



# PROTOCOLO DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA



# PROTOCOLO DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE ÁREAS DEGRADADAS POR MINERÍA A CIELO ABIERTO DE ORO Y PLATINO EN EL CHOCÓ BIOGEOGRÁFICO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AMBIENTALES DEL PACÍFICO  
MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE  
CONVENIO 182

**WILLIAM KLINGER BRAHAN**

Director General

**JAFETH BEJARANO**

Coordinador General del Proyecto

**HELCIAS AYALA MOSQUERA**

Apoyo Técnico IIAP

**AMERICA LOZANO**

Apoyo Técnico IIAP

**GIOVANNY RAMIREZ MORENO**

Apoyo Técnico IIAP

## **Equipo Técnico**

LADY VARGAS PORRAS

FAIRY MEDINA MOSQUERA

YESSLYN RENTERIA RODRIGUEZ

JIMY MOYA ROBLEDO

JOBANNY MOSQUERA PINO

ZULMARY VALOYES CARDOZO

ERIC YAIR CUESTA RIOS

NELSY SOFIA BONILLA URRUTIA

FREDDY CARABALI

HAYDIN MORENO

RICHARD MORENO

CLAUDIA SOLIS

GUILLERMO ARCILA RIVAS

## **Equipo Administrativo**

ROMNY ROMAÑA

ELKIN MURILLO

SORINSON ORTIZ

Agosto, 2012

## TABLA DE CONTENIDO

PRESENTACIÓN.....	7
3.1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL ÁREA .....	8
3.2 ANÁLISIS DE VIABILIDAD SOCIO-AMBIENTAL PARA ADELANTAR PROCESOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN LOS DIFERENTES ESCENARIOS CARACTERIZADOS, SEGÚN LA AFECTACIÓN OCASIONADA POR LA ACTIVIDAD MINERA.....	9
3.3.1 Características de la zona degradada y del entorno .....	11
3.3.2 Análisis de factores y Principales procesos para el logro de la restauración .....	11
3.4 IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE MAYOR OFERTA AMBIENTAL Y POTENCIAL BIÓTICO .....	16
3.4.1 Oferta ambiental.....	16
3.4.2 Potencial Biótico.....	17
3.5 ELECCIÓN DEL ECOSISTEMA DE REFERENCIA .....	17
3.6 DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA RESTAURACIÓN.....	18
3.7 MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE IMPACTOS EN EL COMPONENTE HÍDRICO .....	19
3.7.1 MEDIDAS DE CONTROL PARA VERTIMIENTO MINERO.....	20
3.7.2 MEDIDAS DE MANEJO DE POZOS O LAGUNAS EN ÁREAS DEGRADADAS POR MINERÍA .....	22
3.7.3 MEDIDAS DE CONTROL PARA LA CAPTACIÓN DEL RECURSO AGUA .....	26
3.7.4 MEDIDAS DE MANEJO PARA LOS EFLUENTES DOMÉSTICOS Y LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN EL CAMPAMENTO MINERO.....	27
3.7.6 MEDIDAS DE CONTROL Y MITIGACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS FUENTES HÍDRICAS DURANTE Y DESPUÉS DE LAS OPERACIONES MINERAS.....	30
3.7.7 MEDIDAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA PARA FUENTES HÍDRICAS DEGRADADAS POR LA ACTIVIDAD MINERA.....	31
3.8 MEDIDAS DE MANEJO PARA LA RECUPERACIÓN DE LOS SUELOS .....	32
3.8.1 MEDIDAS DE MANEJO DEL SUELO DURANTE LA EXTRACCIÓN MINERA .....	33
3.8.2 MEDIDAS DE MANEJO DEL SUELO DESPUÉS DE LA EXTRACCIÓN MINERA .....	35
3.9 ESTRATEGIAS Y TRATAMIENTOS DE LA RESTAURACIÓN.....	37
3.9.1 ESTRATEGIAS, TRATAMIENTOS Y MONITOREO PARA EL COMPONENTE VEGETACIÓN .....	37
3.9.2 ESTRATEGIAS, TRATAMIENTOS Y MONITOREO PARA EL COMPONENTE FAUNA .....	46
3.10 MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS SOCIOCULTURALES GENERADOS POR LA MINERÍA .....	52
9.12 SELECCIÓN, DISEÑO Y ESTABLECIMIENTO DE LA PARCELA PILOTO PARA EJECUTAR EL PROTOCOLO DE MONITOREO PROPUESTOS.....	75



## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los residuos sólidos	29
Tabla 2. Resumen de impactos potenciales y medidas de mitigación y rehabilitación en suelos disturbados por minería	36
Tabla 3. Especies a utilizar en el tratamiento de sucesión secundaria (Escenario 2)	39
Tabla 4. Especies a utilizar en el tratamiento de enriquecimiento con plantas leñosas (Escenario 3)	43
Tabla 5. Formato de registro de variables a monitorear	44
Tabla 6. Indicadores para coberturas herbáceas	45
Tabla 7. Indicadores para coberturas arbustivas	45
Tabla 8. Indicadores para coberturas con bosque	45
Tabla 9. Matriz de identificación de impactos y medidas de mitigación en el componente sociocultural en áreas disturbadas por minería a cielo abierto	60
Tabla 10. Presupuesto global de restauración escenario 1	63
Tabla 11. Costos de los estudios previos (Escenario 1)	64
Tabla 12. Costos de recolección de semillas y montaje de vivero (Escenario 1)	64
Tabla 13. Costos de seguimiento para el primer año (Escenario 1)	65
Tabla 14. Costos de materiales para el seguimiento del primer y segundo año (Escenario 1)	65
Tabla 15. Costos de seguimiento para el segundo año (Escenario 1)	66
Tabla 16. Presupuesto global de restauración escenario 2	67
Tabla 17. Costos de los estudios previos (Escenario 2)	68
Tabla 18. Costos de recolección de semillas, montaje de vivero y agregados (Escenario 2)	68
Tabla 19. Costos de seguimiento primer año (Escenario 2)	69
Tabla 20. Costos de materiales para seguimiento primer y segundo año (Escenario 2)	69
Tabla 21. Costos de seguimiento segundo año (Escenario 2)	70
Tabla 22. Presupuesto global de restauración escenario 3	71
Tabla 23. Costos de estudios previos escenario 3	72
Tabla 24. Costos de recolección de propágulos de ombrófilas y bromelias (Escenario 3)	72
Tabla 25. Costos de seguimiento primer año (Escenario 3)	73
Tabla 26. Costos de materiales para el seguimiento primer y segundo año (Escenario 3)	73
Tabla 27. Costos de seguimiento segundo año (Escenario 3)	74
Tabla 28. Composición florística de la parcela piloto (Jigualito)	79
Tabla 29. Invertebrados y vertebrados de la localidad de Jigualito	80

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de selección de especies	14
Figura 2. Opciones aplicables de tratamiento de vertimientos mineros	20
Figura 3. Cierre de excavaciones	22
Figura 4. Estructura típica del relleno de excavaciones mineras	24
Figura 5. Lagunas someras para colonización de especies y conexión ecológica	25
Figura 6. Forma y orillas de las lagunas. 1: Caso poco favorable para el desarrollo de la vegetación y de la fauna (orillas sin salientes); 2: Caso intermedio 3: Caso muy favorable (orillas muy sinuosas con penínsulas pronunciadas, isla y laguna dividida en dos)	26
Figura 7. Sistema de captación del agua recomendado para operaciones mineras.	27
Figura 8. Diseño de la trampa de grasas	28
Figura 9. Diseño del tanque séptico	28
Figura 10. Diseño de un pozo de absorción	29
Figura 11. Acopio de suelo (capacidad 46m <sup>3</sup> )	34
Figura 12. Diseño de un corredor biológico en un área de 1Ha	41
Figura 13. Integrantes del núcleo familiar laborando en entable minero	55
Figura 14. Procesos educativos agrícolas	59
Figura 15. Localización de la parcela	76
Figura 16. Diseño de la parcela piloto	77

### 3. PROTOCOLO DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE ÁREAS DEGRADADAS POR MINERÍA A CIELO ABIERTO DE ORO Y PLATINO EN EL CHOCÓ BIOGEOGRÁFICO

#### PRESENTACIÓN

Los impactos causados por la actividad minera a cielo abierto en el Chocó Biogeográficos son numerosos y de largo alcance en espacio y tiempo para todos los componentes ambientales. El avance de esta práctica de manera incontrolada, está generando la pérdida de ecosistemas completos que en muchos casos aún son desconocidos para la ciencia, al igual que los bienes y servicios que prestan al ser humano; situación que hace urgente la búsqueda de estrategias tanto de sostenibilidad del proceso extractivo, como de restauración de las áreas que ya han sido intervenidas y disturbadas de manera definitiva.

