril de 2014) y No. 6 (octubre de 2014), se encuentra un incremento de 9 especies con alguna de estas categorías.

Se considera que estos resultados son significativos y ameritan de un análisis profundo por parte de la empresa, teniendo en cuenta que es un incremento sustancial en el registro de estas especies lo que daría un indicio de la importancia ecológica que tiene la zona.

Por lo anterior, se considera pertinente que la empresa a la mayor brevedad posible aclare esta situación y presente un consolidado de todas las especies de flora objeto de monitoreo que se han registrado en el área de influencia del proyecto PLC como parte de los monitoreos realizados, indicando cuales de ellas se encuentra categorizadas con algún grado de amenaza y/o vulnerabilidad de acuerdo con la Resolución No. 192 del 10 de febrero de 2014 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, UICN y Libros Rojo, y

*"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".*

Igualmente en algunos apartes se manifiesta que se deben implementar algunas metodologías para establecer este aspecto, a lo cual se recuerda a ANGLO GOLD ASHANTI COLOMBIA S.A., que estos compromisos fueron adquiridos mediante el Plan de Monitoreo presentado por ellos y aprobado por el IDEAM y corresponde a la empresa y a las Universidades contratadas dar respuesta a los mismos.

- Respecto al análisis de servicios ecosistémicos presentados para fauna, se observa que en cada uno de los grupos se menciona la importancia del papel cumplido por los mismos dentro del ecosistema.

En cuanto a aspectos generales

- Respecto a lo contemplado en la propuesta de monitoreo presentada por ANGLO GOLD ASHANTI COLOMBIA S.A., y aprobada por el IDEAM, en el capítulo siete (7) titulado "Estructuración de modelo de gestión de datos" en el cual se plantea que *"El programa de monitoreo tal como se ha descrito se sistematizará a través de la utilización de un sistema de información geográfica. En este sentido, el SIG estará encaminado a apoyar el proceso de evaluación y toma de decisiones en el contexto del monitoreo de los recursos naturales del área de interés de exploración del proyecto La Colosa de manera oportuna, eficiente y eficaz, brindando información espacial y no espacial útil y oportuna a lo largo de la vida del proyecto"*; y teniendo en cuenta las etapas descritas para la implementación del mismo, se estima que al momento Anglo Gold Ashanti Colombia S.A no ha presentado información al respecto y se considera como lo describe el mencionado capítulo que esta información es un insumo importante para evaluar la efectividad y cumplimiento de los diferentes objetivos planteados. Por lo anterior se solicita a la empresa presentar los avances que se han dado en el desarrollo de este modelo.
- Respecto a lo contemplado en la propuesta de monitoreo presentada por ANGLO GOLD ASHANTI COLOMBIA S.A., y aprobada por el IDEAM, en el capítulo ocho (8) titulado "Conectividad ecosistémica" en el cual se plantea un análisis integral de los aspectos de flora, fauna, hidroclimáticos e hidrogeológicos, mencionando que *"El sistema de datos e información de los diferentes aspectos abióticos y bióticos a analizar, permitirá deducir mediante sus indicadores, los efectos del área objeto de monitoreo sobre el área de influencia de proyecto. Esto es sobre las vertientes de las cuencas afluentes como La Colosa y La Arenosa, sobre la cuenca del río Bermellón y Coello, aguas abajo. Asimismo, las variables ambientales a monitorear permitirán detectar el rompimiento de la conexión biológica en el sitio de estudio"* y para el cual se plantean algunos criterios que se aplicarán en la evaluación y valoración de los posibles efectos a la conectividad ambiental del proyecto La Colosa, se estima que si bien en el documento actual se hace un análisis de la relación entre la flora y la fauna del área, lo cual constituye un avance importante y ha ofrecido una importante información a este Ministerio, aún no se aprecia un análisis global que involucre a todos los componentes señalados en la propuesta aprobada por IDEAM. Cabe resaltar que este resultado es uno de los productos que más interesan a este Ministerio, por tanto se solicita a ANGLO GOLD ASHANTI COLOMBIA S.A., que con la información disponible se empiece a estructurar lo propuesto y aprobado en el capítulo ocho (8) del Plan de Monitoreo.
- Se solicita que cada componente revise los objetivos e indicadores planteados en el Plan de Monitoreo aprobado por el IDEAM y se dé solución a aquellas

*"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".*

metodologías que no han sido llevadas a cabo, para así lograr el cumplimiento cabal del objetivo del monitoreo.

