

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA



FACULTAD DE INGENIERIA

**ESPECIALIZACIÓN EN PLANEACIÓN AMBIENTAL Y MANEJO INTEGRAL
DE LOS RECURSOS NATURALES**

Artículo proyecto de grado:

**CARACTERIZACIÓN DE LA FASE DE CIERRE Y ABANDONO DE LA MINA
LA FISCALA, BAJO EL ENFOQUE DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA**

Autor:

CÉSAR AUGUSTO MAHECHA MONTAÑEZ

Código: 2700591

Tutor:

ERIKA JOHANA RUIZ SUAREZ

BOGOTÁ 2015

CARACTERIZACIÓN DE LA FASE DE CIERRE Y ABANDONO DE LA MINA LA FISCALA, BAJO EL ENFOQUE DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

César Augusto Mahecha Montañez
Administrador Ambiental y de los Recursos Naturales
Universidad Militar Nueva Granada, Especialización en Planeación Ambiental y Manejo
Integrado de Recursos Naturales
Bogotá, Colombia, 2015
cmahecha80@hotmail.com

RESUMEN

La minería a cielo abierto de materiales de construcción en Bogotá ha dejado evidentes pasivos ambientales al final del proceso de extracción. Esto genera suelos degradados y sin vegetación, que representan un problema para la ciudad. Gran parte de la operación minera desarrollada en Bogotá muestra deficiencias en la gestión de la fase de cierre y abandono, causada especialmente por procesos deficientes de restauración. Algunas de las causas de este problema son la falta de interés o la ignorancia en temas de restauración ecológica, la ilegalidad, la falta de control por parte de las autoridades estatales, o simplemente porque las actividades propuestas en los planes de manejo, aprobados por las autoridades ambientales, han llevado a obtener tales resultados. El presente documento presenta la caracterización de un caso de estudio que permite identificar las debilidades en la etapa de cierre y abandono de la Mina La Fiscala ubicada en la ciudad de Bogotá, complementado por un proceso de investigación que permita generar alternativas de manejo enfocadas en la restauración ecológica, aplicables a la mina fiscala, y que podrían ser replicadas en procesos similares en Colombia.

Palabras clave: Minería a cielo abierto, Materiales de construcción, Cierre y abandono, Reconformación, Restauración ecológica.

ABSTRACT

Open pit mining of construction materials in Bogota has left obvious environmental liabilities at the end of the extraction process. This generates soils degraded without vegetation, which represent a problem for the city. Much of the mining operation developed in Bogotá shows deficiencies in the management of the closure and abandonment stage, caused especially by processes deficient of restoration stage. Some causes of this problem are the lack of interest or ignorance on issues of ecological restoration, illegality, the lack of control by state authorities, or simply because the activities proposed in the management plans, approved by the environmental authorities, they have led to obtain such results. This paper presents the characterization of a case study that identifies weaknesses in the stage of closure and abandonment of the Mina La Fiscala located in Bogota, complemented by a research process that can generate management alternatives focused on ecological

restoration, applicable to the mine Fiscala and that could be replicated in similar processes in Colombia.

Keywords: Open pit mining, Building materials, Closure and abandonment, Rebuilding, Ecological restoration.

INTRODUCCIÓN

La minería de materiales de construcción es considerada como un factor importante dentro del desarrollo económico, urbano y progreso social de una región. Está a su vez es una industria que registra visibles impactos ambientales, especialmente relacionados al manejo del suelo. En Colombia este tipo de minería se realiza con métodos de extracción variados, los cuales comprenden desde procesos tecnificados hasta la extracción artesanal, llevadas a cabo por empresas legalmente constituidas, y por empresas informales de menor tamaño, con diferentes efectos ambientales. Se enfocan principalmente en la explotación de arcillas, calizas, piedras, gravas y arenas, empleadas en la producción de cemento, concreto, ladrillos, cerámica, y otros productos relacionados, utilizados en el sector de la construcción.

En el caso de Bogotá, hasta hace muy poco, se desarrollaron diferentes proyectos mineros de materiales de construcción, los cuales en su mayoría se adelantaron mediante el método de minería a cielo abierto, buscando dar respuesta a la creciente demanda de este tipo de materiales, relacionada al rápido crecimiento y desarrollo de la ciudad en infraestructura, vivienda y vías. Estos procesos extractivos han generado diferentes impactos negativos al medio ambiente, siendo la degradación de suelos y la destrucción de la capa vegetal los más evidentes, especialmente en las zonas oriental y sur de la ciudad, en las localidades de Usme y Tunjuelito.

Los proyectos adelantados en la ciudad por empresas legalmente constituidas, han requerido en su momento la aprobación de planes de manejo ambiental para su desarrollo, contemplando medidas de manejo para las etapas de exploración, explotación, y cierre y abandono. A pesar de esto, es claramente visible la deficiencia de dichas medidas, especialmente en esta última fase.

Un recorrido de observación por las áreas de minas y canteras que ya no están siendo explotadas o se encuentran en su etapa de cierre, ubicadas en los cerros orientales o en la zona sur de la ciudad de Bogotá, es bastante diciente de las deficientes o poco exitosas medidas de restauración realizadas por los responsables de los proyectos. Tal es el caso de la Mina La Fiscala, la cual está ubicada en el sector sur de Bogotá, a la altura del kilómetro 7 de la vía Usme. Este proyecto minero desarrolló actividades de explotación de materiales de construcción por medio del sistema de explotación a cielo abierto, método open pit, por más de 60 años, en un área aproximada de 53 hectáreas. Desde el año 2004, Cemex, como titular del contrato de concesión minero, viene desarrollando actividades propias de la etapa de cierre y abandono, realizando un proceso de retrolenado progresivo con escombros, desechos de construcción, tierra, y otra serie de materiales residuales, logrando establecer

sin mucho éxito, parches con algunas sucesiones vegetales poco definidas y pastos pobres en algunas áreas geomorfológicamente ya reconfiguradas.

Frente al panorama descrito, el presente documento comprende la caracterización de la etapa de cierre y abandono realizada en la Mina la Fiscalá, como área de estudio, por medio de la identificación del área, revisión bibliográfica y de campo de los procesos de explotación y reconfiguración adelantados, y la documentación de dichos procesos, a fin de identificar y formular medidas correctivas orientadas hacia la restauración ecológica, que en un futuro pueda conducir al proyecto a convertirse en un referente del manejo sostenible en la minería a cielo abierto de materiales de construcción, recuperando, o estableciendo nuevos servicios ecosistémicos en el área afectada.

1. MATERIALES Y METODOS

Dentro del presente documento se realizaron tres fases que permitieron formular posteriormente las medidas correctivas en el proceso de reconfiguración y restauración, bajo el enfoque de la restauración ecológica, los cuales son:

1.1. IDENTIFICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

Por medio del acceso a la revisión de documentos técnicos del área del contrato de concesión, propiedad de la empresa a quien se le otorgó el título minero, se estableció el polígono del área de la mina, cuyas coordenadas corresponden a 992202.16 Norte y 994603.93, teniendo como puntos de arcfinio al costado occidental el Río Tunjuelo, y al costado oriental la avenida Caracas, con un área aproximada de 53 hectáreas¹.

Figura 1. Localización área de estudio – imagen satelital enero 2015



La zona de estudio Mina Fiscala está localizada en el sector de Fiscala, antiguo municipio de Usme sobre la cuenca media del Río Tunjuelo. La mina queda localizada en el costado oriental de la Autopista al Llano unos 500 metros antes de llegar a la entrada del Relleno Sanitario de Doña Juana, o siguiendo la carretera a Usme a unos 700 metros después de pasar la Escuela de Artillería sobre el margen occidental de esta carretera.