El avance de esta búsqueda ha generado diferentes líneas y perspectivas originando opciones de revegetalización, recuperación, rehabilitación y restauración de los sistemas naturales, las cuales buscan el establecimiento de una cobertura vegetal, el restablecimiento de algunos elementos del bosque para diferentes usos, el mejoramiento del estado degradado mediante la recuperación de alguna función ecosistémica o el ideal de recuperar de forma asistida las dinámicas naturales tendientes a restablecer los ecosistemas históricos o nativos de una región.

En este sentido se han realizado diversas iniciativas alrededor de disturbios como la minería, las cuales han redundado en ensayos de revegetalización y recuperación de la cobertura vegetal con fines productivos mediante el uso de especies poco exigentes y de rápido crecimiento, lo que hace necesario el diseño de modelos que busquen restablecer no solamente la función del sitio disturbado, sino además sus componentes, estructura y complejidad, es decir un modelo de restauración ecológica que intente replicar el sistema natural para que sea capaz de sostenerse así mismo, resistir invasiones por nuevas especies, ser productivo y tener interacciones bióticas similares al original. Adicionalmente este modelo requiere la inclusión de un componente socioeconómico y cultural que permita integrar las comunidades a los proyectos de restauración y contribuir a mejorar sus condiciones de vida a partir de los resultados obtenidos, lo cual implica que los objetivos planteados para el modelo se identifiquen con la realidad social de la región, para garantizar la sostenibilidad de los mismos.

El presente documento constituye un protocolo de restauración ecológica para áreas disturbadas por minería en el Chocó Biogeográfico, el cual surge como resultado de la caracterización de los impactos causados por la actividad en los diferentes componentes ambientales y procesos ecosistémicos, el análisis de los bienes y servicios que se pierden con este disturbio, las barreras y potencialidades para la restauración. La propuesta contempla estrategias, tratamientos y monitoreo para el restablecimiento de fauna y flora en tres escenarios planteados a partir de observaciones realizadas en campo e incluye medidas de

control de vertimientos, manejo de lagunas generadas por minería, medidas de mitigación de impactos en el componente hídrico, edáfico y sociocultural.

### **3.1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL ÁREA**

Este es el primer paso a dar en el momento de comenzar un proceso de restauración ecológica de áreas o zonas en donde la actividad minera a cielo abierto ha generado innumerables e incalculables daños a ecosistemas prestadores de bienes y servicios ambientales, que albergaron numerosas y diversas especies florísticas y faunísticas silvestres, nativas de la región. Considerar la totalidad de las áreas degradadas en el momento de la aplicación y desarrollo de actividades encaminadas a su restauración debería ser lo ideal, sin embargo, existen múltiples factores que dificultarían el éxito del proceso, por lo tanto, determinar el área a restaurar ecológicamente requiere de la aplicación de algunos criterios y herramientas de gestión, que permitan mejorar y aumentar las garantías de estos procesos, orientados al restablecimiento de las funciones naturales de los bosques intervenidos en el Chocó Biogeográfico.

En este protocolo, se contemplan aspectos que de alguna u otra manera condicionan, influyen y viabilizan los procesos de restauración ecológica, que facilitan la presencia de múltiples especies florísticas y faunísticas, con capacidad de adaptación y retorno a zonas intervenidas drásticamente por la minería de oro y platino a cielo abierto, como también la utilización de herramientas de gestión como: Cartografía base que contenga la ubicación, distribución geográficas y zonificación de las áreas degradadas, con sus respectivas fotografías aéreas y de ser posible, registros fotográficos de las áreas a restaurar antes de su intervención, todo ello con el ánimo de facilitar la contextualización de las posibles zonas involucradas en el proceso, ubicar relictos y bosques más cercanos a las posibles zonas seleccionadas, evaluar la disponibilidad de materiales del entorno necesarios en el proceso (banco de semillas y polinizadores naturales) y visualizar las condiciones del lugar antes de la intervención minera.

Entre los principales aspectos se resaltan: La diversidad de hábitat, acuerdo del no uso del área a restaurar, características del relieve y la susceptibilidad a conexión con corredores biológicos.

#### **a) La diversidad de hábitat**

El área a restaurar, deberá presentar un mosaico de hábitats potenciales y subyacentes, que garanticen la oferta de recursos para el establecimiento de la diversidad biótica. Los elementos del ambiente contenidos en esta, deben ser los suficientes para permitir pocos esfuerzos en la aplicación de tratamientos para la restauración. A su vez deben facilitar la heterogeneidad, la integralidad y la armonía entre los componentes físicos, ambientales y biológicos. Por lo tanto el área seleccionada deberá integrar cuerpos de aguas superficiales, relictos o bosques circundantes.



**a) Acuerdos de no uso del área a restaurar**

La reincidencia del desarrollo de operaciones mineras en un mismo lugar, dificulta en gran medida el éxito de los procesos de restauración ecológica, como generalmente sucede en la región. La falta de otras alternativas económicas productivas, impiden la apropiación y el fortalecimiento de estos procesos, ya que los propietarios del lugar y comunidad en general posibilitan la reaparición del disturbio, interrumpiendo los procesos ecológicos ya adelantados, por lo tanto, contar con la aprobación, el apoyo y respaldo de las organizaciones comunitarias y propietarios antes de la aplicación de las actividades encaminadas al restablecimiento de las funciones del bosque y ecosistema en general, es garantizar la permanencia, continuidad y éxito del proceso en los lugares objetos de restauración

**b) Características del relieve**

Según este criterio, es necesario tener en cuenta para la selección, áreas o sitios cuyos relieves se aproximen a las condiciones originales del terreno, es decir ondulados, con pendientes leves y depresiones suaves, en caso de que esto no suceda, deberá adecuarse el terreno a las condiciones antes mencionadas, teniendo en cuenta el grado de avance de la sucesión ecológica.

**c) Susceptibilidad a conexión con corredores biológicos**

La ubicación e identificación de corredores biológicos en el proceso de delimitación del área a restaurar, facilitará el diseño y aplicación de tratamientos que favorezcan y aceleren la restauración, ya que la existencia de estos corredores, promueven el intercambio genético entre las poblaciones biológicas de los fragmentos y el flujo de semillas que pueden colonizar el lugar y acelerar los procesos de sucesión vegetal, gracias al mejoramiento de las condiciones de conectividad que facilita la presencia y el tránsito de diferentes especies faunísticas dispersoras y polinizadoras.