#### CONCEPTO

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, se conceptúa lo siguiente:

- Requerir a ANGLOGOLD ASHANTI COLOMBIA S.A, para que en un término de tres (3) meses presente ante la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos y con destino al Expediente SRF0025, la siguiente información:
- Presente las aclaraciones y explicaciones correspondientes de las razones por las cuales no se había reportado la presencia de la cobertura de "Arbustal abierto mesófilo" en el área de influencia del proyecto PLC y cuántas unidades de muestreo se tienen en esta cobertura para su monitoreo y su ubicación geográfica con la georreferenciación de cada vértice que delimite cada una de las unidades de muestreo.
- Presentar un plano actualizado y vigente en escala detallada de las coberturas vegetales existentes en el área de influencia de PLC y un análisis multitemporal frente a las coberturas que fueron identificadas desde que se inició con la implementación del monitoreo florístico.
- Presente un consolidado de todas las especies de flora que en desarrollo del monitoreo, se han registrado en el área de influencia del proyecto PLC, indicando cuales se encuentran categorizadas con algún grado de amenaza y/o vulnerabilidad de acuerdo con la Resolución No. 192 del 10 de febrero de 2014 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, UICN y Libros Rojo, y aquellas que sean identificadas como endémicas y vedadas tanto para el departamento del Tolima como para Colombia.
- Presente un análisis detallado que explique las razones por las cuales entre el monitoreo No. 5 (abril de 2014) y el monitoreo No. 6 (octubre de 2014), hubo un incremento de 9 especies catalogadas con algún grado de amenaza y/o vulnerabilidad, endémicas y vedadas.
- Presente el listado (preferiblemente en formato Excel) de todas las especies faunísticas que han sido registradas hasta el momento, indicando (si aplica) para cada una de ellas su categoría de amenaza, endemismo, u otra considerada de importancia, rango altitudinal si se ha determinado y estaciones de monitoreo en las cuales se ha colectado.
- Requerir a ANGLOGOLD ASHANTI COLOMBIA S.A, para que en los próximos informes de monitoreo a realizar y presentar ante esta Autoridad conforme lo establecido mediante la Resolución No. 1567 del 14 de agosto de 2009, allegue de forma organizada y clara para el componente florístico y con ayuda de tablas y gráficos, la comparación de los resultados obtenidos en cada uno de los monitoreos adelantados a lo largo del tiempo, efectuando una descripción detallada y el análisis correspondiente, en cuanto a la dinámica sucesional, cambios en las coberturas y el comportamiento de cada una de las unidades de vegetación monitoreadas.
- ANGLOGOLD ASHANTI COLOMBIA S.A., deberá presentar ante la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos en un término de tres (3) a partir de la ejecutoria del acto administrativo que acoja este concepto técnico,

*"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".*

las evidencias de la instalación y calibración de las estaciones hidrometeorológicas en las quebradas La Arenosa y La Colosa, así como en los cuerpos de agua que abastecen los acueductos de El Espinal, Chicoral y Coello y el distrito de riego de Usocoello.