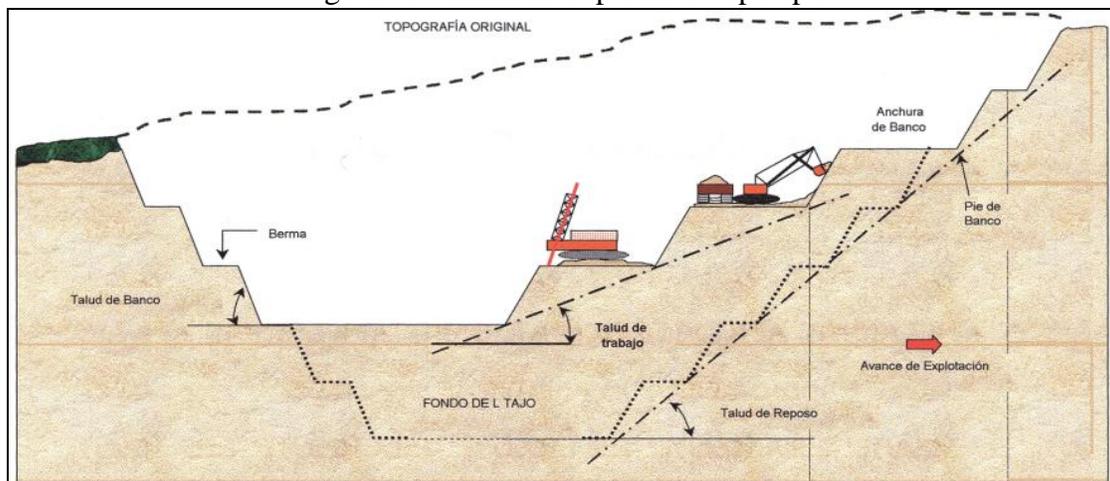
1.2. REVISIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE LOS PROCESOS DE EXPLOTACIÓN Y RECONFORMACIÓN ADELANTADOS.

Para esta revisión bibliográfica se tomó como base la información contenida en los documentos técnicos del título minero, tanto de la parte minera asociada a la explotación realizada en el área del título, como de las principales actividades de reconformación y restauración realizadas hasta el año 2014.

1.2.1 Proceso de explotación

De acuerdo al Catastro Minero Nacional, el subsuelo de la zona previamente delimitada para la Mina Fiscala, corresponde al título minero 4285, el cual fue otorgado para la explotación de materiales de construcción por el Ministerio de Minas y Energía a la sociedad Cementos Diamante S.A (hoy día Cemex Colombia S.A.), realizando trabajos de explotación en el área hasta el año 2004 por el método de open pit². Este método se caracteriza por mover grandes volúmenes de material, a través de una serie de bancos de extracción que por su buzamiento obligan a una profundización de la excavación, formando diferentes terrazas y taludes a medida que se avanza en la explotación³. El material extraído era posteriormente entregado a una planta de beneficio la cual por medio de procesos de trituración, lavado y clasificación obtiene un producto terminado de arenas y gravas los cuales se utilizan para la fabricación de concreto.

Figura 2. Método de explotación open pit



Fuente: Guía Minero Ambiental de Explotación, 2002.

² Cemex Colombia S.A. (2006). *Plan de recuperación y establecimiento Mina Fiscala*. Bogotá.

³ Ministerio de Minas y Energía - Ministerio de Medio Ambiente. (2002). *Guía Minero Ambiental de Explotación*. Bogotá.

El método de open pit empleado en la Mina la Fiscalá por más de 40 años, fue aplicado al yacimiento horizontal de los minerales concesionados (arcillas, piedras, gravas y arenas), depositando el estéril en el hueco creado y transportándolo alrededor de la explotación. A lo largo de los años de explotación de este título minero, se alcanzaron profundidades importantes de más de 70 metros, con equipos convencionales para la extracción, carga y transporte en este tipo de minería⁴. A continuación se muestra una imagen satelital del año 2005 en la que se aprecia el pit del área de explotación, así como los bancos y taludes conformados luego del proceso de extracción, un año después de finalizar las actividades de explotación y aprovechamiento de la mina.

Figura 3. Imagen satelital área de explotación año 2005.



1.2.2. Proceso de reconfiguración

Para esta etapa se tuvo en cuenta la revisión bibliográfica y evaluación de los estudios presentados por parte de la firma titular del título minero al Ministerio de Medio Ambiente, la Agencia Nacional de Licencias Ambientales – ANLA y Agencia Nacional de Minería - ANM, como parte de la ejecución de la etapa de cierre y abandono de la mina (Cemex Colombia S.A., 2014) (Cemex Colombia S.A., 2006). De acuerdo a la información evaluada, la reconfiguración morfológica planteada para la mina busca esencialmente la nivelación del terreno a una cota aproximada a lo que correspondía al área antes de ser intervenida (2600m), cumpliendo los parámetros de seguridad geotécnica y contemplando la restauración de la zona de manejo como un área clave para la preservación ambiental⁵.

⁴ Cemex Colombia S.A. (2006). *Plan de recuperación y establecimiento Mina Fiscalá*. Bogotá.

⁵ Cemex Colombia S.A. (2005). *Plan de Restauración Morfológica Mina Fiscalá*. Bogotá.

Las labores de reconfiguración realizadas desde el año 2004, en el cual se finalizó la etapa de explotación y se dio inicio a la etapa de cierre y abandono de la mina, han sido enfocadas al retrolleado del área en un sentido de avance de Oeste a Este, el cual se ha ajustado a medida que las labores de reconfiguración han avanzado. Teniendo en cuenta el cambio de las condiciones existentes en el área debido a las inundaciones presentadas en el año 2002, se han llevado a cabo diferentes acciones como la ejecución de 4 líneas de Geométrica continua, cuya información se ha ajustado con base en los registros obtenidos de 5 perforaciones realizadas, donde adicionalmente se hicieron pruebas de permeabilidad, en el talud aledaño al Río Tunjuelo, y se han implementado piezómetros para el monitoreo de fluctuaciones del nivel freático. Se han implementado además diferentes obras de drenaje, tales como trincheras drenantes, cunetas revestidas, disipadores, entre otros, para el manejo del agua de escorrentía⁶.

El retrolleado se viene realizando con base en los estudios geotécnicos, que en conjunto con las obras de drenaje, son parte fundamental de la restauración del área afectada. De acuerdo a los estudios presentados, el proceso de reconfiguración realizado, se ha adelantado mediante la recepción y disposición técnica de residuos de construcción RCD, buscando acelerar el proceso de relleno para garantizar la estabilidad del área y el nivel de cota establecido dentro del proceso de reconfiguración. El avance del retrolleado dependerá entonces de la cantidad de material que ingrese al sitio para ser conformado y con base en la tasa de rendimiento. (Cemex Colombia S.A., 2005).

Para el proceso de restauración vegetal está enfocado a la empedricación de la superficie, de tal manera que se eviten procesos erosivos y que el área pueda ser dispuesta posteriormente para actividades de recreación pasiva, investigación científica y educación ambiental. Dentro de este proceso, se contempla además la arborización de la ronda del Río Tunjuelo en el trayecto que recorre por el área de la Mina, estableciendo una franja de protección acorde a lo establecido para las rondas de río y nacederos para el Distrito Capital. Finalmente, en la revisión de información se pudo establecer que la revegetalización está contemplada a realizarse con especies arbustivas y forestales nativas de la zona, que posean propiedades y adaptaciones que favorezcan la recuperación del área intervenida, entre las que se destacan: Aliso, Hayuelo, Gurrubo, Chilco, Tuno, Mora, Tomatillo y Encenillo (Cemex Colombia S.A., 2005).

1.3. REALIZACIÓN DE SALIDAS DE CAMPO PARA LA REVISIÓN DE LOS PROCESOS DE RECONFIGURACIÓN ADELANTADOS.

Para esta etapa se realizaron 4 visitas entre los meses de Enero de 2015 a Abril de 2015, con el fin de verificar mediante la observación en campo la coherencia entre las actividades planteadas en los documentos técnicos y los procesos adelantados a la fecha, así como para identificar las posibles fallas presentadas en el proceso de reconfiguración, y las áreas de oportunidad, especialmente en lo referente al manejo de suelos y revegetalización de la área intervenida durante la etapa de explotación.

⁶Cemex Colombia S.A. (2005). *Plan de Restauración Morfológica Mina Fiscalá*. Bogotá.