**3.2 ANÁLISIS DE VIABILIDAD SOCIO-AMBIENTAL PARA ADELANTAR PROCESOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN LOS DIFERENTES ESCENARIOS CARACTERIZADOS, SEGÚN LA AFECTACIÓN OCASIONADA POR LA ACTIVIDAD MINERA.**

Considerando el nivel organizativo territorial de la región, donde los grupos étnicos son propietarios legales de sus territorios, en los cuales ancestralmente han desarrollado actividades de uso, control y manejo autónomo de los recursos naturales; se convierte en un factor determinante para la toma de decisiones a diferentes escalas, involucrar los procesos organizativos que garanticen la proyección, establecimiento y éxito de cualquier iniciativa planteada. El caso de la restauración ecológica de las áreas disturbadas por minería no es la excepción, más cuando los problemas causados al entorno son productos de falta de planificación de la actividad y la usencia de políticas claras que blinden el territorio de acciones no consonantes con la naturaleza de los mismos. Por las anteriores razones para la viabilidad

socioambiental de procesos de restauración ecológica en la región del Chocó Biogeográfico hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

***En Títulos Colectivos de Comunidades Negras:*** Constitucionalmente éstas no están establecidas como entidades territoriales específicamente reguladas y no hay jurisprudencia al respecto. La propiedad colectiva para las comunidades afrodescendientes que han estado ocupando tierras baldías en áreas rurales, en las riberas de los ríos, de acuerdo con sus prácticas tradicionales de agricultura, es reconocida por la ley (Ley 70 de 1993), por ello, para iniciar un proceso de restauración, se debe identificar la titularidad del área afectada cuando esta se encuentre en zonas tituladas colectivamente a comunidades negras e indígenas, siempre y cuando el proceso de restauración no hubiese quedado vinculado en el proceso de consulta previa con los grupos étnicos donde se desarrollará el proceso; considerando que el proceso de socialización y concertación comunitaria para implementar el protocolo de restauración, dependerá expresamente del grupo étnico administrador del área a restaurar, basado ello en las formas internas de uso, manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, reglamentos interno de administración del territorio, resolución de conflictos, manuales, protocolos bioculturales, etc., que existan bajo la administración de los consejos comunitarios o resguardos indígenas, según el grupo étnico, en caso de que se desee incluir la restauración antes de iniciar las labores de exploración y/o explotación minera, es indispensable que se refleje en los acuerdo y/o compromisos pactados durante el desarrollo de la consulta previa con el grupo étnico titular del área.

***En Títulos Colectivos de Resguardos indígenas:*** Estos están delimitados por el gobierno nacional, con la participación de representantes de los grupos indígenas. Estos territorios están organizados en cabildos, gobernados por consejos establecidos y regulados según los usos y costumbres de la comunidad y sus leyes especiales; tienen autonomía legal y administrativa. Deben cumplir con las estipulaciones del LDDT. El Fallo T-634 de 1999 de la Corte Constitucional dice que aunque la ley de ordenamiento territorial aún no haya sido promulgada, los principios constitucionales relacionados con las comunidades indígenas deben ser reconocidos, así como la autonomía presupuestal, financiera, política y legal.

### **3.3 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

La diversidad biológica y la complejidad ecosistémica de la región del Chocó Biogeográfico, hacen necesaria la realización de una caracterización detallada del estado actual del área afectada por la actividad minera donde se pretenda hacer la restauración ecológica. En esta caracterización se deben considerar aspectos físicos, bióticos y socioeconómicos, es necesario tener un área de referencia, es decir un ecosistema bien conservado similar al área degradada, lo cual permitirá tener una idea de cómo era el ecosistema antes del disturbio y como es en la actualidad, lo anterior podrá cuantificar el estado de alteración o disturbio en el área y una vez iniciado el proceso de restauración se podrá evaluar el éxito del mismo. El área de referencia

puede ser un remanente de bosque que se conserve en buenas condiciones o un ecosistema similar con las mismas características del afectado, se deben tener en cuenta listas de especies y mapas antes del disturbio si existen, la zona de vida a la que corresponde el ecosistema afectado, el clima, la hidrografía, el relieve, la fisiogeografía, la geología, el medio biótico, en el que se describirán la fisionomía de la selva afectada y la vegetación real del área degradada. Para este proceso se deberán utilizar metodologías estandarizadas o adaptadas que nos permitan interpretar los datos con facilidad y comparar con estudios realizados en otras localidades.

### **3.3.1 Características de la zona degradada y del entorno**

La minería a cielo abierto para la extracción de oro y platino, generalmente se desarrolla en las terrazas y colinas bajas del Chocó Biogeográfico; que teniendo en cuenta las características paisajísticas y los altos índices de diversidad que soportan los ecosistemas presentes en estas franjas, se debe realizar una descripción detallada del área degradada, en donde se destaquen aspectos como: El tiempo y la magnitud del disturbio, el clima, los suelos, las fuentes hídricas, la vegetación, la fauna y aspectos socioculturales. En caso de no tener información antes del disturbio, se puede utilizar información de áreas circundantes. La información de los componentes agua y suelo, deben incluir un análisis de parámetros físico-químico. La vegetación es vital para los planes de restauración y se debe tener en cuenta datos de composición, estructura, las principales plantas leñosas dominantes del área, las cuales servirán como especies potenciales para la revegetación del área una vez haya sido degradada por la actividad minera. La fauna es otro aspecto fundamental ya que de la rehabilitación del área y la llegada de esta dependerá el flujo de especies propias del bosque.

### **3.3.2 Análisis de factores y principales procesos para el logro de la restauración**

La actividad minera aumenta significativamente y con ella la preocupación por la recuperación de grandes áreas que quedan devastadas con dicha actividad. La rehabilitación del suelo se logra a través de procesos o actividades incrementadas en él; después de la actividad el suelo por si solo es incapaz de recuperarse en corto tiempo si el proceso extractivo ha sido intenso. Hernández *et al.* (2011) manifiestan que la restauración del suelo, se logra cuando este muestra características funcionales y estructurales similares al ecosistema existente previo a la intervención.

En el Chocó Biogeográfico no se cumplen las directrices exigidas por las autoridades ambientales antes de realizar cualquier tipo de actividad extractiva, por lo tanto lograr una restauración completa en la región sería una meta casi imposible de cumplir, debido a las condiciones de complejidad de cada uno de los ecosistemas que han sido afectados a través del

tiempo y a los daños ecológicos a que estos han sido sometidos, sin embargo se puede obtener la recuperación de ciertas funcionalidades de estos ecosistemas.

La capacidad de restaurar exitosamente un ecosistema degradado por la actividad minera, dependerá de conocimientos previos a la explotación como: La estructura, composición y funcionamiento del ecosistema preexistente, la información acerca de las condiciones ambientales regionales, la interrelación de factores de carácter ecológico, cultural e histórico (es decir la relación histórica y actual entre el sistema natural y el sistema socioeconómico), la disponibilidad de la biota nativa necesaria para la restauración, los patrones de regeneración o estados sucesionales de las especies (por ejemplo, estrategias reproductivas, mecanismos de dispersión, tasas de crecimiento y otros rasgos de historia de vida o atributos vitales de las especies), los tensionantes que detienen la sucesión y el papel de la fauna en los procesos de regeneración (Vargas *et al.* 2010). Los principales procesos que garantizan el éxito en la restauración ecológica son los siguientes:

**a) Disponibilidad de nutrientes**

La deficiencia de nutrientes es común en las áreas degradadas por la minería, después de la extracción de los minerales el suelo queda totalmente lavado y pobre en nutrientes, la pérdida de la cubierta vegetal en donde se encuentran concentrados la mayor cantidad de macro y micro nutrientes trae como consecuencia un suelo deficiente. Con la pérdida de la cubierta vegetal se pierden los microorganismos que ayudan a descomponer la materia orgánica para que pueda ser absorbida por las plantas, esta condición limita el crecimiento de plántulas en suelos desnudos, disminuyendo la regeneración del bosque.

Los escenarios en donde se ha practicado la actividad minera, muestran una gran deficiencia de nutrientes debido a la ausencia de una estructura que soporte todos los elementos que integran el suelo, importante componente de los bosques de la región. Lo anterior hace que la vegetación que predomina en estas áreas corresponde a especies pioneras, las cuales tienen la capacidad de desarrollarse en suelos con condiciones desfavorables; Por tal razón para iniciar un proceso de restauración se debe tener en cuenta la disponibilidad de nutrientes presentes en la capa orgánica que se encuentra en los remanentes de bosque adyacentes al disturbio, los cuales contienen suelos con abundante hojarasca en la que se encuentran microorganismos que pueden favorecer el restablecimiento del mismo.

