

CUADRO N° 5

Suelos degradados por actividad minera

Cítese como:

Colombia - DEPARTAMENTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE (DAMA), FUNDACIÓN ESTACIÓN BIOLÓGICA BACHAQUEROS. Cuadro N° 5: Suelos degradados por actividad minera. *En:* Protocolo Distrital de Restauración Ecológica: Guía para la restauración de ecosistemas nativos en las áreas rurales de Santa Fé de Bogotá. Edición e interventoría: Liliana Castro, Viviana Vanegas. Bogotá, Abril de 2000. p164-170. *Disponible en:* Centro de Documentación del Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente - DAMA, Carrera 6 N° 14-98, Bogotá. ISBN DAMA 9387-25-X



Este es uno de los cuadros prioritarios para el Distrito Capital, no sólo en las áreas rurales. En éstas sin embargo, las canteras tienen un efecto adicional: la degradación de áreas cercanas a la ciudad y la expansión de procesos de urbanización subnormal.

La política del Distrito apunta a la erradicación gradual de esta actividad en todo su territorio. En tal dirección operan los controles ambientales aplicados, cada vez más severos, especialmente en las áreas urbanas.



Sin embargo, las fallas ocasionales de coordinación entre autoridades ambientales (DAMA - CAR) dificultan el control adecuado de esta importante actividad generadora de degradación.

El manejo ambiental de la minería a cielo abierto tiene tres fases, cada una dependiente de la anterior:

- Ex - ante: en la prevención de impactos derivados de la ubicación y forma de la explotación.
- De explotación: consistente en un conjunto de normas técnicas que rara vez se aplican y que apuntan a la seguridad industrial del proceso, tanto como a dejar condiciones posteriores favorables para la restauración.
- Ex - post: depende del manejo durante la explotación y el estado final del terreno. Corresponde a la restauración final de los sitios explotados y abandonados.

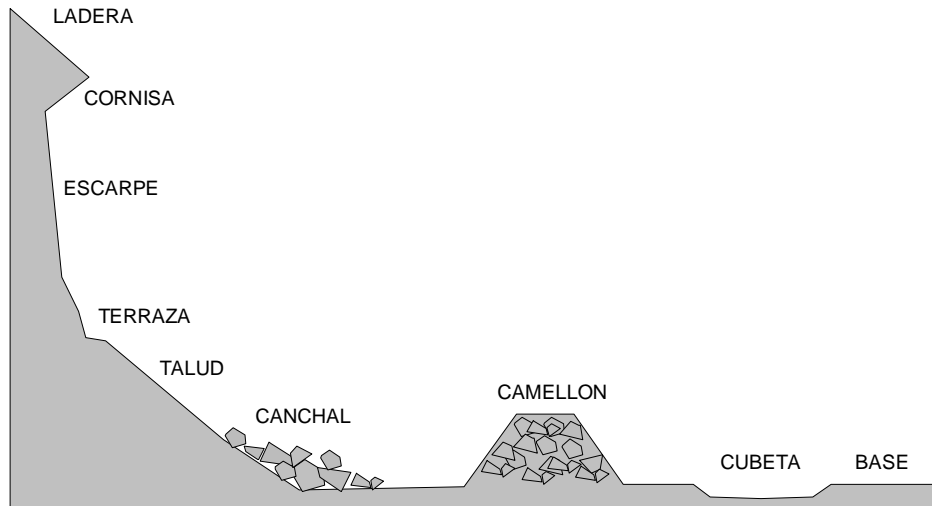
Una cantera, constituye un ambiente de apariencia uniforme por la devastación general. Sin embargo, a su interior se encuentra un mosaico de micrositos que determinan condiciones diferenciales de restauración:

El perfil de la figura corresponde a la cantera típica, nada parecido a lo que las normas de seguridad y ambientales prescriben.

Además, se encuentran rasgos microtopográficos, como pequeñas terrazas, grietas, zanjas, surcos y chimeneas (grietas verticales entre la roca del escarpe).

materiales finos (detritos minerales y orgánicos) humedad, condiciones favorables para el inicio de microsucesiones.

- Talud: en la base de los escarpes o de arriba debajo de la cantera, se encuentran pendientes moderadas a fuertes, correspondientes al perfil de la excavación y a botaderos de los materiales movilizados.