- ANGLOGOLD ASHANTI COLOMBIA S.A., deberá presentar en el próximo informe de monitoreo avances de la consolidación de la información obtenida de la red de monitoreo trimestral de aguas superficiales y subterráneas realizada mediante un análisis comparativo de los resultados de las campañas realizadas a la fecha de entrega del sexto informe frente a similares resultados derivados de la línea base presentada en el estudio de sustracción, tal como es determinado en el numeral e del Artículo sexto de la Resolución 1567 de 2009.
- ANGLOGOLD ASHANTI COLOMBIA S.A. deberá revisar dentro de cada componente, los objetivos e indicadores planteados para cada uno de ellos, con el fin de subsanar aquellos que aún no se han cumplido o que se han cumplido parcialmente, en este sentido se deben implementar las metodologías que sean necesarias para el cumplimiento de los indicadores y objetivos propuestos por Anglo Gold Ashanti S.A. en el Plan de Monitoreo aprobado por el IDEAM.
- Requerir a ANGLO GOLD ASHANTI COLOMBIA S.A, para que en el próximo informe de monitoreo ambiental presente los shapes correspondientes al modelo de gestión de datos planteado en el capítulo siete (7) del plan de monitoreo aprobado por IDEAM, aspecto que hasta el momento presenta incumplimiento total dentro de lo establecido por el Plan de Monitoreo presentado por la empresa y aprobado por el IDEAM.
- Requerir a ANGLO GOLD ASHANTI COLOMBIA S.A, para que en el próximo informe de monitoreo ambiental presente los resultados que se han obtenido hasta la fecha, dentro del análisis de conectividad ecosistémica planteado en el capítulo ocho (8) del plan de monitoreo aprobado por IDEAM. aspecto que hasta el momento presenta incumplimiento total dentro de lo establecido por el Plan de Monitoreo presentado por la empresa y aprobado por el IDEAM.
- Requerir a ANGLO GOLD ASHANTI COLOMBIA S.A, para que en un término de dos (2) meses presente ante la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos, una estrategia que permita subsanar los efectos nocivos que se están presentando sobre la comunidad faunística del área de influencia del proyecto debido a: la instalación de la tela bogotana, la contaminación auditiva, el efecto de la iluminación nocturna en las instalaciones asociadas al proyecto y la instalación de tanques para captación de aguas.
- Requerir a ANGLO GOLD ASHANTI COLOMBIA S.A, para que en un término de dos (2) meses presente ante la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos, un informe sobre las medidas que fueron tomadas para evitar que trabajadores de la empresa den muerte a los ejemplares de fauna en el área. Se reitera que la aplicación satisfactoria de las medidas de manejo relacionadas es un compromiso adquirido por la empresa.

#### FUNDAMENTOS JURÍDICOS

- \* Que a través del artículo 1 de la ley 2ª de 1959 y el Decreto 111 de 1959, se establecieron con carácter de "Zonas Forestales Protectoras" y "Bosques de Interés General" las áreas de Reserva Forestal nacional del Pacífico, Central, del Río Magdalena, de la Sierra Nevada de Santa Marta, de la Serranía de los mtilones,

*"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".*

del Cocuy y de la Amazonía, para el desarrollo de la economía forestal y protección de los suelos, las aguas y la Vida Silvestre.

Que el literal b) del artículo 1 de la Ley 2ª de 1959 dispuso:

*"...b) Zona de Reserva Forestal Central, comprendida dentro de los siguientes límites generales: Una zona de 15 kilómetros hacia el lado Oeste, y otra, 15 kilómetros hacia el este del divorcio de aguas de la Cordillera Central, desde el Cerro Bordoncillo, aproximadamente a 20 kilómetros al Este de Pasto, hasta el Cerro de Los Prados al Norte de Sonsón..."*

Que conforme a los artículos 206 y 207 del Decreto- Ley 2811 de 1974, se denomina áreas de reserva forestal la zona de propiedad pública o privada reservada para destinarla exclusivamente al establecimiento o mantenimiento y utilización racional de áreas forestales, las cuales solo podrán destinarse al aprovechamiento racional permanente de los bosques que en ella existan o se establezcan, garantizando la recuperación y supervivencia de los mismos.

Que el artículo 210 del Decreto- Ley 2811 de 1974 señala que:

*"... Si en área de reserva forestal, por razones de utilidad pública o interés social, es necesario realizar actividades económicas que impliquen remoción de bosques o cambio en el uso de los suelos o cualquiera otra actividad distinta del aprovechamiento racional de los bosques, la zona afectada deberá, debidamente delimitada, ser previamente sustraída de la reserva..."*

Que mediante la Resolución 918 de 2011, este Ministerio estableció los requisitos y el procedimiento para la sustracción de las áreas de Reservas Forestales nacionales, para el desarrollo de actividades consideradas de utilidad pública e interés social.