La primera etapa de las visitas de campo consistió principalmente en la identificación de actividades que al momento se realizaban en la mina, así como en la verificación de las obras contempladas dentro del plan de cierre minero propuesto.

Figura 4. Distribución infraestructura y obras Mina Fiscala – año 2015



Posteriormente se realizó la identificación y revisión de las actividades propias de reconfiguración en el área del pit de explotación. Se pudo evidenciar el avance significativo en el relleno de algunas áreas, especialmente de zona sur de la mina, como se muestra en la siguiente fotografía tomada al momento del recorrido:

Figura 5. Zona de reconfiguración al sur de la Mina Fiscala



De acuerdo a lo evidenciado en campo, la reconfiguración del área que en su momento fue explotada, se está realizando en su mayoría con materiales reciclados de residuos de construcción y demolición, tierra, arena y piedra, recibidas de otras obras o provenientes de zonas de almacenamiento de estériles propias de las labores de explotación realizadas en la mina.

Figura 6. Disposición y manejo de RCD en el proceso de reconformación.



Para comprobar las condiciones del suelo al final del proceso de reconformación, se realizaron perforaciones de 1 metro en diferentes puntos a lo largo y ancho de la mina, documentando mediante fotografías las condiciones del suelo conformado cuando se ha llegado a la cota estipulada, como se muestra en las siguientes fotografías:

Figura 6. Condiciones cota final del suelo reconformado – punto de muestreo 1



Figura 6. Condiciones cota final del suelo reconformado – punto de muestreo 2



Figura 6. Condiciones cota final del suelo reconformado – punto de muestreo 3



Figura 6. Condiciones cota final del suelo reconformado – punto de muestreo 4



En una visita posterior se realizó la identificación y revisión de los procesos propios de restauración vegetal realizados. En el recorrido realizado se identificaron dos áreas principales que ya fueron reconformadas y en las que se evidencian siembras realizadas hace aproximadamente 4 años, encontrándose que los individuos arbustivos de mayor están cerca a los 2 a 2 y 1/2 metros de altura. Las especies que se observa se han logrado reproducir corresponden a Aliso (*Alnus Acuminata*), Chilco (*Baccharis latifolia*), Hayuelo (*Dononaea viscosa*) y Garbanzo (*Duranta mutissi*) principalmente.

Figura 7. Área de siembra 1 Mina Fiscala



Figura 8. Área de siembra 2 Mina Fiscala



Se observan algunos individuos arbóreos de gran porte correspondientes a Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en las áreas perimetrales de la Mina y hacia el centro de la misma, siendo estas las especies vegetales más representativas que se encuentran en las zonas de reconfiguración. Como un aspecto relevante se resalta la presencia de Retamo espinoso (*Ulex eurapeus*) en varias zonas de la mina.

Figura 9. Evidencia de la presencia de Retamo espinoso (*Ulex eurapeus*)



Se pudo establecer que para la restauración ecológica se utilizan individuos levantados en el vivero de la mina, en el cual se realiza la producción de plantas para las actividades de siembra en las áreas de la mina que ya han sido reconfiguradas.

En la fase final de las visitas de campo se realizaron perforaciones de 1 metro a 1.5 metros para la recolección de muestras de suelo de las 2 zonas principales que ya han sido reconvertidas, recolectando muestras de 2 kilos para cada zona.

Figura 10. Recolección de muestras de suelo en zona reconvertida



Las muestras recolectadas fueron enviadas al laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, obteniendo los siguientes datos:

Figura 11. Resultados análisis de suelo muestra zona 1

REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELO											
Página 1 de 1											
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE BOGOTÁ LABORATORIO DE SUELOS FACULTAD DE AGRONOMÍA B-FAGL002FT-10.002.007											
Remitente: CEMEX	Finca: Fiscala	Lote: Zona 1									
Dirección: Cll 99 90-5	Propietario: CEMEX	Recibido: 25.03.15									
Ciudad: Bogotá	Municipio: Bogotá	Reportado: 13.04.15									
	Dpto: Cundinamarca	Recibo No.: 143758851									
	Cultivo: Reforestación										
RESULTADOS											
pH	CE dS/m	CO		N	Ca	K	Mg	Na	Al	CICE	CIC
		%									
5,5	ns	4,70	0,41	6,86	0,34	1,75	0,50	0,00	9,45	ns	
ns: no solicitado											
P	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	Ar	L	A	Textura	
mg / kg								%			
14,5	ns	ns	ns	ns	ns	ns	23	31	46	F	
Los resultados corresponden únicamente a las muestras suministradas por el usuario y analizadas en el laboratorio											

Figura 12. Resultado análisis de suelo muestra zona 2

REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELO										
Página 1 de 1										
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE BOGOTÁ LABORATORIO DE SUELOS FACULTAD DE AGRONOMÍA B-FAGL002FT-10.002.007										
Remitente:	CEMEX	Finca:	Fiscala	Lote:	Zona 2					
Dirección:	CII 99 90-5	Propietario:	CEMEX	Recibido:	25.03.15					
Ciudad:	Bogotá	Municipio:	Bogotá	Reportado:	13.04.15					
		Dpto:	Cundinamarca	Recibo No.:	143758851					
		Cultivo:	Reforestación							
RESULTADOS										
pH	CE dS/m	CO	N	Ca	K	Mg	Na	AI	CICE	CIC
		%		meq / 100g						
6,1	ns	1,39	0,12	9,55	0,51	1,26	0,27	0,00	11,6	ns
ns: no solicitado										
P	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	Ar	L	A	Textura
mg / kg							%			
>116	ns	ns	ns	ns	ns	ns	31	27	42	FAr
Los resultados corresponden únicamente a las muestras suministradas por el usuario y analizadas en el laboratorio										

2. RESULTADOS Y ANÁLISIS

2.1. Ubicación y entorno Mina Fiscala

La minería de materiales de construcción desarrollada en la ciudad de Bogotá ha representado un conflicto socio ambiental que se ha visto incrementado en los últimos 40 años. El crecimiento demográfico de la ciudad y las deficiencias en la planeación de la misma, han conducido a la expansión desmedida de las fronteras urbanas. La mina la fiscala entonces, se encuentra ubicada en una zona neurálgica en la que el conflicto entre minería y sociedad es uno de los más evidentes. La localidad de Tunjuelito, en la que se encuentra ubicada la mina, presentaba al año 2013 una tasa de crecimiento con una densidad poblacional de 5.103 personas por kilómetro cuadrado⁷, en un paisaje en el que en su mayor parte se observan edificaciones correspondientes a viviendas, y estructuras urbanas mezcladas con zonas mineras que en su momento estuvieron destinadas a proveer la demanda de materiales de construcción de la ciudad, la cual para el año 2014 se estimó en 12 millones 402 mil toneladas, lo que equivale a un promedio de 1.95 toneladas año por habitante⁸.

Si bien en la actualidad la minería en Bogotá se encuentra restringida por las autoridades distritales y se espera una respuesta definitiva sobre su exclusión como actividad económica en la ciudad, áreas de explotación minera a cielo abierto como las de la mina fiscala, entre otras, tanto legales como ilegales, vienen dejando a la ciudad pasivos

⁷ Fundación Corona, Camara de Comercio de Bogotá, Pontificia Universidad Javeriana. (2013). *Informe de Calidad de Vida, Bogotá cómo vamos*. Bogotá D.C.

⁸ Unidad de Planeación Minero Energetica UPME. (2014). *Evaluación de la situación actual y futura de los materiales del mercado de materiales de construcción y arcillas en las ciudades de Bogotá, Medellín, Bucaramanga, Barranquilla, Santa Marta y Eje Cafetero*. Bogotá D.C.

ambientales significativos, más aun si la remediación no es realizada de la manera correcta. Estos pasivos son entendidos como un pasivo ambiental minero – PAM, el cual hace referencia a un “área donde existe la necesidad de restauración, mitigación, o compensación por un daño ambiental o impacto no gestionado, producido por actividades mineras inactivas o abandonadas que ponen en riesgo la salud, calidad de vida o bienes públicos o privados”⁹. Estos pasivos ambientales incrementan el ya deteriorado paisaje de la zona sur de la ciudad, así como la problemática socio ambiental de la misma.