- Ladera: las laderas superiores, sobre la cantera, presentan condiciones de desecación (por descenso freático ocasionado por la excavación subyacente), desestabilización y frecuentemente se encuentran descapotadas (los bulldózers remueven el suelo superficial adelante del área excavada, preparando la explotación y previniendo el desplome de suelo orgánico sobre la cantera).
- Cornisa: en algunos puntos de las partes altas de la cantera, quedan pendientes negativas, voladizos del reborde superior. Muchos de ellos son en extremo inestables y peligrosos.
- Escarpe: pendientes superiores al 60 %. Las porciones menos consolidadas sufren desplomes o desconchamiento (desprendimiento de la roca en láminas).
- Terraza: en distintos puntos se presentan rebajamientos de pendiente, de extensión variable. En estos puntos se acumulan
- Los taludes son las principales superficies erosionales de la cantera, especialmente susceptibles al cárcavamiento. Las condiciones (sin ser tan extremas como en escarpes y cornisas) son muy severas para el desarrollo del suelo y la vegetación.
- Canchal: en las bases de los escarpes y taludes es frecuente encontrar depósitos de gravas y fragmentos rocosos de distintos tamaños, desprendidos intencional o espontáneamente de las pendientes superiores. Estos son sustratos ruderales, cuyo potencial de restauración depende de la proporción de materiales finos.
- Base: es la extensión más o menos plano u ondulada, en la parte baja de la cantera, donde circulan y se acumulan maquinaria, vehículos y materiales.
- Camellón: algunos desechos rocosos (y con frecuencia también basuras) se amontonan conformando montículos o camellones de altura y espesor variables. Por su

estructura interna, estos camellones presentan drenajes frecuentemente excesivos. Al igual que en el canchal, su condición mejora con los materiales finos.

- Botadero: no se representa en la gráfica y no es muy frecuente; idealmente, el suelo removido para exponer el mineral a explotar, es depositado en algún lugar de la cantera, protegido de la erosión, para ser posteriormente utilizado en la recuperación del terreno ya explotado. Este es un valioso recurso para la restauración. Empero, lo más frecuente es que la tierra negra se exporte a viveros, rellenos y escombreras en otros lugares.
- Cubeta: en la base de la cantera es frecuente encontrar depósitos de partículas finas (cieno) y acumulaciones temporales de agua, en concavidades creadas por la explotación. La combinación de sustratos minerales brutos y anegamiento, hace este ambiente favorable a una sucesión distinta, en la que son frecuentes elementos como Juncáceas y Ciperáceas, que crean fisonomías de pantano en medio de la cantera.
- Grietas y zanjas: unas creadas por la explotación y las otras por la erosión, a través de la cantera conforman una red de drenajes que representa la autoorganización de la escorrentía según la entrada de agua al terreno, las topografías creadas y la erodabilidad del sustrato. Estos drenajes concentran la oferta de nutrientes y humedad, pero también pueden ser focos de procesos erosivos donde la inestabilidad del sustrato detiene la regeneración.

La regeneración en canteras y la participación del hombre en la misma (restauración) es uno de los casos más interesantes de sucesión ecológica. Se trata de la construcción de un orden viviente a partir de un medio mineral.

El medio inicial es especialmente severo, gobernado por fuerzas elementales (viento, agua, radiación, roca) con fluctuaciones drásticas de temperatura y humedad. En estas

condiciones el suelo y la vegetación tienen poco margen de acumulación y con frecuencia las perturbaciones aleatorias (desplomes, riadas) devuelven el proceso a cero. El arranque de la regeneración es lento y demora en alcanzar tasas mayores.

En especial para las plántulas, las condiciones son hostiles. Las fluctuaciones de temperatura afectan drásticamente el balance hídrico de estos organismos de escaso volumen y poco guarnecidos. La tabla de materiales y calor específico arriba citada (Tabla 6.2) es especialmente relevante en estos casos; una plántula en un sustrato de arena o grava, bajo insolación directa, enfrenta un duro desafío fisiológico, virtualmente equivalente a germinar en una sartén, que a las 12 horas puede ser un refrigerador.

Poco a poco, en distintos puntos y franjas más favorables, la vegetación y el suelo logran algún acumulado sobre el cual multiplicar sus ganancias. Lentamente comienzan a construirse circuitos de regulación biótica y la delgada biosfera regenerada gana control creciente sobre la temperatura, humedad, concentraciones químicas, estabilidad mecánica, etc., construyendo un medio propio, un sistema viviente.

