

**Propuesta de mejoramiento para la rehabilitación y restauración de la
cantera La Valeria municipio de Caldas Antioquia**

Henry de Jesús Borja Goez

**Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)
Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Medio Ambiente ECAMPA
Programa de Tecnología Agroforestal
Medellín
2020**

**Propuesta de mejoramiento para la rehabilitación y restauración de la
cantera La Valeria municipio de Caldas Antioquia**

Henry de Jesús Borja Goez

**Proyecto aplicado presentado
como requisito parcial para optar al título de Tecnólogo Agroforestal**

Asesores:

Luisa Fernanda Casas Herrera

Ingeniera Forestal, MSC Bosques y Conservación Ambiental

Juan Fernando Ramírez

Ingeniero Forestal, MSC Bosques y Conservación Ambiental

Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Medio Ambiente ECAMPA

Tecnología Agroforestal

Medellín

2020

Contenido

| | |
|---|----|
| Resumen | 7 |
| Introducción..... | 8 |
| 1. Identificación del problema | 10 |
| 2. Justificación..... | 14 |
| 3. Objetivos..... | 17 |
| 3.1 Objetivo general. | 17 |
| 3.2 Objetivos específicos..... | 17 |
| 4. Marco teórico..... | 18 |
| 4.1 Concepto de cantera. | 19 |
| 4.2 Extracción de minerales en canteras de Colombia. | 20 |
| 4.3 Restauración ecológica. | 21 |
| 4.5 Legislación ambiental en restauración de Canteras. | 32 |
| 5. Descripción de la Propuesta | 35 |
| 5.1 Área de estudio..... | 35 |
| 5.2 Microcuenca La Valeria. | 37 |
| 5.3 Características socioeconómicas del municipio | 40 |

| | |
|---|----|
| 5.4 Diseño de la propuesta | 40 |
| 5.5 Plan de seguimiento | 42 |
| 5.6 Medios físicos para la siembra..... | 46 |
| 5.7 Control y seguimiento..... | 47 |
| 6. Proyección económica | 49 |
| 6.1 Estructura de costos para la restauración ecológica de la cantera La Valeria del municipio de Caldas (Ha) | 49 |
| 6.2 Estructura de costos para la contratación de un profesional | 50 |
| Tabla 9. <i>Costo de un profesional para proyecto</i> | 50 |
| 6.3 Estructura de costos para el cerramiento del área | 50 |
| 6.4 Estructura de costos para la contratación de los talleres de socialización. | 51 |
| 6.5 Resumen del costo total del proyecto. | 51 |
| 7. Impactos del proyecto | 53 |
| Bibliografía | 54 |

Lista de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Relación existente entre rehabilitación y restauración | 19 |
| Tabla 2. Secuencia y relaciones de los 13 pasos fundamentales en la restauración ecológica..... | 24 |
| Tabla 3. Consideraciones particulares de carácter local para la selección de especies | 27 |
| Tabla 4. Guía minero ambiental | 32 |
| Tabla 5. Parámetros climáticos promedio del municipio de Caldas | 37 |
| Tabla 6. Resumen de plantas para la restauración de la cantera | 45 |
| Tabla 7. Formato para hacer seguimiento a las plantas..... | 48 |
| Tabla 8. Costo de materiales para el trabajo de campo | 49 |
| Tabla 9. Costo de un profesional para proyecto | 50 |
| Tabla 10. Costo cercamiento del área..... | 50 |
| Tabla 11. Costos para los talleres de socialización | 51 |
| Tabla 12. Resumen costos del proyecto | 51 |

Lista de ilustraciones

| | |
|---|----|
| Ilustración 1. Cantera La Valeria abandonada en 2012 | 12 |
| Ilustración 2. Paisaje de la vereda La Valeria | 16 |
| Ilustración 3. Casco urbano del municipio de Caldas | 16 |
| Ilustración 4. Localización de la zona de estudio | 36 |
| Ilustración 5. Límites de la microcuenca La Valeria | 38 |
| Ilustración 6. Microcuenca La Valeria, guarda bosques La Quintero..... | 39 |
| Ilustración 7. Bosques nativos en un sector de la vereda La Valeria | 41 |
| Ilustración 8. Cubierta del suelo con herbáceas | 43 |
| Ilustración 9. Sector de la vereda La Valeria sembrado con arbustos..... | 44 |
| Ilustración 10. Árboles en el municipio de Caldas | 45 |

Resumen

Este documento es el informe final del trabajo de grado en modalidad propuesta, como requisito para obtener el título de Tecnólogo Agroforestal, en este se hace la propuesta de mejoramiento para la rehabilitación y restauración de la cantera La Valeria, la cual ha quedado en muy mal estado después de su cierre en el año 2012, causando una serie de inconvenientes, especialmente para la microcuenca que lleva su mismo nombre.

El objetivo es proponer una metodología para restaurar y rehabilitar la cantera por medio de revegetalización, que perdure en el tiempo para evitar la incidencia de la problemática actual en zonas adyacentes, a la fauna, la flora y al ecosistema en general.

Para lograr el objetivo, se siguen en orden los trece pasos necesarios para rehabilitar y restaurar canteras, también se recomiendan algunas plantas con sus fichas técnicas, que se pueden utilizar en esta zona, haciendo la diferencia entre herbáceas, arbustos y árboles.

Finalmente, se realiza un análisis económico donde se observa la viabilidad de la propuesta, con el liderazgo de la administración municipal y la colaboración de la comunidad, esta mejora, perdurará en el tiempo.

Palabras claves: Restaurar, rehabilitar, árboles, revegetalización, suelo, herbáceas, vereda, agua, arbustos, ambiente, comunidad, microcuenca, cantera, reforestar.

Introducción

Los conceptos de restauración y rehabilitación están muy ligados entre sí y han tomado un nuevo rumbo en el que la sociedad no los aplica únicamente como plan de acción o corrección de zonas impactadas sino como modelos de estrategia y desarrollo de planes futuros para los ecosistemas. Algunos autores afirman que en la actualidad es necesario aplicar conceptos como recolección y técnicas de investigación, de análisis de riesgos y análisis de ciclos de vida, esto con el fin de establecer un panorama más amplio sobre la zona que se busca impactar y a su vez definir el uso en el futuro. Jorba y Vallejo, (2008).

El planeta está lleno de ecosistemas, de los cuales los seres vivientes obtenemos innumerables beneficios, vitales para el desarrollo y el bienestar tanto económico como social, todo lo que el ser humano hace, depende en gran medida del buen uso que se les da a los ecosistemas, si dejaran de prestar sus servicios, se vería seriamente afectado el bienestar y la salud de la fauna, la flora y especialmente del ser humano y su recuperación sería costosa y complicada.

Tanto la minería como la explotación de materiales para la construcción a cielo abierto en todo el mundo han motivado el inicio de procesos de restauración o rehabilitación enfocados en el control y minimización de los impactos ambientales generados. Una de las metodologías más efectivas y naturales en la recuperación de canteras, es la restauración vegetal, para ello se debe tener en cuenta, los factores ambientales: climáticos, edáficos y topográficos y el medio técnico: que se refiere a la transformación del suelo por la actividad minera.

Un caso exitoso de rehabilitación a nivel mundial es la mina de mercurio de Almadén, ubicada en España, considerada como la más antigua del mundo durante los siglos XVI y XVII de la cual se lograron obtener 22'000.000 de frascos de mercurio. Hernández, (2004)

En el territorio colombiano existen megaproyectos mineros como el Cerrejón, o Cerromatoso en los cuales se evidencian las secuelas ambientales y sociales que se derivan de la explotación intensiva y a gran escala del suelo. Una de las minas recuperadas fue la mina La Ferrería, la cual estaba en operación entre los siglos XIX y XX, dedicada a la fabricación de Pisones con los cuales se muelen minerales auríferos, mostraba grandes contenidos de cobre, titanio y zinc. “En 1997 la Ferrería, ubicada en el municipio de Amaga, en el suroccidente Antioqueño, es declarada Patrimonio Minero Metalúrgico, Monumento Nacional y Patrimonio Arquitectónico según Resolución No. 00916 expedido por el Ministerio de la Cultura. En la actualidad es un atractivo Turístico y en el 2013 se ejecutó el Plan “Caminando ando por las ruinas de la Ferrería”, donde se realizaron deportes aeróbicos, se prestaron servicios médicos y otros servicios para la comunidad. Sánchez, Arredondo, Vallejo y Correa (2012).

1. Identificación del problema

La explotación minera sin control en todo el territorio colombiano, ha generado grandes problemáticas de carácter social y ambiental, las sociales se producen porque la minería pasó de ser un trabajo artesanal, a ser reemplazado por sofisticada maquinaria, dejando a muchas personas sin sustento y sin tierras para cultivar, con la incertidumbre de no tener como sacar a sus familias adelante, en cuanto a las ambientales, se dan cuando los suelos son despojados de su capa vegetal, contaminados por químicos, provocando el deterioro y la erosión, debido a los cambios topográficos, también se ve alterada la composición hidrogeológica, creando acumulaciones de agua generando a su vez lagunas, o represamientos cercanos a la cantera. (Jorba y Vallejo, 2008)

La cantera La Valeria inició sus actividades en la década de los 60, cuando muchas personas de la vereda de su mismo nombre vieron en su explotación la oportunidad para conseguir el sustento, dado que no conocían las mínimas técnicas para realizar este oficio, así como empezó el deterioro del suelo, seguido del ambiental (Ilustración 1.)