## b) Disponibilidad de semillas

El banco de semillas se encuentra en la capa orgánica, el cual se pierde en el proceso de excavado y lavado del suelo para la extracción del oro y platino, la destrucción de la capa orgánica y la distancia a remanentes de bosque limitan la regeneración del mismo. La mayor parte de las especies de los bosques de la región tienen semillas zoócoras, mecanismo que limita la reproducción de este tipo de plantas en áreas degradadas de amplio rango, debido a la ausencia de animales dispersores en el suelo desprotegido. Lo anterior favorece que las áreas degradadas por minería sean repobladas por especies pioneras con semillas pequeñas cuya dispersión es anemófila como las gramíneas, los helechos y plantas leñosas de los géneros *Cespedesia*, *Ochroma*, *Crotón* etc. Otro grupo de plantas con disponibilidad de semillas presentes en grandes áreas degradadas por la minería, lo conforman las Melastomatáceas, las Rubiáceas y las Aráceas, las cuales pueden ser transportadas por aves y murciélagos, que tiene la capacidad de recorrer grandes distancias.

El repoblamiento de especies típicas de etapas sucesionales intermedias y finales, ocurre más lentamente en las áreas aisladas que en zonas adyacentes a los parches de bosque donde se encuentra la mayor abundancia de semillas. Para la producción y suministro de semillas de especies nativas para programas de restauración ecológica, se debe iniciar el proceso con especies pioneras en la fase inicial de sucesión y las ombrófilas en la etapa final de sucesión, mientras que en disturbios menores, la cercanía a fuentes cercanas de semillas garantiza el repoblamiento de la vegetación. Es necesario analizar las características de las especies (exigencias, tolerancias, cualidades, etc), una vez establecidas estas zonas como ámbito de aplicación del estudio o hábitat de referencia, será preciso ir resaltando progresivamente las especies que se consideran candidatas a la selección (Figura 1):

- Primero, mediante una etapa de preselección encaminada a eliminar todas aquellas especies que no cumplan algunos de los requisitos necesarios (microambientales, luz, sustrato y biológicos es decir latencia, germinación y crecimiento).
- 
- Segundo, con una etapa de valoración en la que se pretende establecer el grado de adecuación de cada una de las especies seleccionadas en la fase anterior
- 
- Y por último, una etapa de optimización, en la que mediante la valoración comparativa del grado de adecuación de las distintas especies se elijan las más idóneas.

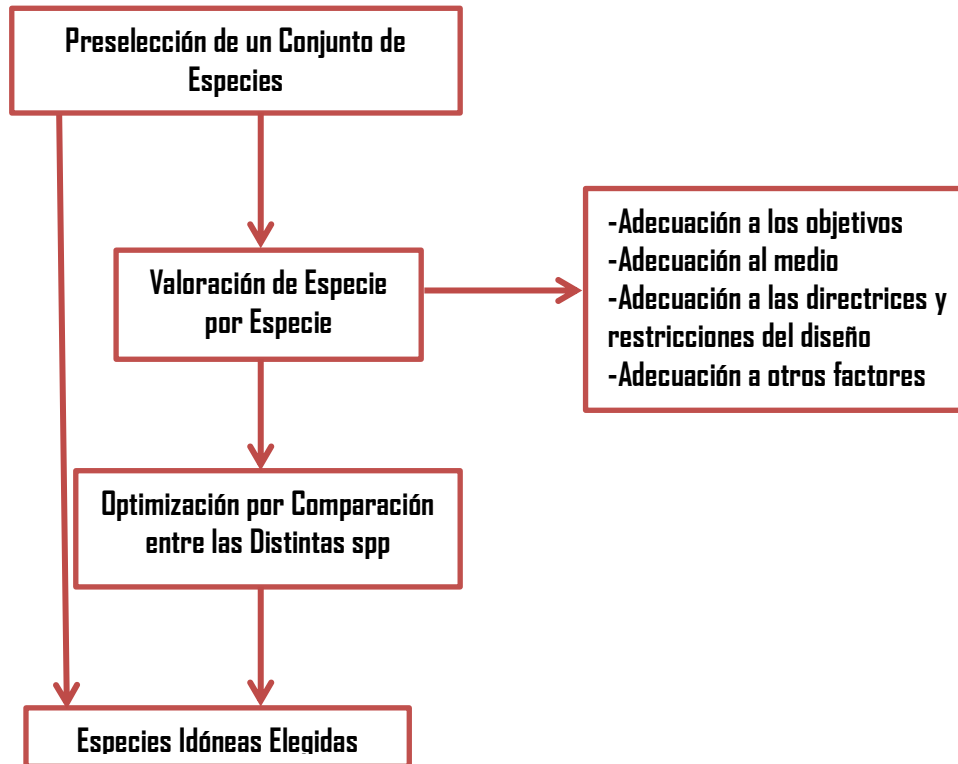


Figura 1. Proceso de selección de especies

### c) Dinámica sucesional

Los estados sucesionales son importantes a la hora de iniciar la restauración ecológica, teniendo en cuenta las observaciones en los diferentes escenarios comparado con los procesos sucesionales de los bosques tropicales, los cuales inician su primera etapa de repoblación con especies pioneras herbáceas y arbustivas que forman una comunidad baja que puede ocupar el sitio hasta dos o tres años; posteriormente se establecen las heliófilas efímeras las cuales son dominadas por pocas especies que pueden durar hasta 10 años, estas, darán paso a las heliófilas durables, las cuales dominaran el bosque secundario hasta la decadencia de sus poblaciones, fase que puede tardar entre 30 y más de 100 años de duración.

A la hora de empezar un proceso de restauración se debe tener en cuenta la vegetación presente en las áreas degradadas por minería en el Chocó Biogeográfico, las cuales se encuentra dominadas por gramíneas de los géneros *Axonopus*, *Eragrostis*, *Homolepis*, *Paspalum*, hierbas de las familias Melastomataceae, Fabaceae, Cyperaceae entre otras y helechos, los cuales eventualmente son reemplazados por árboles pioneros de vida corta y demandantes de luz, donde encontramos especies de los géneros: *Cecropia*, *Ochroma* y *Cespedesia*, intercalados con especies de porte herbáceo como *Anthurium formosum*, *Philodendron fragrantissimum*, y familias como Melastomatacea y Rubiaceae, posteriormente estas plantas son reemplazadas por especies de géneros más duraderas como *Vismia*, *Inga*, *Vochisia*, *Isertia*, *Clusia* y otras, con el paso del tiempo este grupo será reemplazado por

especies de mayor tiempo y tamaño. La regeneración natural de las áreas degradadas no cumple su ciclo sucesional debido a factores como: La ausencia de la cubierta vegetal, la disponibilidad de semillas, la falta de nutrientes del suelo y los tamaños de los fragmentos que quedan muy distantes del bosque adyacente. Lo anterior dificulta y retarda el proceso de sucesión natural, puesto que si el fragmento es pequeño, el bosque volverá a repoblarse y la sucesión se dará de forma natural por la disponibilidad de semillas del área adyacente, pero si el fragmento es demasiado grande el proceso de sucesión se detendrá y el fragmento será colonizado y dominado por pastos y helechos. Es de entenderse entonces que en las etapas de sucesión avanzada se deben incorporar especies que no llegaran por si mismas, debido a los mecanismos de dispersión que estas presentan.

#### **d) Barreras de restauración**

Las barreras se convierten en los principales factores que impiden o limitan el desarrollo de la sucesión natural en áreas alteradas por la actividad minera en la región del Chocó Biogeográfico e impiden cualquier proceso de restauración ecológica, conocerlas garantizará mayor eficiencia en el proceso de restauración, aunque existen varios tipos de barreras, para esta región se tuvieron en cuenta las biológicas y las socioeconómicas.

- **Las barreras socioeconómicas.** En la región del Chocó Biogeográfico las principales barreras socioeconómicas que limita el proceso de restauración ecológica, están relacionadas con la tenencia de la tierra, la ilegalidad de la actividad, la falta de herramientas de ordenación del territorio a escalas manejables y falta de aplicación de la herramienta.