De acuerdo a un diagnostico ambiental publicado en el año 1994 en la localidad de Tunjuelito, perteneciente a la zona de influencia directa e indirecta de la mina, dentro de los principales problemas ambientales de la localidad se identificó el problema de la conservación de suelos, representado en grandes extensiones que venían siendo desprovistas de la capa vegetal, permitiendo la acción rápida de los agentes erosivos, lo cual desde entonces ha sido atribuido entre otras razones, a la explotación de canteras¹⁰, situación que se repite en la localidades de Rafael Uribe y Usme que se han visto afectadas por la actividad minera tanto a cielo abierto como subterránea.

Otro aspecto importante a resaltar es el hecho de que el total de áreas protegidas en suelo urbano de la localidad Tunjuelito corresponde al 27.8% de la superficie total de la localidad, concentrados principalmente en la ronda del rio Tunjuelo y el parque metropolitano el Tunal; descotándose que en la localidad hay una proporción mínima de zonas verdes por habitante¹¹, situación que contribuye al deterioro ambiental de la misma y de sus pobladores. En este contexto, adquiere relevancia la ubicación de la mina respecto al rio Tunjuelito, ya que este pasa por el área perimetral de la mina y atraviesa otras minas contiguas, por lo que se requiere un enfoque especial en la protección de su ronda, más aun si se tiene en cuenta los riesgos asociados a deslizamientos e inundaciones como los presentados en el año 2002 por el desbordamiento del rio, en donde se vieron afectadas cientos de familias de las áreas aledañas a la mina; eventos en los que se asocia la actividad minera desarrollada en el área de la cuenca media del Rio Tunjuelito, donde se han extraído materiales de la zona de amortiguación de este cuerpo hídrico, con excavaciones que varían entre 50 y 80 metros de profundidad¹².

2.2. Sistema de explotación

El sistema de explotación realizado en la Mina La Fiscala hasta el año 2004 es considerado como minería de gran impacto por las características propias del proyecto, especialmente

⁹ Anida Yupari, informe elaborado para la Comisión Económica para América Latina CEPAL, Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales BGR, Servicio Nacional de Geología y Minería SERNAGEOMIN. (2008). *Pasivos ambientales mineros en Sudamérica*.

¹⁰ Departamento Administrativo del Medio Ambiente. (1994). *Agendas locales ambientales - Localidad 6, Tunjuelito*. Bogotá D.C.: Guía Editores e Impresiones.

¹¹ Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Asuntos Ambientales - IDEA. (2009). *Agenda Ambiental Localidad 6, Tunjuelito*. Bogotá D.C.

¹² Contraloría de Bogotá D.C. (2004, 11 2002). *Contraloría Bogotá D.C.* Recuperado el 04 25, 2015, de http://www.contraloriabogota.gov.co/intranet/contenido/ControlesPORTAL/Advertencias/2004/B11_Amenaza%20de%20nueva%20cat%C3%A1strofe%20en%20la%20zona%20de%20emergencia%20del%20r%C3%ADo%20tunjuelo%20%28%C3%A1rea%20de%20las%20gravilleras%29.pdf

por la cantidad de material extraído en sus 53 hectáreas aproximadas de área de explotación, con profundidades alcanzadas de más de 60 metros para el aprovechamiento de los minerales concesionados (Cemex Colombia S.A., 2005). Partiendo de la definición de impacto ambiental como un efecto adverso producido por la acción humana sobre el medio ambiente, el método de open pit o minería a cielo abierto empleado en este caso, genera diversos impactos negativos al ambiente ya que el proceso per se implica deforestación o retiro de la cobertura vegetal, excavación, extracción y transporte de materiales; lo cual conlleva a la alteración de los factores bióticos, abióticos que componen un ecosistema, y un cambio drástico en las condiciones naturales del paisaje y condiciones socioeconómicas de la zona¹³.

En la fase de explotación del título minero 4285 (Mina Fiscalá), se realizó un arranque mecánico de material con retroexcavadora, siguiendo un diseño geométrico mediante terrazas y bermas que permiten la estabilización geotécnica de la zona. En dicha fase se generaron impactos como pérdida parcial del recurso suelo productivo, destrucción o pérdida de la capa vegetal, pérdida de hábitat de fauna endémica, generación de procesos erosivos, aumento del riesgo de deslizamientos e inestabilidad del terreno, contaminación atmosférica por material particulado, contaminación auditiva por el ruido generado por la maquinaria y el proceso de trituración, impacto socioeconómico evidenciado principalmente en la alteración del modo y calidad de vida de las comunidades ubicadas en la zona de influencia de la mina, un deterioro morfológico y paisajístico que genera un impacto visual negativo para la ciudad, en especial para los habitantes de las localidades aledañas al proyecto minero, y en términos generales pérdida de los servicios ambientales que su momento prestaba el ecosistema establecido en el área antes de la explotación¹⁴ (Cemex Colombia S.A., 2014).

Como un aspecto importante se destaca que si bien la fase de explotación realizada durante la vida útil del título minero fue desarrollada en base a los criterios técnicos empleados en este tipo de minería, y se implementaron medidas de manejo ambiental como cunetas para el manejo de aguas y empradización de taludes para mitigar el efecto de erosión en la zona de explotación, en la zona se presentaron eventos asociados a la inestabilidad del terreno y de inundación por la cercanía de la mina con el río Tunjuelo.

2.3. Reconformación morfológica

El proceso de reconformación o adecuación morfológica que se viene adelantando desde el año 2004, ha permitido la nivelación del terreno especialmente hacia la parte sur de la mina, lo que permitirá alcanzar la cota deseada de 2600 metros, volviendo en este aspecto a las condiciones iniciales del terreno antes de ser intervenido y cumpliendo los parámetros de seguridad geotécnica exigidos para estos casos. Desde que se iniciaron las labores de reconformación no se han presentado fenómenos asociados a riesgos por inestabilidad o

¹³ Ministerio del Medio Ambiente. (1998). *Guía ambiental para actividades del subsector de materiales de construcción - canteras fase de explotación (GMCE)*. Biotipo Ltda.

¹⁴ Cemex Colombia S.A. (2014). *Plan de Manejo Recuperación y Restauración Ambiental Mina Fiscalá*. Bogotá.

inundación en lo que respecta a la zona de influencia directa de la mina, lo cual es monitoreado por medio de los piezómetros instalados, mismos que fueron verificados al momento de la primera visita de campo realizada a la zona de estudio. Así mismo las obras adelantadas para el manejo de aguas de escorrentía han contribuido a la estabilidad de la zona que está siendo reconformada.

Se pudo constatar que el retrolleado del pit que se viene realizando mediante la recepción y disposición técnica de residuos de construcción RCD cuenta con la autorización y validación por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en cabeza de la Agencia Nacional de Licencias Ambientales, que para este caso y por las características del proyecto, en quien realiza el control y vigilancia de la mina, y ante quien el titular minero reporta las diferentes actividades de manejo que se vienen desarrollando.

De acuerdo a la visita de campo realizada, se pudo evidenciar que la disposición de escombros realizada en la Mina Fiscal se encuentra autorizada por las autoridades ambientales como el Ministerio de Medio Ambiente (Resolución 1506 del 28 de julio de 2006), vigilada por la secretaria Distrital de Ambiente, y se realiza de acuerdo a las consideraciones técnicas del ANLA, la cual contempla que los materiales RCD y excavación provenientes de la realización de obras civiles de la ciudad de Bogotá D.C., inicialmente se ejecutará en los sectores donde el material explotado se haya agotado y se realice simultáneamente con el desarrollo final de la explotación minera¹⁵, como es el caso de la Mina Fiscal. Los materiales están siendo dispuestos en formas ascendentes superpuestas, definidas de tal forma que ayude a aumentar la estabilidad de los taludes mineros, permitiendo además aprovechar el tráfico de las volquetas y maquinaria lo cual contribuye a la compactación del terreno.