Más adelante, en la década de los 80, llegaron algunos inversionistas que le cambiaron el nombre de cantera La Valeria por el de cantera Ancón Sur, su objetivo era explotar la cantera de una manera más tecnificada, sin embargo, no tuvieron en cuenta el factor social, ni el ambiental, durante su explotación se presentaron altos taludes de material o cortes, problemas de deslizamiento de laderas a su alrededor que generan erosión, formaciones de surcos y movimientos en masa, estos finalmente caen a la quebrada La Valeria alterando de manera grave las características fisicoquímicas del agua, lo que trae como consecuencia el desabastecimiento de la planta de potabilización y el consiguiente racionamiento de agua para la población

caldense, en otras palabras, “Se presenta modificación del comportamiento hidráulico por la degradación del lecho, por exploraciones de arena de playa, socavación de orillas, alta tasa de sedimentación hacia las partes bajas y planas y una tendencia de producirse flujos torrenciales, crecidas e inundaciones en la quebrada” (Ramírez, 2008).

En la cantera La Valeria, se evidencia gran deterioro debido a la explotación minera incontrolada que sufrió durante sus años de producción, puesto que la recuperación morfológica y ambiental de las áreas intervenidas no se ha realizado, el problema se agrava con el paso del tiempo, por otro lado, se deben tener en cuenta los largos periodos de sequía o lluvia de la zona, finalmente es cerrada en el año 2012.

Otro punto de interés, muy preocupante, es el incremento poblacional que se ha venido presentando al sur del valle de Aburrá, con el consecuente aumento de la construcción, esto ha generado una gran demanda de materiales consistente en ladrillos, grava, arena, entre otros, por causa de esto y por la cercanía de las canteras existentes en Caldas, y en especial por su mal manejo, se han venido presentando grandes deterioros en el suelo, el paisaje y afectaciones al medio ambiente, lo que también hace pensar en la falta de control por parte de las autoridades ambientales.

Esta propuesta de mejoramiento es la que se va a implementar en la cantera La Valeria, ya que, a causa de la explotación minera descontrolada, y a pesar de que está clausurada desde el año 2012, se ve seriamente perjudicado todo el municipio, ya que vierte sus sedimentos caen a la quebrada que lleva su mismo nombre, además de diversas sustancias de descarte disueltas en el agua, esta acumulación de material y polvo puede generar taponamientos del acueducto o

alcantarillado de sectores urbanos cercanos, una alta contaminación atmosférica y problemas para las poblaciones aledañas a la misma”. (ECOTEC, 2017)

Ilustración 1. Cantera La Valeria abandonada en 2012



Nota. Fuente: www.google.com/maps/place/Cl.128+Sur,+Caldas,+Antioquia

Ahora bien, existen las EIA (Evaluaciones de Impacto Ambiental) que son un proceso técnico-administrativo utilizado para evaluar los impactos ambientales de proyectos, obras o actividades y así mantener a la comunidad informada para que pueda tomar decisiones tendientes al mejoramiento por medio de estrategias, métodos y técnicas que tengan como propósito fundamental un manejo de las actividades humanas y naturales de modo que sea posible un sistema de vida en armonía con la naturaleza, pero la empresa encargada de la explotación de la cantera no tuvo en cuenta realizar estas evaluaciones con lo que se hubieran minimizado los grandes problemas con que cuenta en la actualidad y como consecuencia, su restauración y rehabilitación se vuelve un poco más complicada. Es muy importante saber que El Ministerio de Minas y Energía con el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia han

creado tres Guías Mineras, la primera es la Guía Minero Ambiental de Exploración, la segunda es la Guía Minero Ambiental de Explotación y la última, la Guía Minero Ambiental Beneficio y Transformación, en ellas se tratan temas como, suelos, aire, vertimientos, emisiones, y captaciones, en ellas se establecen normativas, leyes, decretos-ley, decretos reglamentarios y resoluciones, de la explotación minera, se concluye que para nuestro país no sería necesario expedir una legislación o una Ley sobre apertura de minas, lo que se hace realmente necesario es crear disposiciones legales para el cierre de minas, reforzando el tema de las garantías y el monitoreo en el largo plazo. Boletín de la tierra, Universidad Nacional de Colombia (Sede Medellín). Facultad de Minas. 2013

Resumiendo, los problemas que enfrenta hoy en día la cantera La Valeria se hubieran podido minimizar al máximo, si durante su explotación, antes y después de su cierre, se realizan las EIA y se consultan las Guías Minero-Ambientales.

2. Justificación

La Cantera La Valeria presenta procesos erosivos, debidos a la pérdida de su cobertura natural, las laderas presentan una mayor exposición a la erosión, se pretende devolverle su capa vegetal, por medio de la siembra de diferentes plantas, la parte media de la cantera es la zona con mayor afectación ya que en sus laderas las pendientes son muy pronunciadas y presentan movimientos en masa, se encuentran en estado activo, afectan la vía veredal y ocasionan represamientos en la quebrada. La rehabilitación o restauración minera se debe tener en cuenta desde el mismo momento en que se inician las actividades de explotación, para programar el aprovechamiento de los terrenos una vez terminada. El uso potencial de cada área, se define como la capacidad natural que poseen las tierras para producir o mantener una cobertura vegetal, esta capacidad natural se puede ver limitada por la presencia de procesos erosivos severos, por la profundidad efectiva, el grado de pendiente, las características químicas y físicas de cada suelo y los niveles freáticos fluctuantes (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC 1985), como es sabido, en la cantera La Valeria nunca se realizaron este tipo de estudios, lo que trae como consecuencia serias dificultades en la puesta en marcha y culminación de cualquier proyecto, sea lo primero, analizar las limitaciones y potencialidades del entorno social, paisajístico y ecológico del territorio y las condiciones técnicas y económicas que implica llevarlo a cabo.

En las prácticas nacionales e internacionales a las diferentes áreas degradadas por la explotación minera se les pueden dar diversos usos futuros: agrícola, forestal, hábitat natural, actividades recreativas, urbanismo, industrial o vertederos de residuos. Los de mayor empleo son forestal, agrícola y recreativo; este último busca establecer las relaciones con la vegetación para

lograr un hábitat natural, en el caso de la cantera La Valeria, se parte de la necesidad de recuperar el suelo, realizando los respectivos estudios, implementando sistemas de riegos, proporcionando los nutrientes necesarios para la siembra de las plantas, finalmente hacer un seguimiento para saber en cada etapa como va el proceso.

“Las actividades mineras del municipio de Caldas son básicamente la explotación de arenas sea en cantera o en depósitos aluviales, en los cuales también se aprovecha la grava que transportan las quebradas; estos materiales se explotan intensamente como materiales de construcción (arena, gravilla y piedra)”. (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 1999)

Para finalizar, puesto que la recuperación morfológica y ambiental de las áreas intervenidas por la minería no se ha realizado, el problema se agrava con el paso del tiempo. R. (2010), por lo que se hace urgente la intervención de esta cantera, principalmente para solucionar los problemas de abastecimiento de agua, para recuperar la flora, la fauna, el ambiente y el paisaje de esa zona del municipio, tal como se ve en las figuras 2 y 3.

La propuesta de mejoramiento para la rehabilitación y restauración de la cantera se basa en principios de corresponsabilidad y movimiento sinérgico entre los actores que intervienen, estos son:

- Alineación: La puesta en marcha de la propuesta debe estar alineada con el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio.

- Apropiación social: Para llevar a cabo la propuesta se deben considerar realizar una sensibilización por medio de talleres con el objetivo de generar conocimiento, apropiación y empoderamiento por parte de la comunidad.

- Continuidad: La administración municipal, en colaboración con las autoridades ambientales, son las encargadas de velar por la continuidad del programa. - Seguimiento: La administración será la encargada de hacer seguimiento en colaboración de los líderes comunitarios, estarán encargados de hacer veeduría y monitoreo.

Ilustración 2. Paisaje de la vereda La Valeria



Nota. Fuente: Geoview.info Givasquez, 2009

Ilustración 3. Casco urbano del municipio de Caldas



Nota. Fuente: Geoview.info Givasquez, 2009

3. Objetivos

3.1 Objetivo general.

Elaborar una propuesta metodológica para la restauración y rehabilitación de la cantera La Valeria, situada en el municipio de Caldas, departamento de Antioquia.

3.2 Objetivos específicos.

- Diseñar estrategias que unifiquen los criterios de restauración y rehabilitación para el mejoramiento tanto de la cantera como de las zonas adyacentes, al iniciar y al finalizar las actividades de minería.

- Proponer una metodología para la conservar la restauración y rehabilitación que se le haga a la Cantera, y que perdure en el tiempo para evitar la incidencia de la problemática actual en zonas adyacentes, a la fauna, la flora y al ecosistema en general.

- Hacer una valoración económica que permita determinar la viabilidad de la aplicación de la propuesta metodológica para la restauración de la cantera.