- **Barreras Biológicas.** Las barreras biológicas están relacionadas con diferentes factores, bióticos y abióticos los cuales resultan de acuerdo al grado de disturbio, estos incluyen diferentes mecanismos de regeneración y colonización de las especies, diferentes procesos necesarios que permiten la dispersión de propágulos, el establecimiento de plántulas y la persistencia de individuos y poblaciones. Entre las principales barreras ecológicas identificadas tenemos las siguientes:

- A. **Dispersión en áreas degradadas:** Se encontró que la discontinuidad de la matriz boscosa por la destrucción de grandes áreas degradadas por la actividad minera en la zona, es uno de los principales impedimentos para que se dé inicio al proceso de dispersión el repoblamiento de especies tolerantes como pastos y helechos en este tipo de disturbios, además de la colonización de especies exóticas, son las principales barreras que dificultan el proceso de dispersión. La destrucción de la cobertura vegetal producto de la actividad minera, trae como consecuencias la fragmentación del bosque y la pérdida de hábitats, evento que rompe las interacciones entre plantas y animales encargados de llevar a cabo importantes procesos como la polinización; la ausencia de polinizadores traerá cambios en la abundancia, la estructura de la vegetación del área y por consiguiente la escasez de semillas, que a su vez disminuirán las interacciones específicas. La ausencia de agentes dispersores se convierte en una limitante, debido a

que estos estarían expuestos en las zonas abiertas, sin alimento y sin refugios ante posibles depredadores, disminuyendo sus poblaciones y por consiguiente, limitando la riqueza de especies y permitiendo en cierto modo la homogenización del área.

- B. **Establecimiento de la vegetación:** Comprende la germinación de semillas, el crecimiento y establecimiento de plántulas; la falta de un ambiente adecuado es el primer factor que se debe tener en cuenta en esta fase; las condiciones del sitio relacionadas con las altas temperaturas, la radiación solar y las constantes lluvias que lavan los pocos nutrientes presentes en el suelo, se constituyen en un factor limitante. Otro factor que incide es la ausencia de una capa de hojarasca y la mortalidad de plántulas y juveniles que no toleran las condiciones adversas del terreno.

### 3.4 IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE MAYOR OFERTA AMBIENTAL Y POTENCIAL BIÓTICO

La caracterización o diagnóstico del área a restaurar permitirá la identificación de los sitios con mayor oferta ambiental y potencial biológico.

#### 3.4.1 Oferta ambiental

Los puntos de mayor oferta ambiental, se refieren a aquellos sitios donde las condiciones naturales y climáticas pueden favorecer el establecimiento de la vegetación y fauna, constituyen las áreas por donde se debe iniciar la implementación de los tratamientos para facilitar su éxito o sostenibilidad. En este sentido se deben localizar los puntos con mejor oferta ambiental teniendo en cuenta las siguientes características:

- Menor exposición a la radiación solar.
- Menores temperaturas, oscilaciones térmicas y corrientes de aire.
- Sitios con mejores condiciones de humedad.
- Sitios con fertilidad potencial alta, la cual depende de la cercanía a aportes de materia orgánica.
- Mayor profundidad del suelo, ya que esta condiciona el desarrollo de las raíces y la disponibilidad de humedad y nutrientes para las plantas. Las condiciones de acidez, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y la fijación de fósforo también deben considerarse.
- Alto nivel freático y menor distancia a cursos de agua, porque favorecen la humedad y la disponibilidad del recurso para los tratamientos.
- Áreas con poca pendiente ubicadas en zonas bajas, ya que presentan mejores condiciones en cuanto a humedad edáfica y composición de los suelos.

De acuerdo a lo anterior, se lograron identificar como puntos de mayor oferta ambiental en las áreas caracterizadas, la zona de conexión entre el disturbio y los bosques remanentes, y las



zonas cercanas a fuentes hídricas para el caso de áreas con reciente explotación y con suelos totalmente desprovistos de vegetación.

### 3.4.2 Potencial Biótico

Este potencial está relacionado con la disponibilidad de elementos vivos que sirvan como mecanismos potenciadores de la restauración, es decir que dependiendo del estado de degradación del área, puede estar conformado por el bosque remanente circundante, parches de bosque y arbustos aislados, banco de semillas del suelo y rebrotes entre otros. Los cuales además de generar mejores condiciones de sitio, en cuanto al aporte de materia orgánica al suelo, retención de agua y nutrientes, también pueden cumplir un papel determinante en la atracción de dispersores.

En este sentido, la caracterización mostró que el potencial biótico en las áreas degradadas por minería a cielo abierto, a nivel vegetal está representado por la presencia de especies con alta producción de semillas en el bosque circundante, entre las que se incluyen palmas de tipo arbóreo como *Denocarpus major*, así como especies con semillas tolerantes a zonas abiertas como *Ochroma pyramidale*, *Cespedesia sphenoloba* y especies con semillas de dispersión mecánica por viento o agua como las leguminosas, cecropias y croton entre otras. Por su parte, el banco de semillas puede ser seleccionado en los alrededores de dichos árboles productores, identificados en los fragmentos de bosque en muy buen estado, teniendo en cuenta que para cada escenario se deben tomar especies particulares. En el caso de áreas con reciente explotación y poco nivel de sucesión se requieren aquellas de dispersión mecánica y si el proceso de regeneración se encuentra avanzado, se deben priorizar las palmas y leguminosas.

En cuanto a la fauna, el principal potencial biótico observado, lo constituyen los elementos florísticos que ofrecen refugio o hábitats potenciales, como las bromelias y epífitas en general, localizadas en los bosques remanentes o áreas disturbadas con un nivel avanzado de recuperación. De igual manera, se pueden incluir las especies de floración constante y rápido crecimiento como las Melastomataceae, Rubiaceae, Gesneriaceae y Araceae, que ofrecen y mantienen flores, polen, néctar, frutos y semillas para insectos, aves y pequeños roedores, que a su vez, atraerán otras especies de fauna.

### 3.5 ELECCIÓN DEL ECOSISTEMA DE REFERENCIA

Estos generalmente están ubicados en ambientes de colinas y terrazas bajas de la región pacífica colombiana, ya que la mayor producción minera y las grandes extensiones de áreas degradadas se encuentran ubicadas y distribuidas en estos ambientes. La identificación del ecosistema de referencia, es fundamental en el proceso de restauración ecológica de las áreas

que han sido intervenidas y degradadas por la actividad minera a cielo abierto en el Chocó Biogeográfico, ya que permitirá la determinación del grado de afectación de los diferentes escenarios, a su vez facilitará la planificación y elaboración del diseño a seguir y de igual manera, permitirá la evaluación de los avances en el desarrollo de las actividades asociadas al proceso.

Los bosques de poca intervención o bosques primarios, que podrían ser considerados como ecosistemas de referencia y el patrón a seguir en los procesos de restauración ecológica, se caracterizan por tener una estructura vegetal completa, con la presencia y definición de los tres estratos bien marcados, una composición florística típica dominada por *Humiriastrum procera*, *Huberudendrom patinoi*, *Brosimum utile*, *Cariniana pyriformis*, *Matisia castaño*, *M. bullata*, *M. Valdez-bermejoi*, *Welfia regia*, *Denocarpus major*, *D. minor*, *Bactris coloniata*, *Socratea exshorriza*, *Wettinia quinaria*, *W. radiata*, *W. edulis*, *Pholidostachis dactiloide* entre otras. Además una oferta trófica (polen, néctar, frutos y semillas) y de hábitats (cuevas, madrigueras, epífitas, hojarasca), con capacidad de albergar diversas especies faunísticas como insectos, anfibios, reptiles, aves y mamíferos, muchos de los cuales participan en los procesos de polinización y dispersión, contribuyendo a la permanencia y conservación del bosque, como es el caso de *Cuniculus paca*, *Dasyprocta punctata*, *Sciurus granatensis*, *Hoplamys gimnurus*, *Proechimys semispinosus*, *Penelope purpurans*, *Ramphastos brevis*, *Amazilia* sp, *Trigona* sp, y *Curculionides* entre otras. Presentan además, microclimas, hábitats y microhábitats, influenciados por las condiciones del relieve, que contribuyen en la diversificación de los ecosistemas.