2.4. Proceso de restauración

El proceso de restauración realizado en la Mina Fiscal parte de las actividades de reconformación morfológica, pues es en este proceso que se inicia la nueva conformación de suelo que servirá de soporte para la vegetación futura y la colonización de los organismos edáficos. De acuerdo al análisis de la información y de la evaluación hecha en campo, se puede observar que el proceso de reconformación adelantado cumple con los principios generales de la recuperación geomorfológica, es decir presenta una estabilidad geotécnica con un riesgo moderado, una adecuada gestión de las aguas afloradas o pluviales, protección de las geoformas y control de la erosión como consecuencia de precipitaciones extensas¹⁶, sin embargo, presenta algunas falencias o limitantes que insiden e incidirán en la etapa de revegetalización.

¹⁵ Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA. (2012, 12 27). *Autoridad de Licencias Ambientales ANLA - Normativa*. Retrieved 04 26, 2015, from http://www.anla.gov.co/documentos/9694_res_1112_271212.PDF

¹⁶ Montse Jorba, V. V. (2010). *Manual para la restauración de canteras de roca caliza en clima mediterráneo*. Catalunya: Generalitat de Catalunya, Department de Medi Ambient i Habitatge.

Las actividades de control implementadas a la entrada de la mina y al momento de la descarga del material RCD por parte de los vehículos, requieren de un mayor nivel de control a fin de garantizar que los materiales dispuestos cumplan con las características adecuadas para el retrolleado, evitando que dichos materiales puedan representar una afectación negativa en el proceso de restauración. Se pudo evidenciar que a pesar de las estrategias de control establecidas, existen fugas al momento de la descarga de los vehículos que ingresan al área de retrolleado, es decir, elementos como plásticos, metal y bloques de concreto que si bien es cierto representaron una mínima cantidad del material RCD evaluado durante la visita, pueden llegar a afectar negativamente la estructura y composición del nuevo suelo en formación por el proceso de apelmazado que puede producirse relacionado con el peso de los materiales acumulados, así como la formación y acumulación de materia orgánica, y el intercambio de gases con la atmosfera¹⁷, factores pueden ocasionar problemas geotécnicos y de contaminación que influirán decisivamente en la dinámica del suelo y el nuevo ecosistema que se pretende formar, procesos que deben necesariamente ser comprendidos para obtener un resultado satisfactorio de la actuación restauradora.

Como se puede evidenciar en el material fotográfico y acuerdo a las perforaciones realizadas en diferentes puntos de las áreas que ya han terminado de ser rellenadas, la capa más superficial del nuevo suelo formado, la cual debería contener la mayor cantidad de materia orgánica, carece de la misma. Esta última capa es demasiado compacta, pedregosa, y escasa de nutrientes, razón por la cual no se ha logrado la colonización vegetal de las especies sembradas, es decir que existe una clara deficiencia en la preparación del terreno y la estabilización del sustrato, variables fundamentales en el proceso de restauración. Es indispensable proporcionar un sustrato edáfico que permita el desarrollo de la vegetación que se pretende establecer y que contenga las propiedades físicas, profundidad y capacidad de suministro de nutrientes que las plantas van a requerir para su desarrollo (Montse Jorba, 2010).

Los escasos parches que se han logrado sembrar y mantener por alrededor de 4 años en las zonas revegetalizadas en la mina, si bien se han mantenido en una mediana proporción, requieren de la atención de problemas fitosanitarios, mantenimiento y riego, teniendo en cuenta las condiciones actuales del suelo. En términos generales, las especies que se han sembrado en el área y que fueron identificadas durante la visita de campo, son especies nativas introductoras de procesos de restauración en el bosque secundario¹⁸. Estas plantaciones pueden, y se recomienda sean complementadas por especies de similares características, que tengan mayor adaptabilidad a las condiciones del suelo, que sean nativas y asociadas a la región, que puedan proveer de alimento a la avifauna y contribuyan al proceso de restauración como son:

¹⁷ Pablo Higuera, R. O. (s.f.). *Universidad de Castilla La Mancha - Minería y Medio Ambiente*. Recuperado el 30 de abril de 2015, de www.uclm.es./users/higuera/mam/index.htm

¹⁸ Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. (2012). *Vegetación del territorio CAR, 450 especies de sus llanuras y montañas*. Bogotá, Colombia: Imprenta Nacional de Colombia.

Tabla 1. Especies vegetales útiles para el proceso de restauración en la Mina Fiscalá

Nombre común	Nombre científico	Características que aportan al proceso de restauración
Alcaparro grande	<i>Senna viarum</i>	Ornamental, contribuye a la recuperación de suelos erosionados y a procesos de restauración.
Alcaparro pequeño	<i>Senna multigladosola</i>	Ornamental, contribuye a la recuperación de suelos erosionados y a procesos de restauración.
Abutilón	<i>Abutilon insigne</i>	Especie ornamental y melífera, produce néctar que atrae entomofauna y avifauna.
Arboloco	<i>Smallanthus pyramidalis</i>	Es ornamental, se siembra para proteger fuentes hídricas y sirve como reciclador de material vegetal.
Arrayán	<i>Eugenia sp.</i>	Ornamental, sus frutos son consumidos por animales silvestres, especialmente por avifauna.
Arrayán común	<i>Myrcianthes leucoxylla</i>	Ornamental, sus frutos son consumidos por avifauna y se planta en las riveras de las quebradas para protegerlas.
Arrayán negro	<i>Myrcianthes rhopaloides</i>	Ornamental, sus frutos son consumidos por la avifauna, se emplea para sembrarlo sobre las márgenes hídricas.
Arrayán umate	<i>Pronus buxifolia</i>	Es una especie apta para proteger las cuencas hidrográficas.
Cajeto	<i>Citharexylum subflavescens</i>	Ornamental y melífera, produce néctar que atrae entomofauna y avifauna. Sirve como barrera cortavientos.
Caucho sabanero	<i>Ficus andicola</i>	Ornamental, sus frutos son consumidos por avifauna y por animales silvestres. El árbol se siembra para la protección y la conservación de las cuencas hidrográficas.
Ciro	<i>Baccharis macrantha</i>	Ornamental y melífera, produce néctar que atrae entomofauna y avifauna. Sirve para la recuperación de suelos, para el control de la erosión y la restauración de bosques secos.
Cordoncillo	<i>Piper bogotense</i>	Ornamental, sus frutos son consumidos por avifauna. Se utiliza para la restauración de las márgenes hídricas y los nacederos de agua.
Corono	<i>Xylosma spiculifera</i>	Ornamental y melífera, produce néctar que atrae entomofauna y avifauna. Es ideal para la conservación de suelos, el control de la erosión. Es introductor de procesos de restauración en el bosque primario.
Duraznillo	<i>Abatia parviflora</i>	Ornamental y melífera, produce néctar que atrae entomofauna y avifauna. Es útil en la conservación, protección de riberas, restauración de nacederos y márgenes hídricas de los ríos. Es introductor de los procesos de restauración para los bosques primarios.
Falso pimienta	<i>Schinus molle</i>	Es originario de Ecuador y Perú; si bien no es nativo, se encuentra es cultivado en el altiplano cundiboyacence, la Sabana de Bogotá y otros lugares ya que es una especie que provee de alimento a la avifauna, es ornamental, y