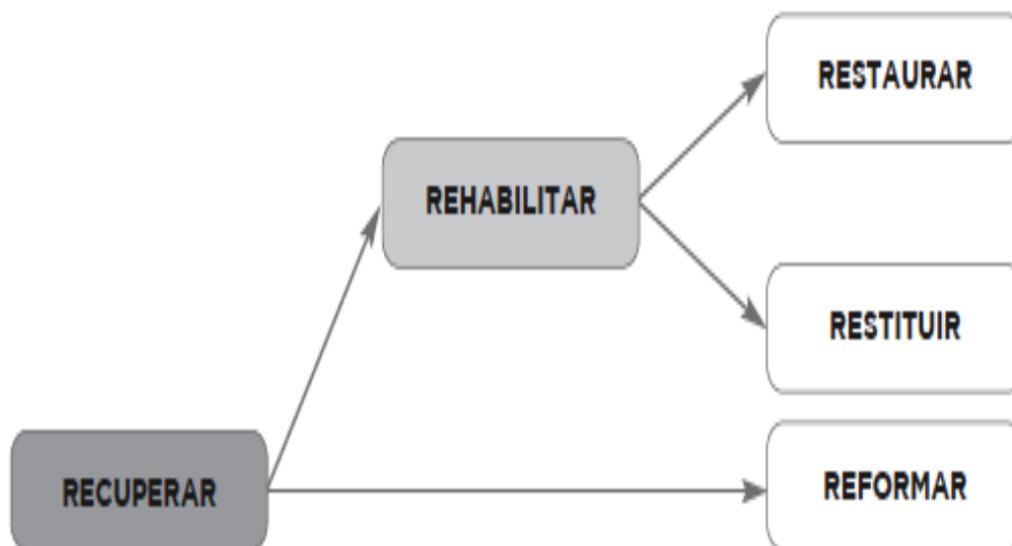
4. Marco teórico

“La restauración ecológica es la actividad intencionada que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema con respecto a su salud, integridad y sostenibilidad. En concreto, se define como el proceso de ayudar a la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido” (The Society for Ecological Restoration, 2017)

Además, la mayoría de los daños en los ecosistemas son debidos a las malas o deficientes prácticas humanas, a causa de esto, llegan a tal punto de degradación, que es imposible la recuperación por sí mismos, perdiendo funcionalidad y dinamismo, pero con una buena restauración ecológica se pueden recuperar, no obstante, hay que tener en cuenta que, se parte de un ecosistema dañado, para llevarlo hacia un ecosistema planeado y controlado, pero nunca volverá a ser igual al que era, sin embargo, se convierte en un marco de referencia para valorar el éxito de la restauración. (<http://ibero-rest.com/restauracion-ecologica/> 2017)

Con respecto al uso y posterior abandono de las canteras, lo primero para tener en cuenta es crear conciencia ecológica en la sociedad, de que al iniciar y al finalizar cualquier explotación minera, se debe garantizar la restauración o recuperación del suelo. En el caso de la restauración, es pretender darle al suelo las mismas características y usos que tenía originalmente, y cuando se habla de recuperación o rehabilitación es cuando se pretende darle un aprovechamiento nuevo y totalmente diferente al original. (Instituto Tecnológico Geo Minero de España. 1989)

Tabla 1. *Relación existente entre la rehabilitación y la restauración.*



Nota. Fuente: [www. Fundación Laboral de la Construcción](http://www.fundacionlaboral.org). Madrid,2020

4.1 Concepto de cantera.

Una cantera es el lugar donde se realiza una explotación minera, generalmente es a cielo abierto su producto son rocas y materiales para la construcción, como mármoles, granitos, calizas, etc. Toda cantera tiene una vida útil, y es cuando llega su agotamiento, es decir que ya no tiene más producto para ofrecer, la mayoría de las veces queda abandonada, creando un problema para el medio, ambiente, afectando de este modo el paisaje, quedando los restos de la explotación y el entorno destruidos, esto le ocurre a la cantera La Valeria, abandonada desde 2012.

<http://caldasantioquia.gov.co/>

4.2 Extracción de minerales en canteras de Colombia.

La minería en Colombia constituye uno de los principales motores económicos del país. En los últimos años Colombia ha intensificado su explotación minera debido al uso de nuevas tecnologías y de la llegada de inversionistas extranjeros al país. Colombia cuenta con una ubicación privilegiada desde el punto de vista metalúrgico debido al marco geológico que la caracteriza. Minería y Medio ambiente en Colombia. Universidad Sergio Arboleda. 2014

Con la explotación de material en las canteras se incrementa el deterioro y erosión de suelos debido a que esta actividad modifica la estructura topográfica de la zona de extracción y altera la composición hidrogeológica creando acumulaciones de agua generando a su vez lagunas, o represamientos cercanos a la cantera. Jorba, M., Vallejo, R. (2010).

Actualmente en Colombia son utilizados 4 métodos de extracción.

- Dársenas: Este método tiene como característica la extracción de material derivado en ríos o lechos, en los cuales se puede observar grandes acumulaciones de material, el objetivo de este tipo de extracción es la mitigación de impactos ambientales generado por la extracción de material.
- Bancos o Terrazas: Consiste en la extracción a una sola dirección, se aplica en las canteras con recubrimientos de gran potencia, permite la deposición de material en los huecos creados; este método tiene una limitación de tipo económica debido a que dichos huecos alcanzan grandes profundidades.

- Dragado: El último método de extracción usado en es muy utilizado en la extracción de oro y materiales de construcción en el lecho de ríos, se aplica inundando la zona de extracción, se obtienen grandes cantidades de material como gravilla o arena.
- Canteras: El método aplicado es el de banqueo con uno o varios niveles y gran número de canteras a media ladera. Aquí se alcanzan grandes bloques de explotación, generalmente esta extracción no se realiza cuidadosamente derivando gran cantidad de bancos que se abren para arrancar bloques y se obtienen planos de corte definidos” (Ministerio de Minas y Energía, 2013).

4.3 Restauración ecológica.

La práctica de la restauración ecológica consiste en inducir una mínima perturbación (consecuencia de perturbaciones) en el espacio degradado con el fin de desencadenar un proceso espontáneo de reconfiguración del sistema en la dirección deseada.

https://es.wikipedia.org/wiki/Restauraci3n_ecologica

La restauración ecológica, es un tema muy extenso que abarca todos los ecosistemas del planeta que son susceptibles de ser dañados por la mano del hombre, y es obligación mantenerlos en excelentes condiciones, para preservar la vida de todos los seres de la naturaleza, siempre que se hagan intervenciones a cualquier escala en la naturaleza, se tiene que dejar todo igual o mejor que antes de dicha intervención, y más aún, teniendo en cuenta condiciones de deterioro ambiental a las que está sometido el planeta, so pena de castigos penales y grandes multas.

4.4 Metodología para restaurar canteras.

La restauración no tiene un método como tal, las conclusiones de cada diagnóstico permiten la aplicación de métodos o técnicas conocidas o contribuyen en el desarrollo de otras nuevas. En definitiva, el método de la restauración ecológica consiste en gestionar el margen de incertidumbre asociada al manejo de sistemas complejos y dinámicos apoyándose en tres principios fundamentales: el papel del pasado como motor de cambios presentes y futuros, el funcionamiento de los ecosistemas y paisajes a través de las escalas espaciotemporales, y nuestra capacidad como humanos de aprender de la respuesta de los sistemas complejos a manipulaciones experimentales, de esos principios derivan las tres prácticas que conforman el ejercicio de la restauración ecológica: la selección o construcción del referente histórico, el desbloqueo de procesos ecológicos, y la implementación del proyecto siguiendo un modelo de gestión adaptativa. Aronson, J., Floret, C., Le Floc'h, E., Ovalle, C., Pontanier, R., 1993.

Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems.

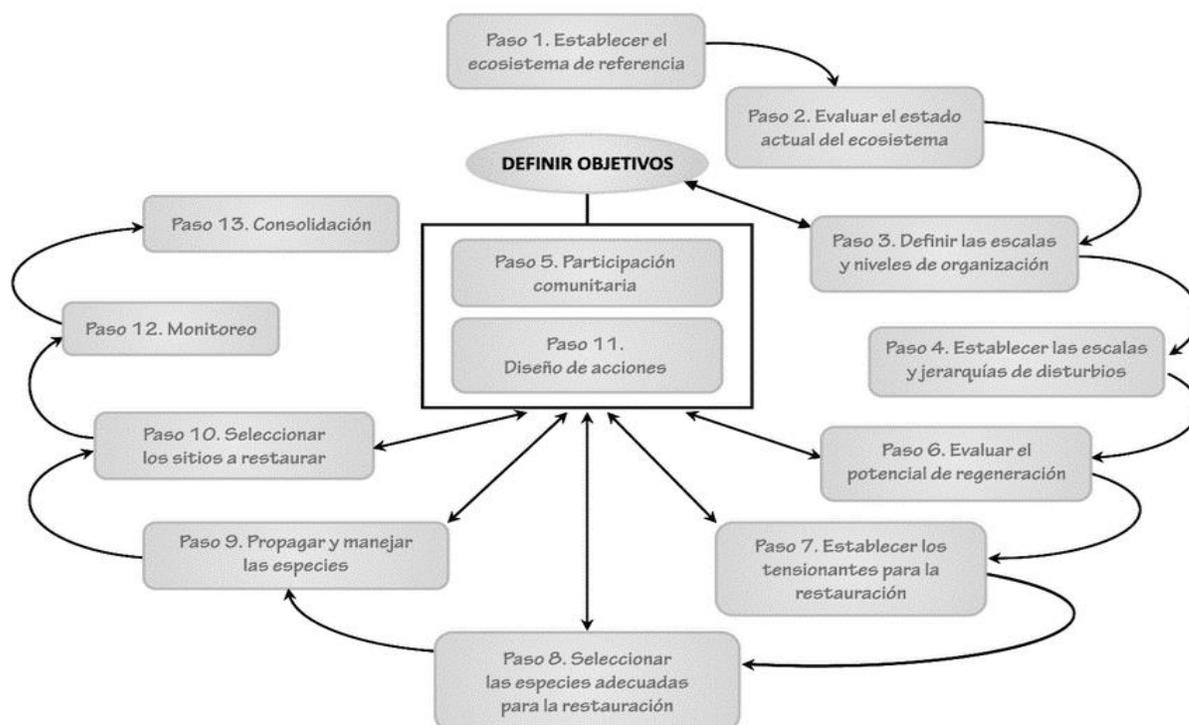
Existen dos clases de restauración: La restauración activa: Con ella se busca incrementar la diversidad, mediante la siembra de nuevas especies, cuyos individuos se han obtenido a partir de la recolección de semillas, su siembra en vivero y posterior plantación en la zona, y la restauración pasiva o sucesión natural: cuando por si solos los ecosistemas degradados superan o eliminan factores tensionantes que impedían su regeneración, es poco funcional porque es demasiado lenta. (www.neotropicos.org), cuando se busca restaurar un área para devolverla a su estado original de biodiversidad, la reintroducción de especies vegetales o animales en un área degradada puede contribuir a reconstituir el sistema (Machlis, 1993).