La sucesión de canteras, como en otros medios severos, procede en un patrón espacial muy marcado, de agregados y cordones (ver Marco Conceptual). Por ende, en su restauración la estrategia se centra en la creación de núcleos y corredores de actividad biológica, conectados en forma de red a través de las áreas inertes.

Las plantas más útiles son aquellas que tienen típica estrategia r , con altas tasas de renovación (que aporta a la formación de suelo) y reproducción rápida y profusa (que les permite mantenerse a través de las perturbaciones devastadoras crónicas de las etapas iniciales). Estas especies colonizan los sitios más propicios y a su alrededor otras pueden establecerse.

Muchas de las herramientas físicas empleadas constituyen sucedáneos de los efectos de la cobertura vegetal, que al ser inertes logran mantenerse en el medio mineral de las etapas iniciales: geotextiles, percheros, trinchos, polisombra, banquetas, zanjas de infiltración, etc. Su propósito es cumplir el papel de la vegetación, preparando el terreno para poder establecer herramientas autorreplicantes, es decir, verdadera vegetación.

Uno de los principales requisitos en la regeneración de canteras es la regulación hídrica. El objetivo es alcanzar una humedad más alta y constante, por lo cual el control de la escorrentía y la infiltración es prioritario.

En segundo lugar, y muy relacionado con lo anterior, la restauración depende de la pedogénesis, es decir, la regeneración del suelo (de hecho el suelo es uno de los principales reguladores hídricos, además de físicoquímico en general).

Los sustratos expuestos son más favorables a la regeneración en la medida en que presentan:

- Riqueza mineral.
- Proporción de materiales finos.
- Humedad constante.
- Menor pendiente.
- Profundidad efectiva (que en condiciones tan difíciles se evalúa con otros parámetros).
- Mayor calor específico.
- Menores fluctuaciones microclimáticas (recalentamiento, desecación, congelamiento).

La disponibilidad de partículas finas es clave para retención de humedad y la organización de la matriz organomineral del suelo. La fragmentación de la roca expuesta en detritos minerales más o menos finos, depende del tipo litológico, así como de procesos de:

- Expansión: ruptura espontánea de la roca expuesta por desequilibrio de las presiones geológicas.

- Meteorización: agrietamiento y desintegración por agentes físicoquímicos y bióticos.
- Explotación: la excavación y la voladura afectan la cohesión de las rocas que quedan expuestas tras remover los materiales desprendidos.
- Adecuación: los sustratos se tratan con herramientas mecánicas, manuales o explosivos, para producir materiales más finos, o simplemente se añaden materiales adecuados procedentes de otros lugares.

Cada sitio dentro de la cantera tiene mayor tendencia a la acumulación o al desprendimiento de materiales, dependiendo de su posición y topografía. Una fuente importante de nutrientes y partículas finas está en la escorrentía procedente de los suelos y la vegetación en laderas por encima de la cantera. Las fuentes alóctonas tienen mayor importancia en la medida de la pobreza del sustrato local.

La regeneración espontánea de las canteras es extremadamente lenta, pues depende de los aportes que la vegetación puede hacer a la formación del suelo. Sin embargo, las plantas acumulan poca materia orgánica pues su productividad y crecimiento son muy lentos en las severas condiciones microclimáticas de la cantera. Tampoco pueden mejorar el microclima, pues para ello requieren crecer y extenderse, lo cual está limitado por la pobreza del suelo ("doble seguro edafo-atmosférico, Marco Conceptual).

Por ello, se impone una doble estrategia de mejoramiento artificial de microclima y sustrato, para posibilitar el establecimiento de la vegetación dinamogénica, abreviando la dura etapa inicial de colonización y transformación. Para ello existe un nutrido arsenal de herramientas físicas y químicas, que hacen de esta especialidad una de las más sofisticadas dentro de la restauración ecológica.

Las estrategias de mejoramiento artificial del suelo, abarcan desde su manejo físico

(cubrimiento, roturado, etc.), pasando por la adición de distintos materiales y sustancias (incluso suelo), hasta la adición de materiales vivos, en forma de cultivos diversos de hongos, bacterias o lombrices, con lo cual se añade sustrato con actividad biológica ya incorporada.

En ausencia inicial de cobertura vegetal, el microclima también debe ser suplementado. La regeneración del suelo depende de una estrategia básica consistente en mantenerlo FHP: fresco - húmedo - protegido.