Por tanto, para la elección del ecosistema de referencia, en el proceso de restauración ecológica de las áreas degradadas, se deberá tener en cuenta como mínimo algunas de las características ecológicas del ecosistema, las cuales, hacen referencia a la combinación de los componentes, procesos, bienes y servicios que caracterizan a un ecosistema no intervenido por la minería, como: Condiciones del paisaje, suelo y agua, tipos de hábitats, riqueza y abundancia de animales y plantas, con su respectiva distribución, estructura, productividad y procesos ecológicos básicos (polinización, dispersión, sucesión y conectividad). Lo anterior facilitaría la toma de decisiones frente a la aplicación de tratamientos según el estado sucesional del área a restaurar a medida que evolucione el proceso.

### **3.6 DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA RESTAURACIÓN**

Todo proceso de restauración debe tener unos objetivos claros, a partir de los cuales se orientarán todas las actividades a programar. Para este caso, cuyo fin es la recuperación, el objetivo principal es restablecer la estructura, función, diversidad y dinámica de bosques naturales locales, en diferentes escenarios degradados por minería a cielo abierto de oro y platino, que están localizados en terrazas y colinas bajas del Chocó biogeográfico.

En este sentido se pretende diseñar estrategias y tratamientos orientados a:

- Recuperar la funcionalidad de los ecosistemas naturales degradados por la actividad minera, mediante la restauración de procesos ecológicos propios de la dinámica ecosistémica como la dispersión, polinización y la sucesión.
- Restituir las fuentes hídricas presentes en el área como corredores, para la conectividad biológica y como hábitats potenciales para la fauna silvestre.
- Recuperar la productividad del suelo (funciones físicas, químicas y biológicas), como contribución a la proliferación de la riqueza biológica en general.
- Reconstruir la funcionalidad de la cobertura vegetal a partir de procesos ecológicos, que contribuyan a la reaparición de los recursos bioecosistémicos dependientes de la misma.
- Restablecer las condiciones bióticas y abióticas necesarias para cubrir los requerimientos ecológicos de la fauna silvestre nativa y procurar su establecimiento y permanencia en el ecosistema.
- Implementar medidas de mitigación que propicien la recuperación de la estructura sociocultural ancestral.

### **3.7 MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE IMPACTOS EN EL COMPONENTE HÍDRICO**

Los impactos generados por la minería sobre el componente hídrico son de amplio alcance y de difícil control y mitigación, ya que una vez los contaminantes son vertidos, entran a formar parte de todo un sistema ambiental y ecológico integrado por varias fuentes hídricas conectadas entre sí, lo que hace que dichos contaminantes se muevan a través de ellas, impidiendo su remoción con facilidad. De ahí que el planteamiento de acciones que contribuyan a disminuir los impactos de la minería en el componente hídrico en la región, deba estar orientado a minimizar el volumen y la carga contaminante de los vertimientos.

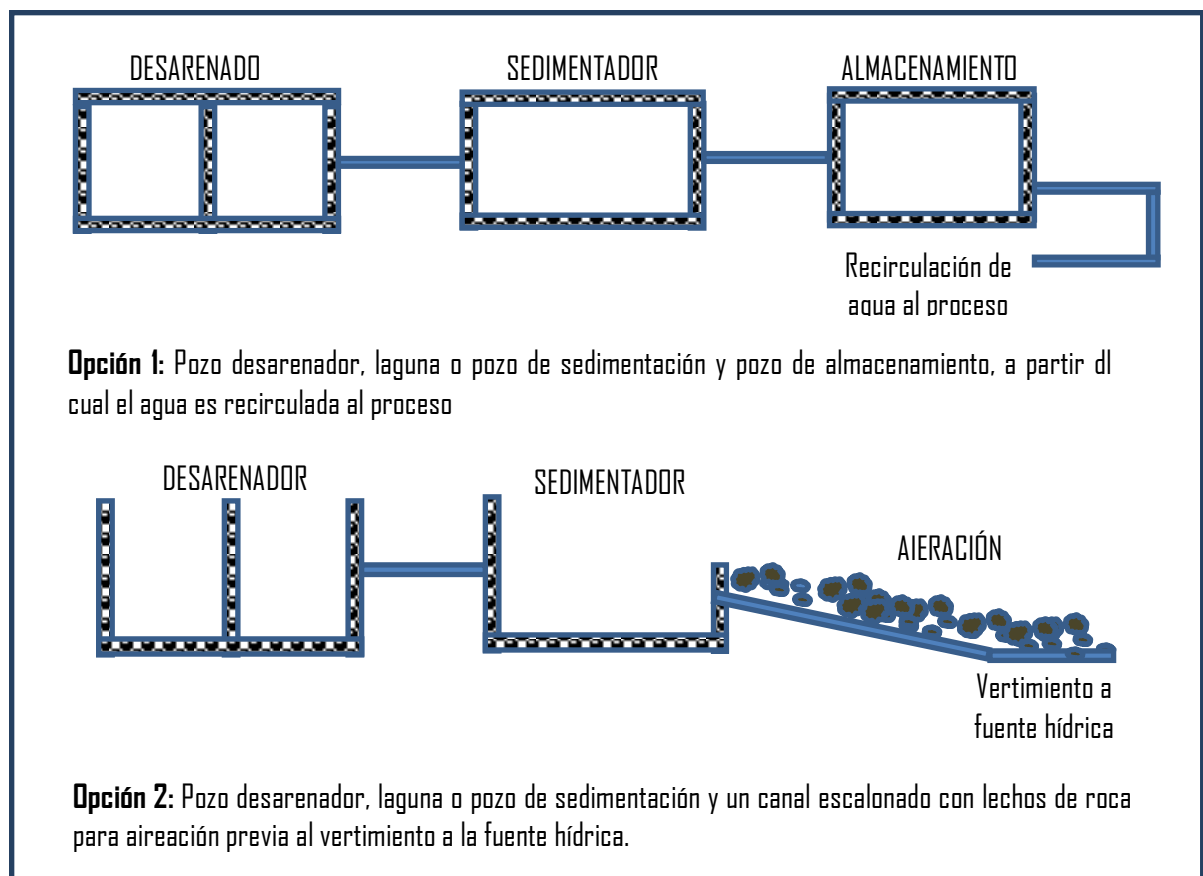
En este contexto, el diseño de herramientas de mitigación de dichos impactos parten de las características de los vertimientos generados, es decir que las medidas seleccionadas deben estar orientadas a controlar o disminuir la concentración de aquellos parámetros fisicoquímicos más contaminantes y con mayor carga. Los cuales de acuerdo a la caracterización realizada son los sólidos (suspensos y totales), mercurio, grasas y aceites.

En este sentido, el presente documento además de plantear alternativas de manejo para iniciar un proceso de recuperación en el marco de la restauración de áreas disturbadas por minería a cielo abierto, se presentan estrategias de control, que deben aplicarse desde el diseño minero de manera secuencial y simultánea con la explotación. Teniendo en cuenta lo anterior, las

observaciones realizadas en campo y las condiciones de la zona, se proponen medidas de mitigación de impactos de la minería en el componente hídrico.

### 3.7.1 MEDIDAS DE CONTROL PARA VERTIMIENTO MINERO

Con esta medida se busca disminuir el volumen de descarga del vertimiento, reducir la concentración vertida de sólidos, grasas y aceites, evitar los vertimientos de mercurio y promover la reutilización del agua del proceso para disminuir tanto el consumo del recurso como la cantidad de vertimientos generados, para lo cual se propone la aplicación de procesos y tratamiento previo a las descargas sobre las fuentes hídricas naturales. Estos tratamientos incluyen procesos como: Desarenación, sedimentación, almacenamiento, aireación y recirculación del agua, combinados de acuerdo a los requerimientos, disponibilidad de área y condiciones de cada tipo de entable (Figura 2).