Recapitulando, antes de empezar una explotación minera, se debe realizar un plan para restaurar o rehabilitar la zona. Hay que tener en cuenta que las soluciones para cada restauración son hechas a medida, dado que cada ecosistema degradado presenta características diferentes que lo hacen único, lo primero a tener en cuenta para el análisis es el enfoque holístico y el ambiental, además del contexto social y económico por esta razón no se pueden dar soluciones estándar.

Así mismo, hay que resaltar la importancia de realizar un acertado diagnóstico antes de empezar con la restauración y de esta forma obtener unos excelentes resultados que se mantengan en el tiempo. El diagnóstico en el proceso de restauración se centra en el análisis de las causas de inestabilidad del suelo, una vez identificadas, en el caso de la cantera La Valeria se emplea la reforestación, para diseñar y construir un bosque con las características propias de la zona. La selección de especies a utilizar se realizó después de estudiar la vegetación circundante e identificar las especies pioneras que podrían sobrevivir en unas condiciones limitantes.

Por otro lado, en el análisis inicial se deben tener en cuenta algunos factores ambientales de influencia general en el sistema, como los factores climáticos, donde se integran los edáficos y topográficos; los factores del medio técnico, aquí se incluye las modificaciones de carácter físico y las características de los materiales después de la explotación minera y por último, los factores ambientales modificados físicos, como la temperatura, la humedad, la aireación del suelo y los factores modificados químicos como la presencia de nutrientes, la acidez y alcalinidad del suelo y la toxicidad (Etsi de Montes. 1983) Con respecto al proceso para la restauración ecológica, es un tema muy extenso, y consta de muchos pasos, algunos autores los han resumido en 13 pasos.

Tabla 2. *Secuencia y relaciones de los 13 pasos fundamentales en la restauración ecológica*



Nota. Fuente: (Vargas 2007)

A continuación, una breve descripción de cada uno de los pasos para la restauración ecológica:

4.4.1 Establecer el ecosistema de referencia.

El ecosistema de referencia sirve de modelo para planear un proyecto de restauración y más adelante, para su evaluación. No siempre es fácil identificar este referente, pero la reconstrucción con base en la información de diferentes fuentes puede dar mayor certeza de las condiciones anteriores a los disturbios. A continuación, se presentan siete recomendaciones para establecer el ecosistema de referencia (SER 2004, Vargas 2007): (Vargas 2007).

4.4.2 Evaluar el estado actual del ecosistema.

En este paso se hace una evaluación de las condiciones previas y actuales del ecosistema. En esta fase se empieza a tener evidencia del problema para poder precisar posteriormente los objetivos de restauración.

4.4.3 Definir las escalas y niveles de organización.

Los proyectos de restauración ecológica abarcan diferentes niveles de organización, desde poblaciones de especies y comunidades hasta ecosistemas o paisajes (Ehrenfeld 2000, Lake 2001). En cada nivel se definen objetivos de trabajo diferentes y consecuentemente los procesos críticos que se deben tener en cuenta para la restauración, cambian según la escala y el nivel de análisis. Para definir los objetivos de un proyecto de restauración es necesario primero precisar escalas y su relación con los niveles de organización.

4.4.4 Establecer las escalas y jerarquías del disturbio.

Todos los ecosistemas están sujetos a un régimen de disturbios naturales y antrópicos, la combinación de éstos establece una dinámica espacial y temporal en los paisajes (Pickett & White 1985, Collins 1987). Por ejemplo, algunos ecosistemas presentan un régimen de disturbio complejo que incluye fuego, pastoreo y disturbio del suelo por animales; cada uno de los cuales difiere en escala, frecuencia e intensidad.

4.4.5 Participación comunitaria.

La restauración ecológica es una actividad con diferentes escalas espaciales y temporales, en las cuales los disturbios antrópicos juegan un papel importante en cualquier escala que se

elija. La pérdida de los servicios ambientales de los ecosistemas es también una preocupación de las personas en cualquier región y por consiguiente hay que tener en cuenta tanto el manejo regional como las necesidades de las comunidades locales. Por eso es muy importante que la gente participe activamente, desde su formulación en los proyectos de restauración, lo cual puede garantizar su continuidad y consolidación (Cano y Vargas 2007).

4.4.6 Evaluar el potencial de regeneración.

En la fase diagnóstica la evaluación del potencial de regeneración se refiere a la disponibilidad de especies en la región, su ubicación, abundancia y su etapa sucesional. El potencial de regeneración se define entonces, como el conjunto de especies nativas y trayectorias sucesionales que ofrece un paisaje. En esta fase se tiene una aproximación a las especies pioneras y a las especies de sucesión tardía, a las especies dominantes, codominantes y raras y sobre todo a las especies que potencialmente pueden ser utilizadas en experimentos y programas de restauración. Muchas especies pueden estar extintas localmente, pero no regionalmente, es por esto que es necesario tener muy claro el contexto regional.

4.4.7 Establecer los tensionantes para la restauración.

Por tensionantes o barreras a la restauración ecológica se entiende todos aquellos factores que impiden, limitan o desvían la sucesión natural en áreas alteradas por disturbios naturales y antrópicos (Vargas et al. 2007).

4.4.8 Seleccionar las especies adecuadas para la restauración.

De la adecuada selección de las especies depende en gran medida el éxito del proyecto, estas deben cumplir con los requisitos exigidos por las características del suelo después de su acondicionamiento para asegurar una buena restauración que se mantenga en el tiempo, además, tener en cuenta algunas consideraciones que se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 3. *Consideraciones particulares de carácter local para la selección de especies*

| | |
|--|---|
| Resistencia al ataque de insectos (plagas) | Resistencia a la competencia que permitan la ubicación de las especies |
| Resistencia a las enfermedades provocadas por hongos | Disponibilidad en el mercado o facilidad de recolección o producción en vivero |
| Integración en el paisaje local y circundante | Resistencia al manejo en vivero |
| Poder de adaptación a los cambios y variaciones ambientales que se presentan en el medio | Producción alta de propágulos de distinto origen (semillas, rizomas, estolones, etc). |

Nota. Fuente: García Abril, A., et al. 1989

4.4.9 Propagar y manejar las especies.

La selección de especies para la restauración, es muy importante, porque el éxito del proyecto depende de ello, se deben escoger las especies que presenten una escala de atributos o rasgos que sean útiles en los sitios que se van a restaurar, por ejemplo combinar plantas fijadoras de nitrógeno con plantas que produzcan mucha hojarasca, que se propaguen fácilmente, la

propagación es la capacidad de las plantas para reproducirse, existen tres tipos: - primero, rizomas, estacas, esquejes, bulbos, tubérculos, estolones y segmentos de órganos como tallos y hojas, - segundo, por injertos donde segmentos de una planta se adhieren a otra receptiva más resistente, de mejores características y, por último, propagación in vitro, en la cual células, partes de tejido u órganos son cultivados en condiciones controladas de laboratorio (Cardona, 2007).

Una vez seleccionadas las especies, sigue su consecución, se deben tener alternativas dado que algunas son muy escasas y no se consiguen en viveros o la cantidad no es suficiente.

4.4.10 Selección de los sitios a restaurar.

Esta selección debe hacerse con mucho cuidado. Lo más importante en este paso es que ya haya un conocimiento de lo que sucede a diferentes escalas, especialmente en lo que se refiere a las condiciones de los sitios que se van a restaurar, y hasta donde se extienden los disturbios naturales y antrópicos después de la explotación minera. El conjunto de recomendaciones para la selección de los sitios hace referencia principalmente a una combinación de factores abióticos, bióticos y las poblaciones humanas locales (Vargas, 2007).