Las canteras tienen un fuerte efecto fragmentador. La mayoría de las aves dispersoras tienden a evitar espacios amplios desprovistos de vegetación y mucho más las extensiones de sustrato desnudo. Así, las canteras forman franjas de muy baja permeabilidad al tráfico de fauna y propágulos vegetales, representando uno de los impactos más drásticos sobre la conectividad ecológica. Una vez lograda alguna cobertura vegetal, uno de los principales retos es atraer a los dispersores. Sin embargo, de nuevo, algunas herramientas físicas (ej: percheros, sombrillas, comederos, bebederos) pueden suplir inicialmente los atractivos vegetales, aumentando la permeabilidad de la cantera a las entradas de potencial biótico alóctono.

Otro impacto relevante de las canteras es la alteración hidrológica profunda y compleja de las microcuencas afectadas. Aunque poco estudiado, el efecto parece consistir en un descenso del balance hídrico (aumentan la escorrentía y la evaporación). Cuando se ubican en zonas de recarga pueden llegar a extinguir los nacimientos de los alrededores (descenso freático). El efecto es más grave cuando se trata de grandes excavaciones en rocas acuíferas, como las grandes areneras, todas talladas en el acuífero de la Formación Guadalupe.

En proximidad del borde urbano, la conversión de predios rurales en tierras marginales tiene otro efecto: propicia el asentamiento de población socioeconómicamente marginal y la

formación de focos de tugurización en el área rural.

La recuperación de canteras es un lugar común en los diagnósticos y priorizaciones ambientales. Sin embargo, rara vez se tiene claro qué atributos se quiere recuperar y hasta qué punto puede llegar la recuperación. La falta de claridad de metas y de conocimiento de las herramientas es uno de los principales limitantes de estos proyectos.

En general la recuperación de una cantera puede apuntar a uno o varios de los siguientes objetivos:

- Prevención de riesgos de desplomes y deslizamientos.
- Recuperación escénica.
- Creación de espacios para la recreación.
- Prevención de la urbanización subnormal.
- Mitigación de la fragmentación creada por la cantera.
- Disminución del aporte de sedimentos a la escorrentía.
- Recreación aproximada de ecosistemas primitivos.

La recuperación de canteras es un campo en extremo complejo y especializado de la restauración ecológica y una descripción detallada de la tecnología implicada escapa a los alcances del presente protocolo. Sin embargo pueden señalarse algunas directrices para el diagnóstico y formulación previos (el tratamiento se describe a nivel general en la ficha técnica correspondiente, en la sección 7).

Condiciones físicas básicas

- Como se explicó arriba, existe un denso mosaico de microambientes físicos a través de la topografía de la cantera.
- Predominan condiciones elementales. El duro régimen mineral del medio crea condiciones extremas análogas a la paramización secundaria, aún en cotas

altitudinales muy por debajo del páramo propiamente dicho.

alguna desgracia de magnitud suficiente para alejar la mano de obra local.

Oferta ambiental

- Micrositios favorables por acumulación de humedad y partículas finas, asociados a topografías como terrazas, canchales, zanjas, cubetas, etc.
- Extensas áreas muy poco favorables, por baja concentración de recursos o excesiva inestabilidad.

Potencial biótico

- La profunda degradación implica la desaparición virtual de todo el potencial biótico in situ.
- La restauración depende de la conexión a flujos alóctonos y el subsidio artificial.
- La permeabilidad al tráfico de propágulos y dispersores es muy baja. Las canteras son repelentes para la fauna y ofrecen relativamente pocos sitios de germinación adecuados para las semillas dispersadas por medios físicos.

Potencial sociodinámico

- En el área rural son frecuentes las canteras y chircales artesanales o semiartesanales, de las cuales depende económicamente un número localmente importante de familias.
- Las canteras rurales cercanas al borde urbano son auténticas avanzadas de la urbanización subnormal del área rural. A su alrededor prospera el asentamiento tugurial, propiciado por la oferta de subempleo y tierra marginal de bajo precio para construir.
- Las condiciones subnormales de tenencia, aprovechamiento y administración de estas canteras, determinan un muy bajo perfil tecnológico de la explotación, con poco o nulo cuidado ambiental.
- En general las canteras se explotan mientras son rentables o hasta que ocurre

Factores limitantes

- Bajo balance hídrico.
- Fuertes fluctuaciones de humedad y temperatura.
- Inestabilidad del sustrato.
- Oferta mineral pobre.
- Materia orgánica mínima o ausente.
- Transpiración incrementada por exposición directa a viento y radiación.