**Figura 2. Opciones aplicables de Tratamiento de vertimientos mineros**

Entre las actividades y recomendaciones a tener en cuenta para la implementación de esta medida se plantea lo siguiente:

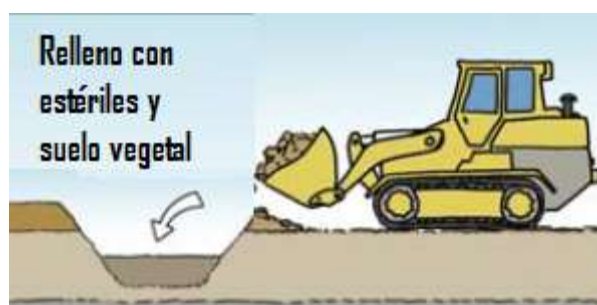
- Todas las aguas generadas durante el proceso minero y las de escorrentía, deben ser interceptadas y conducidas mediante canales (en tierra o recubiertos), al sistema de tratamiento de vertimientos implementado.
- Para el tratamiento de los sólidos de gran tamaño y las arenas, se utilizará el pozo desarenador y para la remoción de sólidos en suspensión se empleará el sedimentador por gravedad, mediante el almacenamiento temporal del agua. Ambas estructuras pueden ser pozos, tanques, o lagunas, cuya condición principal es tener una baja velocidad de flujo que permita la sedimentación de los materiales.
- La capacidad del desarenador debe ser calculada de acuerdo al volumen promedio diario producido, obedeciendo a las características de cada mina y tener dos comportamientos para favorecer el retiro controlado de arenas. La capacidad del sedimentador se debe calcular teniendo en cuenta una generación del 20% de lodos.
- El tratamiento de los sólidos disueltos, la materia orgánica y la estabilización del pH, se logra mediante la aireación del vertimiento para favorecer la oxidación. La opción 2 solo será recomendada en casos de minas de poco tamaño y poco tiempo de duración, ya que lo ideal es que el agua sea recirculada dentro del proceso para disminuir el consumo y la presión sobre el recurso hídrico.
- Es necesario hacer mantenimiento al sistema de tratamiento implementado. Mensualmente debe revisarse la existencia de fugas o infiltraciones para ser subsanadas y semestralmente se deben retirar los sedimentos de los tanques, los cuales deben ser dispuestos adecuadamente (celdas), lejos de fuentes hídricas o zonas de escorrentía.
- Se deben establecer zonas para el manejo de aceites y grasas, evitando sus derrames en el suelo y su integración a los vertimientos. Los envases que los contienen deben ser almacenados en un sitio con el piso cubierto para luego ser entregados a sus proveedores.
- Para el manejo de mercurio, se recomienda el uso de la retorta como mecanismo de quemado de amalgama, control de gases y recuperación del mercurio, evitando fugas de este contaminante al medio natural (CODECHOCO, 2008).
- La puesta en marcha de cualquier sistema de tratamiento de vertimientos, debe ser socializada con los trabajadores, con el fin de que estén concientizados de la importancia de cada proceso y de la función que desempeñan dentro del mismo. Esto garantiza el cumplimiento de los objetivos.
- Una vez el entable sea cerrado o culmine el proceso de explotación, las excavaciones para desarenación, sedimentación y almacenamiento de agua, debe ser clausuradas, para evitar que queden cuerpos de agua abandonados y sin manejo, los cuales pueden generar problemas ambientales y de salud posteriores. Esta clausura se debe realizar cumpliendo las recomendaciones de adecuación del suelo recomendadas en el ítem de medidas de mitigación para el componente edáfico.

### 3.7.2 MEDIDAS DE MANEJO DE POZOS O LAGUNAS EN ÁREAS DEGRADADAS POR MINERÍA

La gran mayoría de las excavaciones realizadas durante el proceso minero, son abandonadas una vez culmina el mismo, generando en las áreas disturbadas un sin número de pozos o lagunas, cuyos niveles de contaminación y comportamiento han sido poco estudiados. En la mayoría de los casos, con el paso del tiempo estas son colonizadas por especies de macroinvertebrados, vegetación, fauna acuática y en algunos casos estas han sido empleadas por las comunidades como sitios de recreación o de producción piscícola, desconociendo la pertinencia de esta práctica con relación a los niveles de mercurio que pudieran contener.

Teniendo estas lagunas también son utilizadas durante el proceso como sitios de disposición final de colas y que en muchas de ellas por procesos de sedimentación quedan residuos y concentraciones de contaminantes como mercurio, que generan afectaciones ambientales y humanas, se tienen las siguientes opciones de manejo:

**Opción de Manejo 1. Clausura o cierre:** Se refiere a la utilización de materiales para rellenar y nivelar el terreno, mediante el uso de maquinaria para lograr una conformación final del suelo que permita la implementación de las medidas de restauración ecológica. Estos depósitos de agua de gran tamaño y profundidad deberán ser rellenados con material de la zona y nivelados a la superficie del terreno, finalizando con una capa superficial orgánica que facilite el desarrollo de procesos bióticos (Véase Figura 3).



**Figura 3. Cierre de excavaciones**

Para la ejecución de esta medida se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- No se podrán reutilizar las excavaciones o cavidades mineras para el establecimiento de lagunas o humedales en sitios de minería metálica, para evitar la generación de sistemas hídricos contaminados y propender por la restauración de las fuentes hídricas originales. Reportes como los de La Universidad de Castilla (2012), indican que los planes de restauración para este tipo de excavaciones es inadecuada en minería metálica por razones obvias de acidificación. Del mismo modo SMARA (2012), señala que estos generalmente deben ser rellenados, sus contornos trabajados y plantados para crear una superficie final que sea

consistente con la topografía original de la zona, por lo cual un plan de restauración no debe permitir la formación de lagunas en excavaciones mineras y en caso de permitirse, el plan debería incluir una discusión detallada de la eficacia y factibilidad de todas las opciones posibles para prevenir el drenaje ácido de mina dentro del lago, las características potenciales del efluente del lago, y sus impactos en las aguas subterráneas y aguas superficiales colindantes.

- Se deberá realizar de manera previa un diseño del relleno y cobertura final, que favorezca la estabilidad, consolidación y recuperación del suelo. Este diseño se realizará teniendo en cuenta los materiales térreos no contaminados disponibles en el área, generados durante la excavación minera. Por lo cual es obligatorio que las capas de suelo retiradas durante la extracción minera sean almacenadas para este uso y en los casos que sea necesario se podrá utilizar material inerte no contaminado proveniente de movimientos de tierra en áreas no explotadas.
- La cobertura final o relleno deberá satisfacer las siguientes funciones principales: controlar el escurrimiento de agua pluvial, disminuir la erosión, soportar la cubierta vegetal y evitar la saturación de humedad o inundaciones.
- Para el diseño del relleno se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos del medio:
  - a) Geometría y capacidad de la excavación a rellenar para determinar la cantidad de material requerido.
  - b) Geología y relieve de la zona para identificar la estructura y pendientes naturales del suelo de la misma.
  - c) Hidrología del área para establecer las direcciones de drenaje de aguas y la orientación de las pendientes del terreno.
- El proceso de relleno debe contemplar las siguientes fases y actividades:
  - a) *Dimensionamiento y Evaluación ambiental de la excavación:* Se deberá determinar el volumen total de material requerido por cada sustrato a utilizar, mediante el dimensionamiento de la excavación, el análisis de la geología y el relieve de las áreas sin intervenir. Además, se deberán realizar muestreos y análisis de agua y lodos en busca de contaminantes como grasas, aceites y mercurio, lo que permitirá tomar decisiones en torno al requerimiento de la aplicación de medidas de eliminación de dichos elementos.
  - b) *Limpieza del hueco o excavación:* Es de vital importancia la realización de actividades de limpieza para el retiro de residuos sólidos y otros materiales, con el objeto de contribuir con la estabilidad final del relleno.
  - c) *Aplicación de medidas de eliminación de contaminantes:* En aquellos casos que los muestreos de agua y lodos indiquen la presencia de contaminantes como grasas, aceites y mercurio entre otros, se deberán aplicar medidas para su eliminación previa al proceso de llenado.
  - d) *Ubicación e Instalación de drenajes:* De manera previa al relleno se deben identificar puntos hídricos para evacuar el agua almacenada en la excavación y se deberán instalar drenajes perimetrales para ello, los cuales pueden ser canales en tierra que conduzcan el agua desplazada durante la nivelación.