4.4.11 Diseño de estrategias.

Este diseño debe realizarse al tiempo en que se plantean los objetivos de la restauración y los tratamientos que serán aplicados. De esta manera, se tienen claros los pasos a seguir en el proceso de restauración desde el diagnóstico del estado actual del ecosistema, y continúa durante la implementación de los tratamientos y el desarrollo de estos, terminando en el momento en que se considera que el ecosistema ha recuperado su integridad ecológica (Holl & Cairns, 2002).

4.4.12 Monitoreo.

El monitoreo consiste en el continuo seguimiento y evaluación de los cambios presentados por el ecosistema, según el tratamiento de restauración aplicado, el objetivo final es asegurar el éxito de la restauración ecológica, brinda la información necesaria para evaluar y ajustar las prácticas de restauración, de modo que se puedan modificar en cualquier momento, si los resultados son negativos, dichos tratamientos se detienen o se reconfiguran, si se obtienen resultados positivos, estos tratamientos se continúan, se multiplican, y si es posible, se mejoran (Brunner & Clark, 1997; Block et al., 2001; Díaz, 2007).

Aquí se deben describir en términos generales y detallados los datos y observaciones durante un periodo determinado del monitoreo, pero sin realizar ningún tipo de interpretación. Los datos se deben presentar de manera ordenada, siguiendo el esquema presentado en la sección de métodos y permitiendo identificar con facilidad los cambios ocurridos en el tiempo. Se deben incluir los resultados de los análisis estadísticos.

Análisis y discusión: en esta sección se analizan e interpretan los datos obtenidos durante el periodo determinado del monitoreo y se comparan con los resultados derivados de los otros periodos de monitoreo y de la caracterización diagnóstica.

4.4.13 Consolidación.

La consolidación de un proyecto de restauración significa que se han superado las barreras a la restauración y que el ecosistema marcha de acuerdo con los objetivos planteados, si se hacen correctamente el mantenimiento y el monitoreo esto indica que el proceso marcha como se había diseñado y el ecosistema empieza a mostrar que puede auto sostenerse, recuperando su

flora y su fauna, y como consecuencia lógica se aprecia como mejora cada vez más la calidad del agua y suelo. (Vargas Ríos, Restauración ecológica, dpto. biología; UNAL pág. 3-23).

La restauración de canteras, es algo complicado y depende del grado del daño presentado, puesto que su tiempo de vida útil oscila entre 20 y 30 años y algunas pocas hasta 40, muchas quedan en un abandono total donde parece imposible darles un posterior aprovechamiento (Parris, J.W. 1983)

En pocas palabras, el objetivo principal de la recuperación de un terreno es darle la oportunidad de ser útil para determinado uso, sin perjuicio del medio ambiente, además, debe ajustarse a las necesidades de la zona y su entorno y por último, ser compatible con los usos allí existentes (Gibbons, J.M. 1986).

En cuanto a la restauración de la cantera La Valeria, se pretende realizar una propuesta para revegetalizar la zona, empezando por el acondicionamiento del suelo degradado, proporcionándole los nutrientes necesarios, un sistema de riego apropiado para una vegetación en crecimiento, contando con estos dos importantes factores se prosigue con la siembra de árboles nativos y vegetación propia de la zona, de tal manera que se minimicen o eliminen los problemas que existen actualmente y que inciden en zonas aledañas, señalando los cuidados que se deben tener con el ecosistema mediante el control del estado actual de los vertimientos arrojados en la microcuenca, derivados de la extracción de materiales de la cantera, y que además sirva como apoyo al diagnóstico que existe actualmente (Plan de Manejo y Ordenación de una Microcuenca POMCA) (2007), y a los programas actuales del municipio que buscan “regular” la extracción del material y la explotación minera de manera adecuada, en el caso particular de esta cantera

y del ecosistema al cual pertenece, se observan los impactos negativos que ha generado su explotación, en la cantidad y la calidad de la flora y la fauna existente, se debe hacer un seguimiento del Plan de Ordenamiento Territorial del municipio y analizar los proyectos que se tienen planteados para la recuperación del ecosistema, es de vital importancia generar estrategias que mitiguen de manera gradual los problemas y el impacto generado por la extracción de materiales e implementar acciones correctivas para los impactos a lo largo del tiempo.

Para concluir, se deben diseñar medidas correctivas que impidan la continuación de erosión del suelo y analizar los planes de uso futuro para la zona restaurada.

La metodología para realizar este trabajo se describe a continuación:

- Se hace necesario acogerse a las exigencias legales que presenta en la actualidad la cantera, con el fin de no generar conflictos con los planes de restauración y las leyes actuales del municipio.
- Verificar las condiciones de salud y seguridad de la zona: Se deben establecer condiciones de seguridad y salud para las personas que intervienen en la restauración de la cantera.
- Analizar las características ambientales y sociales de la cantera y las zonas cercanas a la misma: Análisis de los grupos de interés con el fin de escuchar las propuestas de mejoramiento de la comunidad aledaña a la cantera que permitan fomentar las mejoras y la restauración de la misma.

4.5 Legislación ambiental en restauración de Canteras.

La actividad minera en Colombia está regida por el Código de Minas Ley 685 de 2001, decretos 2150 de 1995 (art. 132) y 2820 de 2010 donde se establecen metas ambiciosas de prevención y restauración, dicha ley tiene como objetivo fomentar la exploración técnica y de recursos estatales o privados, promover el aprovechamiento racional de los recursos mineros de manera que se integre los principios normativos de explotación de los recursos naturales no renovables.

Por su parte el Decreto 2820 de 2010 reglamenta la ley 99 de 1993, esta última habla sobre las licencias ambientales que deben tener la ejecución de obras, establecimiento de industrias o elaboración de actividades que produzcan deterioro grave al medio ambiente o sus recursos naturales. (Ministerio de Minas y Energía) (2013)

En la siguiente tabla se resumen las leyes de la minería y el medio ambiente.

Tabla 4. *Guía minero ambiental*

| MINERO | AMBIENTAL |
|---|--|
| <p data-bbox="493 1352 732 1381">LEY 685 DE 2001</p> <p data-bbox="277 1423 899 1822">Normas Reglamentarias y Complementarias, como (Leyes, Decreto Ley, Decretos y Resoluciones). Resolución 428 de 2013. Términos de Referencia para el POT. El período de Explotación del Artículo 84 del Código de Minas y Resolución anterior. Decreto 2222 de</p> | <p data-bbox="1024 1423 1252 1453">LEY 99 DE 1993</p> <p data-bbox="938 1495 1305 1822">Normas Reglamentarias, como (Leyes, Decreto Ley, Decretos y resoluciones). Decreto 2820 de 2010. Otorgamiento de la Licencia</p> |

| | | |
|---|----------------------------|----------|
| 1993 de Higiene y Seguridad en labores mineras a cielo abierto. | Ambiental. Ambientales. | Permisos |
|---|----------------------------|----------|

Nota. Fuente: Ministerio de Minas y Energía-Ministerio del Medio Ambiente. (2002). Guía minero ambiental 3 beneficio y transformación. Bogotá. 2001

Por lo que se refiere a todas las normas hechas por el estado para la explotación minera, están diseñadas bajo parámetros para beneficiar no solo a los grandes mineros, sino también a los medianos y pequeños mineros en el aprovechamiento de estos recursos, para realizar la explotación de minera legal, es necesario obtener un certificado de la Agencia Nacional de Minería, la cual ha diseñado un formato especial que debe contener la siguiente información. (Agencia Nacional de Minería, 2014)

- Fecha
- Consecutivo
- Identificación del expediente por número o nombre del Explotador de Minerales Autorizados.
- Documento de identidad del Explotador de Minerales Autorizado.
- Municipio o departamento donde se realizó la extracción.
- Tipo mineral extraído.

- Cantidad de mineral comercializado y unidad de medida.
- Nombre o razón social del Comercializador de Minerales Autorizado a quien se le vende el mineral.
- Documento de identidad, si se trata de una persona jurídica, el NIT del Comercializador de Minerales Autorizado o consumidor.
- Número RUCOM del Comercializador de Minerales Autorizado que adquiere el mineral.

(ANM,2014)

5. Descripción de la Propuesta

Se va a realizar un plan de restauración de la Cantera La Valeria, por medio de la siembra de vegetación propia de la zona, de tal manera que se minimicen o eliminen los problemas que existen actualmente y que inciden en las zonas aledañas, especialmente la contaminación de la quebrada La Valeria, (Plan de Manejo y Ordenación de una Microcuenca POMCA) (2007)

5.1 Área de estudio.

El municipio de Caldas se encuentra ubicado al sur del Valle de Aburrá, a 22 km de la ciudad de Medellín, cuenta con una temperatura de 19 °C, y una altura de 1750 msnm, la zona urbana tiene una superficie de 1,85 km² , los restantes 131.55 km² hacen parte de la zona rural, para un área total de 133.4 km² (Plan de Desarrollo Caldas Antioquia, 2015-2019).