		principalmente es empleado para el control de la erosión, siendo introductor de procesos de restauración para vegetación secundaria.
Gaque	<i>Clusia multiflora</i>	Ornamental, produce frutos y semillas que son consumidos por la fauna silvestre. Es útil para la protección de fuentes hídricas y el reciclaje orgánico.
Gurrubo	<i>Solanum lycioides</i>	Produce frutos que son consumidos por la avifauna, contribuye al control de la erosión y es introductor de procesos de restauración para bosque secundario.
Holly espinoso	<i>Pyracantha coccínea</i>	Ornamental y melífera, produce néctar que atrae entomofauna y frutos que son consumidos por la avifauna.
Jazmin del cabo	<i>Pittosporaceae</i>	Si bien es originario de Australia, se encuentra con muy buena adaptación en Bogotá y su sabana. Es ornamental y melífera, produce néctar que sirve de alimento a entomofauna y avifauna. Protege muy bien las riberas de fuentes hídricas. Es un buen refugio para abrigo y anidación de pequeñas aves silvestres.
Mano de oso	<i>Oreopanax floribundum</i>	Ornamental, sus frutos son consumidos por las aves, que dispersan sus semillas. Protege las riberas de los ríos, produce buena hojarasca, inductor de procesos de restauración de los bosques maduros.
Sangregao	<i>Croton bogotanus</i>	Ornamental, sus frutos son consumidos por la avifauna. Introductor de procesos de restauración de bosque secundario.
Sauco	<i>Sambucus peruviana.</i>	Originario de Centroamérica y norte de Suramérica, dentro del sistema andino. Es ornamental y muy bien adaptado a la Bogotá y a la Sabana. Es introductor de procesos de restauración para bosque secundario.
Trompeto	<i>Boceonia frutescens</i>	Ornamental, con altos valores estéticos. Sus semillas son consumidas por la avifauna.
Uva camarona	<i>Macleania rupestris</i>	Ornamental, sus frutos son consumidos por los animales silvestres. Sirve para la protección de taludes y áreas con erosión. Es introductor de procesos de restauración para bosque secundario.

Fuente de la información: (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR, 2012)

En relación a los eucaliptos (*Eucalyptus sp*) que se encuentran en el área perimetral de la mina, estos están asociados a algunas especies de avifauna como búhos y lechuzas que se han avistado en el área y que han sido reportados en estudios de monitoreo realizados por la compañía Cemex Colombia S.A., titular del proyecto minero (Cemex Colombia S.A., 2014).

Un aspecto importante a tener en cuenta dentro del proceso de restauración vegetal realizada y los parches observados en la visita de campo, es la presencia de retamo espinoso

(*Ulex europaeus*) cuya presencia se evidencia en el material fotográfico (figura 9), el cual está empezando a colonizar algunas áreas destinadas a la revegetalización, especie que puede afectar drásticamente dicho proceso. El retamo es un arbusto leñoso, espinoso, perenne, originario de los matorrales del occidente de Europa y las costas del mediterráneo, el cual ha sido clasificado por la Unión Internacional para la conservación de la naturaleza como una de las cien peores especies invasoras del mundo¹⁹. Es tolerante a los suelos ácidos y con deficiencia de nutrientes, por lo que puede crecer y propagarse rápidamente, especialmente en áreas degradadas como canteras y suelos degradados²⁰. Es una especie difícil de controlar que ha traído múltiples problemas a Colombia por el desplazamiento de especies nativas y la afectación a la avifauna²¹.

El material vegetal que ha sido utilizado hasta el momento en las actividades de revegetalización proviene en su mayoría de un vivero de mediana capacidad instalado dentro de las instalaciones de la mina, el cual alberga en su mayoría (*Alnus Acuminata*), Chilco (*Baccharis latifolia*), Hayuelo (*Dononaea viscosa*), Alcaparro (*Senna multigladiusola*) y Garbanzo (*Duranta mutissi*) como especies principales útiles en el proceso de restauración; sin embargo dicho vivero presenta algunas deficiencias técnicas en el semillero, la distribución de las plántulas, la producción y las etapas de siembra, teniendo en cuenta los criterios técnicos a tener en cuenta en el establecimiento y manejo de viveros destinados a la producción forestal²². En relación a los resultados de las muestras de suelo enviadas al laboratorio para conocer el estado actual del suelo ya reconfigurado se llegó al siguiente análisis:

Tabla 2. Análisis resultados laboratorio de suelos

Parámetro	Análisis del resultado
Potencial de hidrogeno pH	De acuerdo a los resultados obtenidos tanto para la zona 1 (pH 5.5.), como para la zona 2 (pH 6.1) se clasifican como suelos ácidos, entendiéndose como fuertemente ácidos para el primer caso y como ligeramente ácidos para el segundo, lo cual en ambos casos puede estar interfiriendo en el correcto desarrollo de las plantas ²³ . Este es uno de los parámetros más importantes a tener en cuenta en el proceso de restauración, ya que está relacionado con la disponibilidad de nutrientes para las plantas, determina su solubilidad, controla la clase y tipo de actividad microbiológica, la mineralización de la materia orgánica, tiene efecto directo sobre la concentración de iones y

¹⁹ Lowe S . Browne M. (2000). *100 of the world's worst invasive alien species a selection from de global invasive species database*. The Invasive Species Specialist Group (ISSG) aspecialist group of the Species SurvivalCommission (SSC) of the World ConservationUnion (IUCN).

²⁰ Garavito, M. A. (2010). *Restauración ecológica de áreas afectadas por Ulex eusopeaus* . Madrid, España.

²¹ Ángela María Amaya Villarreal, L. M. (2010). *Efecto del retamo espinoso (Ulex europaeus) sobre las aves de borde en un bosque altoandino*. Bogotá D.C., Colombia.

²² Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria DGETA, Secretaria de Salud Pública SEP, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD. (2008). *Producción forestal*. Mexico D.F.: SEP trillas.

²³ Isidoro Carretero Cañado, C. D. (2010). *Manual Practico de Agroforesteria*. Madrid, España: Cultural S.A.

	sustancias toxicas, la capacidad de intercambio catiónico de los suelos y enfermedades de las plantas ²⁴ .
CO: Carbono orgánico oxidable	Para la muestra de la zona 1 el valor obtenido fue de 4,70% lo que indica un porcentaje alto de acuerdo al clima de la zona de estudio, mientras que para la zona 2 fue de 1,39 lo que por el contrario se entiende como de un bajo porcentaje para esta área. Este es un parámetro que se debe tener en cuenta ya que el carbono orgánico del suelo está relacionado con el rendimiento sostenido de los cultivos y vinculado a la disponibilidad de nutrientes del mismo, La oxidación del carbono en los suelos constituye un proceso básico en la descomposición de materia orgánica, y es fundamental en la energía requerida por la fauna y flora del suelo para realizar sus funciones específicas (Dossman, 2009) .
N: Nitrógeno total	Los valores obtenidos de las muestras tomadas corresponden a 0,41% para la zona 1 y 0,12% para la zona 2. Dichos valores indican que la zona 1 contiene un porcentaje medio de dicho elemento, mientras que en la zona 2 el valor es muy bajo, lo anterior de acuerdo a los niveles de referencia generales entregados por el laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia donde se realizaron los análisis de las muestras. De acuerdo a los valores obtenidos se destacan valores bajos de nitrógeno que pueden relacionarse con el crecimiento y rendimiento de las plantas, sin embargo se debe tener en cuenta que un exceso de este elemento puede retardar la maduración de las mismas y provocar menos resistencia a las enfermedades (Isidoro Carretero Cañado, 2010).
Bases intercambiables: Ca, K, Mg y Na.	Los valores obtenidos para las dos muestras corresponden a valores medios y altos expresados en meq/100g para cada parámetro, los cuales a su vez expresan un nivel moderado de capacidad de intercambio catiónico efectiva CICE de acuerdo con los valores obtenidos de 9,45 y 11, 6 meq/100g, y comparados con los niveles de referencia generales entregados por el laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia. Estos valores indican la disponibilidad potencial de los nutrientes para las plantas. Dichas bases ayudan a neutralizar la acidez del suelo y predominan generalmente en suelos neutros y alcalinos.
P: Fosforo disponible	Los valores obtenidos para la muestra de la zona 1 corresponden a 14,5 para la zona 1 y > a 116 para la zona 2, lo

²⁴ Gil, M. A. (2009). *Valoración de los servicios ecológicos prestados por el suelo bajo distintas coberturas naturales*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

que expresa un bajo contenido de fósforo para la zona 1 y alto para la zona 2, de acuerdo a la clasificación por el método de Bray II²⁵ utilizado por el laboratorio. El fósforo es requerido por las plantas generalmente en pequeñas cantidades, sin embargo juega un papel fundamental en la vida de las mismas ya que es constituyente de ácidos nucleicos, enzimas, vitaminas, entre otros, y es indispensable en procesos donde hay transformación de energía (Dossman, 2009).