Que el inciso segundo del artículo 204 de la ley 1450 de 2011 estableció:

*"... Las autoridades ambientales, en el marco de sus competencias, y con base en estudios técnicos, económicos, sociales y ambientales adoptados por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, podrán declarar, reservar, alinderar, realinderar, sustraer, integrar o recategorizar las áreas de reserva forestal. En los casos en que proceda la sustracción de las áreas de reserva forestal, sea esta temporal o definitiva, la autoridad ambiental competente impondrá al interesado en la sustracción, las medidas de compensación, restauración y recuperación a que haya lugar, sin perjuicio de las que sean impuestas en virtud del desarrollo de la actividad que se pretenda desarrollar en el área sustraída. Para el caso de sustracción temporal, las compensaciones se establecerán de acuerdo con el área afectada..."*

Que el numeral 14 del Artículo 2 del Decreto ley 3570 de 2011, señaló a este Ministerio la función de:

*"14. Reservar y alinderar las áreas que integran el Sistema de Parques Nacionales Naturales; declarar, reservar, alinderar, realinderar, sustraer, integrar o recategorizar las áreas de reserva forestal nacionales, reglamentar su uso y funcionamiento."*

Que mediante Resolución No. 0053 del 24 de enero de 2012, el Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible, delegó en el Director de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos la función de *"Suscribir los actos administrativos relacionados con las sustracciones de reservas forestales de carácter nacional"*.

*"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".*

Que mediante la Resolución 0543 del 31 de mayo de 2013, se nombró de carácter ordinario a la doctora MARÍA CLAUDIA GARCÍA DÁVILA en el empleo de Director Técnico Código 0100 grado 22, de la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos de la planta de personal del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Que en mérito de lo expuesto,

### **RESUELVE**

**ARTÍCULO 1.** Requerir a ANGLOGOLD ASHANTI COLOMBIA S.A., para que en el término de tres (3) meses contados a partir de la ejecutoria del presente acto administrativo allegue a la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, lo siguiente:

- a) Aclarar y explicar las razones por las cuales no reportó la presencia de la cobertura de "Arbustal abierto mesófilo" en el área de influencia del proyecto PLC y cuántas unidades de muestreo se tienen en esta cobertura para su monitoreo y su ubicación geográfica con la georreferenciación de cada vértice que delimite cada una de las unidades de muestreo.
- b) Presentar un plano actualizado y vigente en escala detallada de las coberturas vegetales existentes en el área de influencia de PLC y un análisis multitemporal frente a las coberturas que fueron identificadas desde que se inició con la implementación del monitoreo florístico.
- c) Presentar un consolidado de todas las especies de flora que en desarrollo del monitoreo, que se han registrado en el área de influencia del proyecto PLC, indicando cuales se encuentran categorizadas con algún grado de amenaza y/o vulnerabilidad de acuerdo con la Resolución No. 192 del 10 de febrero de 2014 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, UICN y Libros Rojo, y aquellas que sean identificadas como endémicas y vedadas tanto para el departamento del Tolima como para Colombia.
- d) Presentar un análisis detallado que explique las razones por las cuales entre el monitoreo No. 5 (abril de 2014) y el monitoreo No. 6 (octubre de 2014), hubo un incremento de 9 especies catalogadas con algún grado de amenaza y/o vulnerabilidad, endémicas y vedadas.
- e) Presente el listado (en formato Excel) de todas las especies faunísticas que han sido registradas hasta el momento, indicando (si aplica) para cada una de ellas su categoría de amenaza, endemismo, u otra considerada de importancia, rango altitudinal si se ha determinado y estaciones de monitoreo en las cuales se ha colectado.

**ARTÍCULO 2.** Requerir a ANGLOGOLD ASHANTI COLOMBIA S.A, para que conforme lo establecido mediante la Resolución No. 1567 del 14 de agosto de 2009, allegue ante esta Dirección los próximos informes de monitoreo de forma organizada y clara para el componente florístico con ayuda de tablas y gráficos, la comparación de los resultados obtenidos en cada uno de los monitoreos adelantados, efectuando una descripción detallada y el análisis correspondiente, en cuanto a la dinámica sucesional, cambios en las coberturas y el comportamiento de cada una de las unidades de vegetación monitoreadas.