Factores tensionantes

- Eliminación total de la cobertura vegetal. Instantánea y permanente. [2,3]
- Eliminación total del suelo. Instantánea y permanente. [2,4]
- Excavación, mientras dura. Creciente y definitiva. [1,2]
- Desestabilización por excavación y detonación. Eventual y definitiva. [2,4]
- Alteración hidrológica profunda y compleja. [1,2]
- Fuerte efecto de fragmentación y permeabilidad marcadamente baja al tráfico de propágulos y dispersores. Instantánea y lentamente decreciente. [3,5]
- Erosión intensa sobre los sustratos residuales. Crónica. [4]
- Desplomes frecuentes. Crónicos. [2,4]
- Urbanización subnormal de las canteras abandonadas. Creciente y prácticamente definitiva. [2]

Interacción tensionantes - limitantes

- La eliminación de cobertura y suelo y la exposición extensa de superficies minerales, altera el mesoclima intensificando los limitantes atmosféricos: radiación excesiva, aridez, fluctuaciones térmicas, barrido del viento, etc.

- La exposición de las vetas minerales, simplifica la composición química del sustrato superficial, agudizando las deficiencias nutricionales, desde que se remueven materiales alóctonos (procedentes de otros lugares) que fueron depositados por procesos que ya no actúan (vulcanismo, bosques antiguos, etc.).
- En general, los tensionantes actúan acentuando el carácter elemental del medio, al eliminar la regulación de suelo y vegetación, generando condiciones brutas de agua, roca, viento y radiación.
- Los efectos son más severos donde se exponen sustratos de condiciones físico químicas poco favorables a la pedogénesis y la colonización vegetal (ej: areneras y calicheras).

Alteración

El cuadro es un ejemplo de texto de degradación completa: reservas físicas y bióticas agotadas, sucesión detenida, productividad anulada. Prácticamente todas las zonas afectadas se convierten en tierras marginales. Sin embargo, en un contexto periurbano, aún las tierras marginales tienen una utilidad: el asentamiento de población socio económicamente marginal.

Potencial de restauración

- Es uno de los casos más costosos de restauración, pudiendo llegar a más de diez veces el costo por superficie de una revegetalización en condiciones normales (ej: pasturas degradadas con humedad media).
- Cada cantera y cada porción de una cantera tiene un potencial distinto. En algunos casos y puntos se puede llegar incluso a la recreación de ecosistemas primitivos, mientras en otros sólo puede lograrse alguna recuperación escénica (maquillaje) o la destinación definitiva a otros usos no rurales (urbanizar).

Priorización.

- A nivel del distrito la recuperación ambiental de las áreas afectadas por la minería es una prioridad ya establecida a nivel de ordenamiento.
- Entre las canteras es obvia la prioridad de las más cercanas al borde de expansión, tanto por su efecto escénico sobre la ciudad, como por su propensión a la tugurización,
- Dentro de cada cantera, la zonificación inicial con base en el potencial de restauración, debe establecer la prioridad de las áreas a tratar, de acuerdo con su factibilidad y su efecto sobre el conjunto.

Estrategias y lineamientos generales para la restauración.

- La zonificación con base en el potencial de restauración de cada espacio, según su ubicación y topografía, debe diferenciar las áreas prioritarias y aquellas de máxima dificultad que la restauración debe bordear.
- Dada la destrucción total de las reservas del ecosistema, la recuperación se basa principalmente en el subsidio, tanto a la oferta ambiental como al potencial biótico.
- El orden de recuperación de los atributos debe aproximarse a balance hídrico → suelo → biomasa → diversidad.
- La estrategia de restauración se centra en dos puntos:
 - Identificación de puntos y franjas de mayor potencial de restauración - creación de núcleos y corredores de actividad biológica, formando una red de restauración a través de las áreas menos favorables.
 - Adecuación del microclima y el sustrato con herramientas físicas y químicas que simulan el efecto sucesional de la vegetación, creando condiciones

propicias para el establecimiento de las especies dinamogenéticas.

- La estrategia sociodinámica debe tener en cuenta que la recuperación implica aumento del valor agregado al suelo y que un bajo valor agregado es clave para la tugurización de los terrenos degradados. Esto tiene implicaciones éticas y sociales de importancia: en un área no tugurizada, este hecho favorece la prevención de la tugurización mediante la restauración; en situaciones de hecho, la restauración implica una concertación de los objetivos y una preparación de la comunidad para captar el valor agregado de la recuperación.