Textura

De acuerdo a los valores obtenidos de arena, limo y arcilla, la textura de los suelos de la zona 1 corresponde a suelos francos (F), y suelos franco arcillosos para la zona 2 (FAR). Esta característica, resultante de integrar los diferentes porcentajes de las fracciones de Ar, L y A, influye en la aireación, permeabilidad, retención de humedad, fertilidad potencial del suelo, entre otras. Los suelos francos presentan una tendencia uniforme a retener la humedad y menos limitaciones en sus funciones fisiológicas (Dossman, 2009). Por su parte los suelos franco arcillosos contienen por lo general buenas reservas de nutrientes, tienen dificultad para drenar, son muy pesados y necesitan de un acondicionamiento previo (Isidoro Carretero Cañado, 2010).

El proceso de restauración debe entonces tener en cuenta los servicios ecológicos del suelo como base vital del ecosistema que se pretende establecer, entendiendo estos como disponibilidad de nutrientes, resistencia a la erosión, capacidad de enraizamiento, disponibilidad de agua y capacidad fijadora de dióxido de carbono (Dossman, 2009). Todo ello para entender el suelo como base fundamental del ecosistema mismo y de los servicios que se busca este pueda brindar.

El enfoque de restauración ecológica para el caso de la Mina Fiscalá, debe necesariamente estar orientado a recuperar los servicios, interacciones y procesos ecológicos, buscando no solamente recuperar escenarios físicos, sino también a los organismos protagonistas del ecosistema, llevando este último a un estado natural, remediando o restaurando los efectos producidos por la extracción minera; proceso que además debe conducir al mismo tiempo a una restauración paisajística del sistema²⁶. En este contexto, es importante entender que recuperar el área de la mina en función de un nuevo ecosistema, en este caso no necesariamente debe llevar a una condición específica previa, entendiendo que la zona lleva décadas siendo aprovechada por la minería, y que en la localidad de Tunjuelito y sus localidades vecinas difícilmente se logra encontrar un ecosistema que pueda servir de referencia. Esto implica recurrir a la memoria histórica y a la importancia de los

²⁵ McKean, S. J. (1993). *Manual de análisis de suelo y tejido vegetal, una guía teórica y práctica de metodologías*. Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT.

²⁶ Centro de Estudios Filosóficos, P. y. (2005). *Senderos de la conservación y de la restauración ecológica, evaluación crítica y ética*. México D.F.: Jorge Matínez Contreras.

componentes que se deben integrar en la restauración como suelo, vegetación nativa, fauna, agua, paisaje, clima y sociedad.

Por último, se resalta el estudio realizado por el biólogo Rafael Gutiérrez de la Universidad Nacional de Colombia en el año 2014, en el cual se realizó un monitoreo de aves como complemento al informe de cumplimiento ambiental elaborado por Cemex, reportando avistamiento de 34 especies diferentes, tanto endémicas como migratorias, lo que representa un bioindicador importante a tener en cuenta.

CONCLUSIONES

La mina fiscal refleja parte de la problemática ambiental que aqueja a las localidades de Tunjuelito, Rafael Uribe, Ciudad Bolívar y Usme, ocasionada en buena parte por la gran cantidad de proyectos mineros, tanto legales como ilegales, desarrollados especialmente en el sector sur de la ciudad de Bogotá. Si bien en la actualidad la minería en el distrito se encuentra restringida, los pasivos ambientales generados por el mal manejo y control de los cierres mineros han degradado críticamente los ecosistemas y el paisaje de la localidad de Tunjuelito, e indirectamente la calidad ambiental de la ciudad. El dar un enfoque de restauración ecológica al proceso de cierre y abandono que se viene adelantando en la Mina Fiscal, permitirá, con grandes posibilidades de éxito, establecer un nuevo ecosistema característico de la región, que servirá como proveedor de servicios ambientales y escenario natural, mas aun si se tiene en cuenta la deficiencia en zonas verdes por habitante que presenta la región.

De acuerdo a la cercanía de la mina con el rio Tunjuelo, es necesario priorizar y enfocar acciones que permitan demarcar y proteger la ronda hidráulica del drenaje, así como garantizar la estabilización de la misma, buscando a su vez disminuir los riesgos asociados al desbordamiento del cuerpo de agua y la inestabilidad del terreno, lo cual se puede lograr con el establecimiento de especies vegetales nativas previamente identificadas, las cuales suelen ser utilizadas para tal fin. Lo anterior entendiendo y teniendo en cuenta la dinámica y actividades propias desarrolladas durante la fase de explotación de la mina en la época que estuvo activa, así como los impactos ambientales derivados de dicho proceso y las actividades desarrolladas para su manejo y mitigación, las cuales son reportadas en los Informes de Cumplimiento Ambiental presentados ante el Ministerio de Medio Ambiente y/o la Agencia Nacional de Licencias Ambientales.

Dentro del proceso de reconfiguración geomorfológica que se viene adelantando a través de la recepción y disposición de residuos de construcción RCD y excavación, se deben implementar estrategias de control en los puntos de recepción a la mina y al momento de la disposición, clasificando los materiales y evitando que se dispongan materiales que pueden ir mezclados con aquellos que están autorizados y son idóneos para la reconfiguración. Como actividad adicional, se propone realizar una clasificación y elección de vehículos que ingresen cargados con residuos de excavación que puedan servir para la conformación de sustrato, especialmente de tierra negra, la cual deberá disponerse en las áreas ya reconfiguradas, las que están en etapa final de reconfiguración, así como en aquellas que ya están siendo revegetalizadas y las plantas presentan dificultad en su desarrollo. Se resalta la importancia de disponer de una morfología de sustrato adecuada ya que esta determina la composición y desarrollo vegetal de las primeras etapas del proceso de restauración. Es evidente que las condiciones actuales del suelo presentan serias deficiencias que se convierten en limitantes para las plantaciones, por lo que es recomendable realizar las acciones de manejo y remediación de los suelos ya reconfigurados con base en el resultado de los parámetros fisicoquímicos obtenidos en laboratorio y el análisis de cada uno de estos.

En relación a las siembras realizadas, las especies que se han manejado en el proceso de siembra corresponden a especies aptas o idóneas para la restauración, sin embargo es necesario potenciar e incorporar al proceso las especies vegetales recomendadas en la Tabla número 2, las cuales son ideales para el proceso de restauración ecológica y para el establecimiento del nuevo ecosistema, ya que tienen características que contribuyen a la protección de taludes, introducción de procesos de restauración de bosques secundarios y maduros, protección de fuentes hídricas, control de la erosión, producción de frutos y semillas para fauna silvestre, y manejo de paisaje. Dichas especies deberán en lo posible ser incorporadas al vivero existente, teniendo en cuenta el sistema de propagación de cada una de estas, y el manejo técnico de las plántulas desde que están en el semillero, hasta que están en condiciones de ser sembradas en las áreas a reforestar. Dentro de este proceso es necesario realizar controles fitosanitarios periódicos tanto a las especies manejadas en el vivero, como a aquellas que son sembradas, garantizando la calidad y cantidad del riego que necesitan para su desarrollo.

Como un aspecto positivo, se resalta que se tiene proyectado la implementación de una planta de compostaje dentro de las instalaciones de la mina, proyecto que de ser desarrollado aportaría de manera positiva al proceso de restauración, ya que la adición de compost mejoran las condiciones ambientales e incrementa el rendimiento vegetativo. Dada las condiciones actuales del suelo, y basado en estudios similares como los realizados por Jorba y Vallejo 2008²⁷, y el Departamento de Biología de la Pontificia Universidad Javeriana²⁸ en minas y canteras a cielo abierto, la utilización de compost y/o enmiendas orgánicas, agregadas a los materiales estériles aportados dentro del proceso de reconformación, permitirá obtener unas condiciones favorables al establecimiento y desarrollo de cubierta y biomasa vegetal, así como a la recolonización de fauna edifica. Es evidente que las condiciones actuales del suelo presentan serias deficiencias que se convierten en limitantes para las plantaciones, por lo que es recomendable realizar las acciones de manejo y remediación de los suelos ya reconformados con base en el resultado de los parámetros fisicoquímicos obtenidos en laboratorio y el análisis de cada uno de estos.