En cuanto a su hidrografía, se encuentra bañado por muchas corrientes de aguas, que conforman las tres microcuencas del municipio: La Clara, La Miel y La Valeria, siendo la más importante la microcuenca de la quebrada La Clara, esta nace en el alto de San Miguel, dando origen al río Medellín, que lo atraviesa de sur a norte, en él desembocan las quebradas La Miel, que nace en La Romera y La Valeria, que nace en el alto del Romeral, a su vez estas tres microcuencas conforman los principales ecosistemas estratégicos del municipio, cada uno cuenta con amplia diversidad de flora y fauna. (Municipio de Caldas. (2015). MFMP 2015-2024. Caldas-Antioquia), el ecosistema formado por La Valeria tiene un total de 925.52 hectáreas, correspondientes al 79.36% de la superficie, de las cuales 450.06 hectáreas (38,59%) corresponden a ecosistemas naturales, o sea, bosque natural intervenido, rastrojo alto y rastrojo

bajo y 475.46 hectáreas (40,77%) a plantaciones forestales (Plan Básico de Ordenamiento Territorial del municipio de Caldas. 2000)

La cantera La Valeria se encuentra ubicada en el municipio de Caldas, al sur del Valle de Aburrá, departamento de Antioquia. Limita por el norte con los municipios de La Estrella, Sabaneta y Envigado, por el este con el municipio de El Retiro, por el sur con los municipios de Santa Bárbara y Fredonia, y por el oeste con los municipios de Amagá y Angelópolis, en la figura 4, se observa la ubicación del municipio de Caldas en el departamento de Antioquia y a su vez en Colombia

Ilustración 4. *Localización de la zona de estudio*



Nota. Fuente: Área Metropolitana del Valle de Aburra (2007).

Tabla 5. *Parámetros climáticos promedio del municipio de Caldas*

| Mes | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. | Anual |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Temp. máx. abs. (C°) | 30.2 | 29.6 | 30 | 29.8 | 27.2 | 27.4 | 36.3 | 29 | 28.4 | 28.6 | 28.2 | 29.8 | 36.3 |
| Temp. máx. media | | | | | | | | | | | | | |
| (C°) | 23.3 | 23.5 | 23.5 | 23.2 | 23 | 23.2 | 23.6 | 23.5 | 22.9 | 22.8 | 22.3 | 22.8 | 23.1 |
| Temp. media (C°) | 18.6 | 18.7 | 18.5 | 18.4 | 18.2 | 18.5 | 18.7 | 18.7 | 18.2 | 18.3 | 18 | 18.6 | 18.5 |
| Temp. min. media | | | | | | | | | | | | | |
| (C°) | 12.6 | 12.6 | 12.7 | 13.1 | 13.3 | 13 | 12.6 | 12.9 | 12.8 | 12.9 | 12.9 | 13.1 | 12.9 |
| Temp. Min. abs (C°) | 7.4 | 7.8 | 7.8 | 9.4 | 9.4 | 9.8 | 9 | 9.4 | 9.2 | 9.8 | 9.2 | 9.2 | 7.4 |
| Lluvias (mm) | 114 | 108 | 175 | 250 | 306 | 262 | 173 | 199 | 261 | 304 | 220 | 151 | 2523 |
| Días de lluvia | 13 | 13 | 17 | 22 | 23 | 19 | 16 | 19 | 22 | 24 | 22 | 16 | 226 |
| Horas de sol | 147 | 123 | 119 | 87 | 101 | 125 | 160 | 152 | 113 | 104 | 106 | 133 | 1470 |
| Humedad relativa | | | | | | | | | | | | | |
| (%) | 82 | 82 | 82 | 84 | 85 | 83 | 80 | 79 | 81 | 82 | 83 | 83 | 82.2 |

Nota. Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)

5.2 Microcuenca La Valeria.

Esta microcuenca se encuentra localizada al sur del Valle de Aburrá, el 98.49% se encuentra en el municipio de Caldas y el resto repartida entre los municipios de Angelópolis y La Estrella, cuenta con un área total de 11.7 Km², el cauce principal, formado por la quebrada del mismo nombre, tiene una longitud de 9.6 Km, distribuidos así: un tramo alto que va desde su nacimiento ubicado en los predios de la finca La Soledad hasta un caserío llamado San Fernando, un tramo medio que va desde el caserío San Fernando hasta el barrio La Planta y por último, un tramo bajo que va desde el barrio La Planta hasta la desembocadura en el río Medellín, en la figura 5 se pueden apreciar los límites de la microcuenca.

Esta microcuenca ha presentado diversos problemas a través del tiempo, entre los principales están el manejo de vertimientos de toda índole que afectan de manera significativa la calidad del agua, debido quizá a la poca cultura y conciencia ambiental de los habitantes y los turistas, el tramo medio de la microcuenca es la zona que más deterioro presenta por el uso que le han dado a los suelos, entre otros, porcicultura, ganadería y extracción de material de cantera (Área Metropolitana del Valle de Aburrá. 2019)

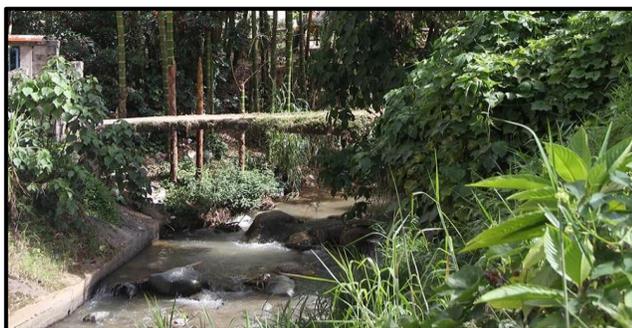
Ilustración 5. *Límites de la microcuenca La Valeria*



Nota. Fuente: Municipio de Caldas. Plan de Desarrollo Municipio de Caldas 2016-2019

En cuanto al tema de hidrología y calidad del agua “Existen 127 viviendas en los barrios asociados a la microcuenca que no tienen conexión al sistema de acueducto aprox. 0,64 % del total de las viviendas” (Montoya y Carvajalino, 2007). Esto sumado a la ubicación de fincas ganaderas en sus alrededores; genera vertimientos de carácter doméstico y piscícola debido a la falta de un sistema de saneamiento básico y aumentos en la sedimentación de la fuente, generando problemas graves en la calidad del agua (Informe Supervisión y Monitoreo, microcuenca La Valeria que Abastece la Planta de Potabilización de Caldas de Empresas Públicas de Medellín E.S.P. 2016.

Ilustración 6. *Microcuenca La Valeria, guarda bosques La Quintero*



Nota. Fuente: Empresas Públicas de Medellín, Centro de Ciencia y Tecnología, 2017

Pasando al tema de la calidad del suelo, existe pérdida de cobertura vegetal y flora en algunas áreas de fuertes pendientes que pueden causar deslizamientos y erosión del suelo. Según el plan de ordenación y manejo de la microcuenca “Un total de 925,52 hectáreas correspondientes al 79,36 % de la superficie de la microcuenca disponen de cobertura vegetal”; sin embargo “se están deforestando aproximadamente 1,55 hectáreas por año” (Montoya y Carvajalino, 2007) uno de los principales usos es la extracción de material como arena. Esto impacta directamente sobre las especies de la zona, produce un grave desequilibrio en el ecosistema, el cual se hace necesario recuperar para el disfrute de la comunidad, en pocas palabras, se verán beneficiados en lo que se refiere a su salud y a su economía.

Con la información que se tiene de la zona, se hace un análisis inicial del estado del ecosistema, la cantidad actual de flora y fauna existente y los impactos negativos que ha generado su operación con base en el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio, al tiempo analizar los proyectos que se tienen planteados para la recuperación del ecosistema, es de vital importancia generar estrategias que mitiguen de manera gradual los problemas y el impacto

generado por la extracción de materiales e implementar acciones correctivas y por último, analizar planes de uso futuro para la zona restaurada, que perduren a lo largo del tiempo.

5.3 Características socioeconómicas del municipio

Realizando una comparación entre el ICV (Indicador de Calidad de Vida) Urbano y rural, se puede observar que el municipio de Caldas presenta una brecha significativa de desigualdad entre la zona urbana y rural, ubicándose como uno de los municipios con menor Índice de Calidad de Vida rural junto con Barbosa y Copacabana (Plan de Desarrollo, Municipio de Caldas. 2016 – 2019)

En cuanto a la población, según el DANE para el año 2015 de 77.854 habitantes, de los cuales el 78.8% pertenecen a la cabecera municipal y el 21.2% habitan en el resto del territorio. La población del municipio de Caldas obedece al 1,2% de la población departamental y teniendo en cuenta el tamaño del territorio se habla de una densidad poblacional de 512 personas por Km² (Departamento Nacional de Planeación DNP, fichas municipales. 2016).

5.4 Diseño de la propuesta

La restauración implica un diseño del sistema de plantación que incluye realizar la preparación del terreno proporcionándole un buen sistema de riego, seguido de la siembra cuidadosa de las plantas nativas, separadas por nichos, donde se diferencien claramente las funciones y la adaptabilidad de cada una de ellas y la forma de relacionarse entre sí y con la comunidad, para iniciar, las plantas más útiles son aquellas que presenten altas tasas de renovación, que aporten nutrientes para la recuperación del suelo, que capturen nitrógeno, y así

de esta manera, incrementar la cantidad de este elemento, que además se reproduzcan rápida y profusamente, o sea, que se mantengan en buen estado, aunque las condiciones del clima y el medio ambiente sean cambiantes, para que alteraciones futuras no ocasionen nuevos problemas, tales como torrenteras, deslizamientos, erosión, etc. más adelante, realizar la siembra de los arbustos y árboles, distanciados por lapsos de dos años aproximadamente, conformando nichos claramente diferenciados, que también cumplan con las funciones de adaptabilidad entre ellos y el medio ambiente.