*"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".*

**ARTÍCULO 3.** Requerir a ANGLOGOLD ASHANTI COLOMBIA S.A., para que presente ante la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos en un término de tres (3) meses a partir de la ejecutoria de este acto administrativo, las evidencias de la instalación y calibración de las estaciones hidrometeorológicas en las quebradas La Arenosa y La Colosa, así como en los cuerpos de agua que abastecen los acueductos de El Espinal, Chicoral y Coello y el distrito de riego de Usocoello

**ARTÍCULO 4** Requerir a ANGLOGOLD ASHANTI COLOMBIA S.A., para que presente en el próximo informe de monitoreo avances de la consolidación de la información obtenida de la red de monitoreo trimestral de aguas superficiales y subterráneas realizada mediante un análisis comparativo de los resultados de las campañas realizadas a la fecha de entrega del sexto informe frente a similares resultados derivados de la línea base presentada en el estudio de sustracción, tal como es determinado en el numeral e del Artículo sexto de la Resolución 1567 de 2009.

**ARTÍCULO 5.** ANGLOGOLD ASHANTI COLOMBIA S.A deberá revisar las metodologías de cada componente, los objetivos e indicadores planteados para cada uno de ellos, con el fin de subsanar aquellos que aún no se han cumplido o que se han cumplido de manera parcial. Por tanto, deberá implementar las metodologías que sean necesarias para el cumplimiento de los indicadores y objetivos propuestos y aprobados por el IDEAM en el Plan de Monitoreo.

**ARTÍCULO 6.** Requerir a ANGLOGOLD ASHANTI COLOMBIA S.A., para que de cumplimiento a los capítulos siete (7) y ocho (8) del plan de monitoreo aprobado por IDEAM mediante radicados No. 4120-E1-4335 del 17 de enero de 2012 y No. 4120-E1-44314 del 29 de diciembre de 2014, presentando en el próximo informe de monitoreo lo siguiente:

- a) Los shapes correspondientes al modelo de gestión de datos planteado en el capítulo siete (7) del plan de monitoreo aprobado por IDEAM.
- b) Los resultados que se han obtenido hasta la fecha, dentro del análisis de conectividad ecosistémica planteado en el capítulo ocho (8) del plan de monitoreo aprobado por IDEAM.

**ARTÍCULO 7.** Requerir a ANGLO GOLD ASHANTI COLOMBIA S.A., para que en un término de tres (3) meses contados a partir de la ejecutoria del presente acto administrativo, allegue a la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos, una estrategia que permita subsanar los efectos nocivos que se están presentando sobre la comunidad faunística del área de influencia del proyecto debido a la instalación de la tela bogotana, la contaminación auditiva, el efecto de la iluminación nocturna en las instalaciones asociadas al proyecto y la instalación de tanques para captación de aguas.

**ARTÍCULO 8.** Requerir a ANGLO GOLD ASHANTI COLOMBIA S.A, para que en un término de tres (3) meses contados a partir de la ejecutoria del presente acto administrativo, allegue a la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos, un informe sobre las medidas que fueron tomadas para evitar que trabajadores de la empresa den muerte a los ejemplares de fauna en el área. Se reitera que la aplicación satisfactoria de las medidas de manejo relacionadas es un compromiso adquirido por la empresa.

**ARTÍCULO 9.** El incumplimiento de las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 de 2009, proferida por la Dirección de Ecosistemas (hoy Dirección

"Por medio del cual se hace seguimiento a las obligaciones establecidas en la Resolución 1567 del 14 de agosto de 2009".

de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos de este Ministerio), dará lugar al inicio de las acciones sancionatorias previstas en la Ley 1333 de 2009.

**ARTÍCULO 10.** Notificar el presente acto administrativo al representante legal de ANGLOGOLD ASHANTI COLOMBIA S.A., o a su apoderado legalmente constituido.

**ARTÍCULO 11.** Publicar el presente acto administrativo en la página web del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

**ARTÍCULO 12.** Contra el presente acto administrativo procede el recurso de reposición de conformidad con los artículos 74, 76 y 77 del Código de Procedimiento Administrativo y de lo Contencioso Administrativo.

### NOTIFÍQUESE, PUBLÍQUESE Y CÚMPLASE

Dada en Bogotá D.C., a los \_\_\_\_\_



MARÍA CLAUDIA GARCÍA DÁVILA

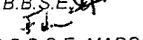
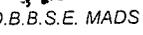
Directora de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos

Proyectó:

Revisó:

V.B.:

Expediente: SRF0025

 Claudia Juliana Patiño Niño / Abogado.-D.B.B.S.E.  
 Fernando Santos / Abogado - D.B.B.S.E.  
 Luis Francisco Camargo - Coordinador D.B.B.S.E. MADS