En relación a las especies exóticas como eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y retamo (*Ulex europaeus*) presentes se debe realizar un manejo adecuado, especialmente en el caso del retamo el cual es de fácil y rápida propagación. En este caso se deben erradicar rápidamente los individuos que sean encontrados, antes de que logren colonizar las áreas ya reconformadas del área de estudio, esto con el manejo técnico recomendado para la erradicación de la especie. Para el caso de los eucaliptos es necesario evaluar la afectación que puedan generar al momento de la repoblación de especies nativas para tomar la decisión de erradicarlos, teniendo en cuenta que los pocos individuos que se encuentran han alcanzado su máximo desarrollo y pueden estar asociados a la presencia de avifauna como la lechuza ratonera (*Tyto alba*) y Búho (*Megascops choliba*), especies de las cuales se tienen registros recientes de avistamiento.

²⁷ M. Jorba, R. V. (2008). La restauración ecológica de canteras: un caso con aplicación de enmiendas orgánicas y riegos. *Ecosistemas - Asociación Española de Ecología Terrestre AEET*, 14.

²⁸ Departamento de Biología Pontificia Universidad Javeriana. (2007). Restauración ecológica de canteras - mediante el uso de enmiendas orgánicas. *Universitas Scientiarum*, 10.

Finalmente, el proceso de restauración debe ir acompañado de unos indicadores o índices de naturalidad que permitan medir el grado de recuperación del ecosistema y si el proceso se ha realizado o direccionado de forma correcta, tomando como base los siguientes criterios²⁹: Sustentabilidad, si la comunidad viva restaurada se perpetua a sí misma; invasibilidad, si hay presencia o susceptibilidad a invasiones biológicas; productividad, el sistema restaurado debe ser tan productivo o más que el original; retención de nutrientes, el sistema inicial debe retener tanto o más que el sistema inicial; interacciones bióticas, hace relación a la ausencia o presencia de las interacciones naturales que se deben dar en el ecosistema; biodiversidad, un sistema restaurado debería arrojar iguales índices que uno sano equivalente. Se debe realizar entonces una restauración integral por medio de un trabajo interdisciplinar, teniendo en cuenta todos los aspectos relacionados (sociales, culturales, bióticos, abióticos y paisajísticos) y sus interacciones, buscando recuperar al máximo la funcionalidad del ecosistema, o porque no, mejorando incluso las condiciones del mismo antes de ser afectado.

²⁹ Centro de Estudios Filosóficos, P. y. (2005). *Senderos de la conservación y de la restauración ecológica, evaluación crítica y ética*. Mexico D.F.: Jorge Matínez Contreras.

BIBLIOGRAFIA

Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Asuntos Ambientales - IDEA. (2009). *Agenda Ambiental Localidad 6, Tunjuelito*. Bogotá D.C.

Ángela María Amaya Villarreal, L. M. (2010). *Efecto del retamo espinoso (Ulex europaeus) sobre las aves de borde en un bosque altoandino*. Bogotá D.C., Colombia.

Anida Yupari, informe elaborado para la Comisión Económica para América Latina CEPAL, Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales BGR, Servicio Nacional de Geología y Minería SERNAGEOMIN. (2008). *Pasivos ambientales mineros en Sudamérica*.

Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA. (27 de 12 de 2012). *Autoridad de Licencias Ambientales ANLA - Normativa*. Recuperado el 26 de 04 de 2015, de http://www.anla.gov.co/documentos/9694_res_1112_271212.PDF

Browne., L. S. (2000). *100 of the world's worst invasive alien species a selection from de global invasive species database*. The Invasive Species Specialist Group (ISSG) aspecialist group of the Species SurvivalCommission (SSC) of the World ConservationUnion (IUCN).

Cemex Colombia S.A. (2014). *Plan de Manejo Recuperación y Restauración Ambiental Mina Fiscalá*. Bogotá.

Cemex Colombia S.A. (2006). *Plan de recuperación y establecimiento Mina Fiscalá*. Bogotá.

Cemex Colombia S.A. (2005). *Plan de Restauración Morfológica Mina Fiscalá*. Bogotá.

Centro de Estudios Filosóficos, P. y. (2005). *Senderos de la conservación y de la restauración ecológica, evaluación crítica y ética*. México D.F.: Jorge Matínez Contreras.

CEPAL - División de Recursos Naturales e Infraestructura. (2004). *Industria minera de los materiales de construcción. Su sustentabilidad en América del Sur*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.

Contraloría de Bogotá D.C. (2002 de 11 de 2004). *Contraloría Bogotá D.C.* Recuperado el 25 de 04 de 2015, de http://www.contraloriabogota.gov.co/intranet/contenido/ControlesPORTAL/Advertencias/2004/B11_Amenaza%20de%20nueva%20cat%C3%A1strofe%20en%20la%20zona%20de%20emergencia%20del%20r%C3%ADo%20tunjuelo%20%28%C3%A1rea%20de%20las%20gravilleras%29.pdf

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. (2012). *Vegetación del territorio CAR, 450 especies de sus llanuras y montañas*. Bogotá, Colombia: Imprenta Nacional de Colombia.

Departamento Administrativo del Medio Ambiente. (1994). *Agendas locales ambientales - Localidad 6, Tunjuelito*. Bogotá D.C.: Guía Editores e Impresiones.

Departamento de Biología Pontificia Universidad Javeriana. (2007). Restauración ecológica de canteras - mediante el uso de enmiendas orgánicas. *Universitas Scientiarum*, 10.

Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria DGETA, Secretaría de Salud Pública SEP, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD. (2008). *Producción forestal*. México D.F.: SEP trillas.

Dossman, M. A. (2009). *Valoración de los servicios ecológicos prestados por el suelo bajo distintas coberturas naturales*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

Fundación Corona, Cámara de Comercio de Bogotá, Pontificia Universidad Javeriana. (2013). *Informe de Calidad de Vida, Bogotá cómo vamos*. Bogotá.

Garavito, M. A. (2010). *Restauración ecológica de áreas afectadas por Ulex eusopeaus*. Madrid, España.

Isidoro Carretero Cañado, C. D. (2010). *Manual Práctico de Agroforestería*. Madrid, España: Cultural S.A.

Lowe S. Browne M. (2000). *100 of the World's Worst Invasive Alien Species A selection from the Global Invasive Species Database*. The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN).

M. Jorba, R. V. (2008). La restauración ecológica de canteras: un caso con aplicación de enmiendas orgánicas y riegos. *Ecosistemas - Asociación Española de Ecología Terrestre AEET*, 14.

McKean, S. J. (1993). *Manual de análisis de suelo y tejido vegetal, una guía teórica y práctica de metodologías*. Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT.

Ministerio de Minas y Energía - Ministerio de Medio Ambiente. (2002). *Guía Minero Ambiental de Explotación*. Bogotá.

Ministerio del Medio Ambiente. (1998). *Guía ambiental para actividades del subsector de materiales de construcción - canteras fase de explotación (GMCE)*. Biotipo Ltda.

Montse Jorba, V. V. (2010). *Manual para la restauración de canteras de roca caliza en clima mediterráneo*. Catalunya: Generalitat de Catalunya, Department de Medi Ambient i Habitatge.

Pablo Higuera, R. O. (s.f.). *Universidad de Castilla La Mancha - Minería y Medio Ambiente*. Recuperado el 30 de abril de 2015, de www.uclm.es./users/higuera/mam/index.htm

Unidad de Planeación Minero Energetica UPME. (2014). *Evaluación de la situación actual y futura de los materiales del mercado de materiales de construcción y arcillas en las ciudades de Bogotá, Medellín, Bucaramanga, Barranquilla, Santa Marta y Eje Cafetero*. Bogotá D.C.