Para finalizar, en el proceso de la restauración se diferencian claramente los nichos, que a su vez conforman los gremios, y todos hacen uso de los recursos naturales de una forma semejante y funcional, a pesar de ser una población de especies distintas, todas interactúan ecológicamente entre sí y esto hace que la restauración se mantenga en el tiempo.

En las figuras siguientes se puede apreciar el bosque nativo, con plantas que aportan materia orgánica al suelo.

Ilustración 7. *Bosques nativos en un sector de la vereda La Valeria*



Nota. Fuente: CORANTIOQUIA.gov.co.2016

5.5 Plan de seguimiento

El proyecto debe ser sometido a un plan de seguimiento y evaluación que se rija por los criterios y estándares más estrictos, para tener la seguridad de cumplir con los objetivos y las metas propuestas, a través de la revisión periódica de sus avances, de esto se encargan las autoridades ambientales del municipio con la colaboración de la comunidad.

La materia orgánica natural es elaborada con compuestos orgánicos provenientes de los restos de organismos que alguna vez estuvieron vivos, tales como plantas, animales y sus productos de residuo en el ambiente natural. Paralelamente, la materia orgánica evita la disgregación de las partículas de suelo y disminuye su erosión, mantiene la humedad disponible para los cultivos y evita oscilaciones de la temperatura, todo ello a la vez que mejora la vida microbiológica, favorece la población de la capa vegetal que se está formando. Tanck, B.C.B y H.R. Santos. (1995)

Al analizar el terreno en el que se va a llevar a cabo la revegetalización, se observa lo difícil de desarrollar una cubierta vegetal, por presentar alteradas sus características químicas, físicas y biológicas, encontramos en este tipo de suelos escasez de materia orgánica y nutrientes, valores de pH extremos, existencia de elementos tóxicos y altas concentraciones de sales (Iglesias, E. 1987), razón por la cual se crea la necesidad de preparar el terreno, previo a la revegetalización, teniendo en cuenta lo siguiente: Proporcionar un buen drenaje, descompactar el suelo para un correcto desarrollo de las raíces, eliminar o reducir la acidez o alcalinidad y los elementos tóxicos, aumentar el suministro de nutrientes (Gonzales, Alonso, 1985)

5.5.1 Siembra de herbáceas.

Comúnmente llamadas hierbas por su tallo no leñoso, es decir, no forman madera, sus hojas son muy tiernas, se rompen con facilidad y generalmente son de color verde, son las plantas más extendidas en el mundo, debido a su gran capacidad de crecimiento y germinación, además de su alta adaptabilidad y resistencia. Stearn, William T. (1992)

Ilustración 8. *Cubierta del suelo con herbáceas*



Nota. Fuente: <https://images.evisos.com.co/2011/07/11/caldas-antioquia>

Algunas de estas plantas pueden ser *Halcus lanatus*, *Arachis Pintoi*, *Ruybekia Fulgida* y *Repens Trifolium*, que tienen crecimiento rápido y son tolerables a suelos pobres; igualmente tienen gran capacidad de invasión, logrando así la estabilidad del suelo.

5.5.2 Siembra de arbustos.

Luego se procede con la siembra de especies arbustivas, estas son plantas leñosas que, alcanzan alturas inferiores a los 6 m. Sus ramas empiezan en la misma base. Se pueden encontrar dos tipos de arbustos: Los trepadores y los no trepadores, a estos últimos pertenecen la mayoría.

Algunos arbustos que se pueden sembrar se encuentran en la zona y son especiales para este tipo de clima, son los siguientes: laurel de cera (*Myrica Parvifolia*), hayuelo (*Dononaea Viscosa*), eugenio (*Eugenia Myrtifolia*), borrachero blanco (*Brugmansia candida*), entre otros. (Revista Luna Azul, Universidad de Caldas. 2008)

Ilustración 9. Sector vereda La Valeria sembrado con arbustos



Nota. Fuente: <https://images.evisos.com.co/2011/02/14/caldas-antioquia>

5.5.3 Siembra de árboles.

Con esta siembra de árboles, se pretende darle al terreno la estabilidad y el acabado paisajístico que se requiere, hay una gran variedad de ellos que se desarrollan muy bien en climas fríos y suelos pobres, además son de muy fácil adquisición y manejo: *M. guianensis*, *Cecropia* Sp, *Tibouchinalapidota*, *Caryodendron orinocense*.

Ilustración 10. Árboles en el municipio de Caldas



Nota. <https://images.evisos.com.co/2012/05/14/caldas-antioquia>

A continuación, en la tabla 6 un resumen de plantas que se pueden utilizar en la restauración y rehabilitación de la cantera.

Tabla 6. *Resumen de plantas para la restauración de la cantera*

| PLANTAS | ESPECIE | FAMILIA | NOMBRE COMUN |
|------------------|--------------------|----------------|---------------------|
| HERBACEAS | Repens Trifolium | Fabaceae | Trebol blanci enano |
| | Rutbekia Fulgida | Asteraceae | Rudbeckia |
| | Holcus Lanatus | Poaceae | Pasto quin grass |
| | Arachis Pintoi | Fabaceae | Mani forrajero |
| ARBUSTOS | Myrica Parviflora | Myricaceae | Laurel de cera |
| | Dodonacea Viscosa | Sapindaceae | Hayuelo |
| | Eugenia Myrtiflora | Myrtaceae | Eugenio |
| | Brugmansia Cándida | Solanaceae | Borrachero blanco |
| ARBOLES | M.Guianensis | Myrsinaceae | Chagualo |
| | Cecropia S.P. | Urticaceae | Yarumo |

| | | |
|--------------------|-----------------|------------------|
| Tibouchinalepidota | Metastomataceae | Siete cueros |
| Leucaena | | |
| Leucocephal | Mimosaceae | Acacia forrajera |

Nota. Fuente: Realizada por el autor de la tesis, diciembre, 2019

5.6 Medios físicos para la siembra

A continuación, se describen los medios físicos, fáciles de implementar que pueden ser:

5.6.1 Tinglados.

Pueden ser de alambre y guadua, sobre pendientes fuertes con planes de tierra sosteniendo vegetación rastrera y trepadora.

5.6.2 Terracetas artificiales.

Que se pueden cavar y apisonar con la sola ayuda de un azadón. El perímetro externo de cada terraceta debe ser lo más semicircular posible y afianzarse con material vegetal.

5.6.3 Drenajes artificiales.

En focos de erosión severa deben efectuarse obras de conducción consistentes en canales que conduzcan la escorrentía desviándola de los frentes de erosión y utilizándola para la irrigación de los puntos menos frágiles (siempre que sea posible).

5.6.4 Descoles.

Zanjas de drenaje que recogen la escorrentía de exceso de las demás obras de infiltración y control de erosión, canalizándola hacia fuera del área tratada. La falta de descoles es uno de los peores y más frecuentes errores en el control de erosión.

5.6.5 Trinchos.

En las cárcavas pueden construirse trinchos con postes de ocal con una barrera delantera de precusores leñosos de los recomendados para suelos pesados (húmedos).

5.6.6 Geotextiles.

Textiles biodegradables (fique preferiblemente) cubriendo a manera de tapete los lugares más afectados por escorrentía superficial. (Foster Una etapa importante donde deben cumplirse los principios del Desarrollo Sostenible aplicables a la minería es durante todo el proceso de rehabilitación ecológica de las áreas devastadas, siendo este proceso parte esencial de todo proyecto minero. Las compañías explotadoras de recursos mineros, sobre todo a cielo abierto, deben procurar la protección del Medio Ambiente, lo que incluye la conservación de la biodiversidad, tomando como propia la protección y manejo de la misma (Ward, 1997). 1967).

5.7 Control y seguimiento.

El objetivo de realizar control y seguimiento a un proyecto es la supervisión de las actividades propuestas durante todas las fases de su desarrollo, ya que esto hace posible evitar o corregir cualquier desviación del sistema que no se haya contemplado, incurriendo en gastos innecesarios y tiempos de ejecución prolongados, o por lo menos ayuda a detectar dificultades en

sus inicios, con ello proceder a analizar las causas y darles solución oportuna para asegurar los objetivos propuestos. La siguiente tabla es una propuesta de formato para llevar los controles del crecimiento de las plantas con las que se va a revegetalizar la cantera.

Tabla 7. *Formato para hacer seguimiento a las plantas*

| CONTROL Y SEGUIMIENTO REVEGETALIZACION CANTERA LA VALERIA | | | | | | |
|---|-----------|-----|----------|-----|---------|-----|
| SIEMBRA | | | | | | |
| FECHA | HERBACEOS | UND | ARBUSTOS | UND | ARBOLES | UND |
| ESPECIE | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| OBSERVACIONES | | | | | | |
| | | | | | | |
| CRECIMIENTO | | | | | | |
| FECHA | HERBACEOS | | ARBUSTOS | | ARBOLES | |
| ESPECIE | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| OBSERVACIONES | | | | | | |
| | | | | | | |

Nota. Fuente: Realizado por el autor de la tesis, octubre, 2019

6. Proyección económica

La siguiente es la estructura de los costos mínimos necesarios para la restauración ecológica de 4 de las 14.2 hectáreas que conforman la cantera La Valeria, para la protección de la microcuenca que lleva su mismo nombre y que abastece la planta de potabilización para todo el municipio.

6.1 Estructura de costos para la restauración ecológica de la cantera La Valeria del municipio de Caldas (Ha)

Tabla 8. Costo de materiales para el trabajo de campo

| CONCEPTO | UNIDAD | CANTIDAD | VALOR | |
|---------------------------------------|----------|----------|-----------|--------------|
| | | | UNIDAD | VALOR TOTAL |
| Mano de obra | | | | |
| Establecimiento | Jornal | 30 | \$ 40.000 | \$ 1.200.000 |
| Control fitosanitario y fertilización | Jornal | 3 | \$ 40.000 | \$ 120.000 |
| Resiembra y plateos | Jornal | 6 | \$ 40.000 | \$ 240.000 |
| Mantenimiento | Jornal | 8 | \$ 40.000 | \$ 320.000 |
| Insumos | | | | |
| Material vegetal | Plántula | 333 | \$ 2.000 | \$ 666.000 |
| Semillas de herbáceas | Kg | 4 | \$ 56.000 | \$ 224.000 |
| Abono orgánico | Bulto | 14 | \$ 15.000 | \$ 210.000 |
| Cal agrícola | Bulto | 4 | \$ 10.000 | \$ 40.000 |
| Insecticida biológico | Kg | 3 | \$ 15.000 | \$ 45.000 |

Herramientas

| | | | | |
|---------------------------|--------|---|------------|---------------------|
| Herramientas | Global | 1 | \$ 120.000 | \$ 120.000 |
| Transporte de insumos | Viaje | 4 | \$ 100.000 | \$ 400.000 |
| COSTO POR HECTAREA | | | | \$ 3.585.000 |

Nota. Fuente: Realizado por el autor de la tesis, octubre, 2019

6.2 Estructura de costos para la contratación de un profesional

Tabla 9. *Costo de un profesional para proyecto*

| CONCEPTO | UNIDAD | CANTIDAD | VALOR UNIDAD | VALOR TOTAL |
|--------------------|--------|----------|--------------|---------------------|
| Profesional | | | | |
| Encargado | Mes | 3 | \$ 2.500.000 | \$ 7.500.000 |
| COSTO TOTAL | | | | \$ 7.500.000 |

Nota. Fuente: Realizado por el autor de la tesis, octubre, 2019

6.3 Estructura de costos para el cerramiento del área

Tabla 10. *Costo cercamiento del área*

| CONCEPTO | UNIDAD | CANTIDAD | VALOR UNIDAD | VALOR TOTAL |
|-----------------------|-----------|----------|--------------|--------------|
| Alambre de puas | Mes | 8000 | \$ 450 | \$ 3.600.000 |
| Grapas | Kilogramo | 10 | \$ 6.000 | \$ 60.000 |
| Pintura | Galón | 6 | \$ 92.000 | \$ 552.000 |
| Transporte | Global | 1 | \$ 600.000 | \$ 600.000 |
| Estación punta | | | | |
| diamante inmunizado | Unidad | 550 | \$ 8.000 | \$ 4.400.000 |
| Mano de obra | Jornal | 45 | \$ 40.000 | \$ 1.800.000 |

COSTO TOTAL**\$ 11.012.000**

Nota. Fuente: Realizado por el autor de la tesis, octubre, 2019

6.4 Estructura de costos para la contratación de los talleres de socialización.

Tabla 11. *Costos para los talleres de socialización*

| ACTIVIDAD | UNIDAD | CANTIDAD | VALOR UNIDAD | VALOR TOTAL |
|------------------------|---------------|-----------------|---------------------|------------------------|
| Expositor | Hora | 12 | \$ 42.000,00 | \$ 504.000,00 |
| Apoyo logístico | Global | 2 | \$ 100.000,00 | \$ 200.000,00 |
| Material | | | | |
| didáctico | Global | 2 | \$ 100.000,00 | \$ 200.000,00 |
| Almuerzo | Almuerzo | 50 | \$ 10.000,00 | \$ 500.000,00 |
| COSTO | | | | |
| TOTAL | | | | \$ 1.404.000,00 |

Nota. Fuente: Realizado por el autor de la tesis, octubre, 2019

6.5 Resumen del costo total del proyecto.

Tabla 12. *Resumen costos del proyecto*

| CONCEPTO | UNIDAD | CANTIDAD | VALOR UNIDAD | VALOR TOTAL |
|---------------------------|---------------|-----------------|---------------------|--------------------|
| Resorestación de 4 | | | | |
| Ha | Hectárea | 4 | \$ 3.585.000 | \$ 14.340.000 |
| Contratación de un | | | | |
| profesional | Mes | 3 | \$ 2.500.000 | \$ 7.500.000 |
| Taller de | | | | |
| socialización | Taller | 2 | \$ 1.404.000 | \$ 2.808.000 |

Carcamiento del

| | | | | | | |
|--------------------|------|---|----|------------|----|-------------------|
| área | Area | 1 | \$ | 11.012.000 | \$ | 11.012.000 |
| COSTO TOTAL | | | | | \$ | 35.660.000 |

Nota. Fuente: Realizado por el autor de la tesis, octubre, 2019

7. Impactos del proyecto

El desarrollo de esta clase de proyectos genera un gran sentido de pertenencia tanto en la comunidad aledaña al área restaurada como en todos los habitantes del municipio, porque han tomado consciencia del deterioro ambiental que se ha venido presentando a través de los años y sienten la necesidad de contribuir con el cuidado de la flora y la fauna, mostrando un gran apoyo y voluntad colaborativa.

Con este proyecto, los integrantes de la comunidad se sienten más unidos porque están luchando por algo en común, el proyecto incluye talleres de socialización, y un acompañamiento por unos meses, para que ellos se empoderen y entiendan que además de restaurar con la revegetalización una gran área de la cantera La Valeria, deben poner su apoyo para proteger y recuperar los paisajes, y lo más importante contribuir con el cuidado de la microcuenca,

Para el desarrollo de las actividades se hace necesario la contratación de trabajadores de la zona, con su respectivo líder experimentado en esta clase de trabajos, para que organice cuadrillas de trabajadores, quienes se encargarán de las labores en campo, con esto se contribuye un poco en la reactivación de la economía local y de paso se garantiza la eficiencia de los trabajos.

Para la socialización del proyecto, es necesario antes de dar comienzo a las labores de restauración, programar unas reuniones con representantes de la comunidad, las autoridades ambientales del municipio y los gestores del proyecto, con el objetivo de informar en que consiste la revegetalización, los alcances y actividades que le corresponde a cada uno.

Bibliografía

Área Metropolitana, Unidad Ambiental (1997). Microcuenca Quebrada La Valeria. Antioquia, Colombia.

Boletín de la tierra, Universidad Nacional de Colombia (Sede Medellín). Facultad de Minas.

Sitio web: <https://medellin.unal.edu.co>

Carvajal Ramírez y Giráldez Cervera (2008). Comportamiento hidráulico de cauces naturales.

CORANTIOQUIA (2010). Guía cantera verde. Medellín, Antioquia, Colombia. Sitio web:

<https://www.corantioquia.gov.co>

Corporación Emprender Social (2017). Plan de gestión ambiental municipal, Fase diagnóstico. Caldas Antioquia, Colombia.

ECOTEC, (2017) Tecnología, Universidad, Sociedad. 5to Congreso Científico Internacional.

Memorias. Sitio web: <http://www.ecotec.edu.ec>

Empresas Públicas de Medellín, (2017). Centro de Ciencia y Tecnología,

Hernández S., Á. (2004). El parque minero de Almadén. Asociación de Arqueología Industrial. p. 177-180

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), (2007). Área Metropolitana del Valle de Aburra.

Jorba, M., Vallejo, R. (2008). La restauración ecológica de canteras: un caso con aplicación de enmiendas orgánicas y riegos. Ecosistemas 17(3):119-132.

Jorba, M., Vallejo, R. (2010). Manual para la restauración de canteras de roca caliza en clima mediterráneo. p. 5-21.

Ministerio de Minas y Energía. (2013). Universidad pedagógica y Tecnológica de Colombia. Explotación de materiales para construcción. Sitio web:
<https://www.minminas.gov.co/documents/>

Ministerio de Minas y Energía-Ministerio del Medio Ambiente. (2002). Guía minero ambiental

Montoya, C.E y Carvajalino, N. (2007). Plan de ordenación y manejo de la microcuenca de la Quebrada La Valeria Municipio de Caldas. Publicación Institucional del área metropolitana del Valle de Aburra. Volumen (22).1-66.

Normas APA (2017). Aspectos básicos. Sitio web: <http://normasapa.net/>

Plan Básico de Ordenamiento territorial para el municipio de Caldas Antioquia. (2000).
Sitio web: <http://caldasantioquia.gov.co/>

República de Colombia y Ministerio del Medio Ambiente. (2015). Plan Nacional Restauración Ecológica, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Disturbadas. Bogotá DC. Colombia.

Sánchez Arredondo, L., Vallejo Ospina, M., y Correa Meza, J. (2012). La Ferrería de Amagá (Colombia) Reutilización Sostenible del Espacio Minero, p.101-108

Silva, F. (2001). Fertilidad de los suelos. Diagnóstico y control. Segunda edición.
Publicación de la sociedad colombiana de la ciencia del suelo. Editorial Guadalupe
LTRA. Colombia. Bogotá.