- e) *Relleno y acondicionamiento topográfico*: El relleno debe realizarse por capas horizontales hacia arriba, compactando las primeras capas para garantizar la estabilidad del terreno, el control del almacenamiento y flujo de agua. Aunque la forma de disposición de las capas y el grosor de cada una dependerán de la identificación realizada en la estructura del suelo contiguo no intervenido (natural), lo ideal es que el orden de disposición ascendente de materiales sea grava, arcilla, gravas finas, limos o material mezclado y tierra orgánica (Véase Figura 4). Esta distribución puede variar también de acuerdo a la disponibilidad de los materiales en el área.

El acondicionamiento topográfico deberá hacerse siguiendo el patrón del relieve natural de la zona y tomando como eje la distribución de las fuentes hídricas para lograr pendientes suaves y terrenos con algunas ondulaciones que favorezcan el control de la erosión, el soporte de la cubierta vegetal y el mantenimiento de la humedad sin generar inundaciones. En términos generales se debe evitar que la cobertura final sea totalmente plana, ya que esta condición restringe el desarrollo de la vegetación.



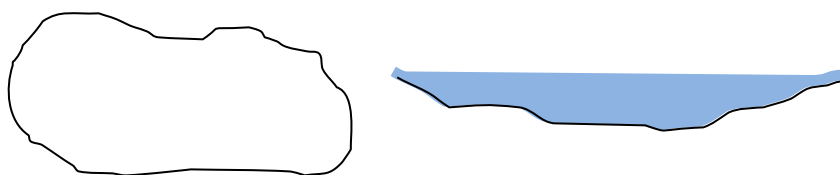
Figura 4. Estructura típica del relleno de excavaciones mineras

- f) *Aplicación de tratamientos de restauración ecológica*: Una vez culminada la consolidación del relleno y la instalación de la cobertura orgánica, se podrán establecer los tratamientos de restauración ecológica recomendados en el presente protocolo.

**Opción de Manejo 2: Creación de lagunas someras de agua:** Son depósitos de agua de poca profundidad dejados sobre la superficie en puntos estratégicos del área a restaurar, con el objetivo de diversificar los hábitats y ambientes para favorecer el establecimiento de las diversas especies biológicas. Para ello se podrá reutilizar parte de la profundidad (zona cercana a superficie), de las excavaciones mencionadas en la opción de manejo anterior, rellenándolas de manera incompleta para lograr el establecimiento de depósitos de agua de



poca profundidad que funcionen como potenciadores del establecimiento de especies y como elemento de conexión biológica dentro del área a restaurar (véase Figura 5).



**Figura 5. Lagunas someras para colonización de especies y conexión ecológica**

Para la aplicación de esta opción de manejo se deberán tener en cuenta las siguientes condiciones y recomendaciones:

- El establecimiento de estas lagunas no dependerá del número de huecos o depresiones generadas durante la extracción minera, es decir, a pesar de que al momento de realizar el cierre de las mismas se pueda aprovechar para realizar un relleno incompleto y constituir un sistema léntico de agua de poca profundidad, solo se podrá establecer en los siguientes casos:
  - a) Puntos localizados dentro de una gran extensión de suelo adecuado para restauración ecológica y que se encuentren muy alejadas de fuentes hídricas que favorezcan el control de las altas temperaturas por la radiación directa, la humedad y la colonización de especies de fauna y flora que requieran el recurso.
  - b) Puntos estratégicos que sirvan como conectores de corredores biológicos planteados dentro de un plan de restauración ecológica
- Las profundidades de las lagunas solo deberán oscilar entre 50 y 80 cm, y máximo de 1 metro, ya que pueden ser fácilmente colonizadas por la vegetación, especies limnícolas, patos de superficie y anfibios.
- La forma dada a estos cuerpos de agua y el diseño apropiado de las orillas, deben suponer un incremento de la diversidad de los hábitats. En este tipo de aguas someras la pendiente de la orilla debe ser muy suave (1%) y es conveniente dotar al terreno de pendientes continuas y elevaciones que sobresalgan del agua para favorecer la llegada de especies.
- Se recomienda dar a la laguna una forma irregular, formando penínsulas y salientes, confiriendo al hueco una forma alargada e irregular, creando salientes y entrantes. También se puede optar por dividir una laguna, en superficies más pequeñas mediante diques que funcionarán con el tiempo como percheros de aves, creados con material terreo lejos de la orilla para que estén protegidas de los depredadores (ANEFA, 2010) (Véase Figura 6).

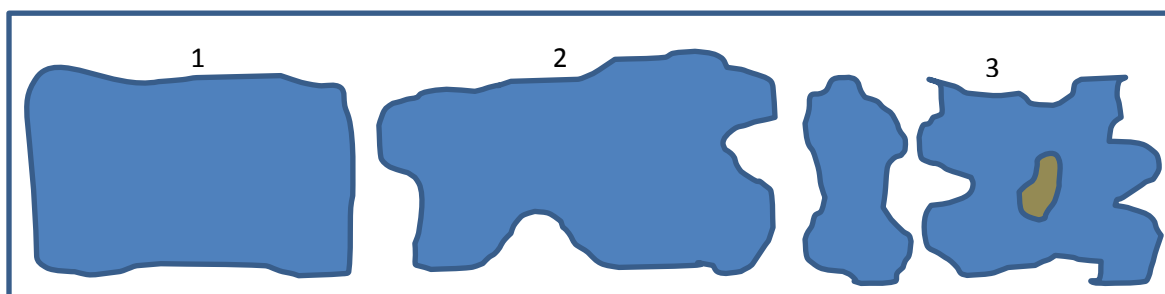


Figura 6. Forma y orillas de las lagunas. 1: caso poco favorable para el desarrollo de la vegetación y de la fauna (orillas sin salientes); 2: Caso intermedio 3: Caso muy favorable (orillas muy sinuosas con penínsulas pronunciadas, isla y laguna dividida en dos)

### 3.7.3 MEDIDAS DE CONTROL PARA LA CAPTACIÓN DEL RECURSO AGUA

Una vez definida el área a explotar, se debe hacer un inventario de las posibles fuentes de captación o identificación de los cuerpos de agua presentes en el lugar y analizar las características físico-químicas y bacteriológicas, con el fin de establecer las posibilidades de utilización del recurso y el estado de calidad del agua antes de la intervención. Para identificar la fuente de abastecimiento del entable o campamento minero, se recomienda tener en cuenta, el caudal, ubicación de la fuente con respecto al sitio de explotación, bienes y servicios ambientales ofertados por estas y comunidades beneficiadas del recurso. Una vez seleccionada la fuente hídrica y determinado el volumen a captar, antes de su aprovechamiento se deberá contar con la aprobación por parte de la autoridad ambiental competente, mediante el otorgamiento de un permiso o concesión en donde se contemplará el volumen y frecuencia de la captación. Lo anterior, con el fin de garantizar la permanencia del agua sobre el cauce y evitar la sobre explotación del recurso. Además, se recomienda la realización de un levantamiento cartográfico del curso y el área de la fuente hídrica previa al aprovechamiento minero. El agua debe ser captada y conducida mediante la utilización de tuberías y no mediante la desviación de los cauces, ya que se reduciría automáticamente no solo la capacidad de abastecimiento para otras actividades, sino también la capacidad de dilución, la auto recuperación y la continuidad de los procesos hidrobiológicos.

Para la ubicación del punto de captación donde estará la motobomba o equipo impulsor del agua, se debe tener en cuenta la cota máxima de inundación de la fuente de agua y se deberá acondicionar el lugar con una placa en concreto de por lo menos 20cm de espesor, con una cubierta de zinc y zanjas perimetrales conectadas a una trampa de grasas, que eviten la llegada de elementos como grasas, aceites y combustibles al cuerpo de agua por la acción de las lluvias, como se muestra en la figura 7.

Para el seguimiento y monitoreo se recomienda llevar los registros periódicos del consumo y captación directa de la fuente abastecedora.

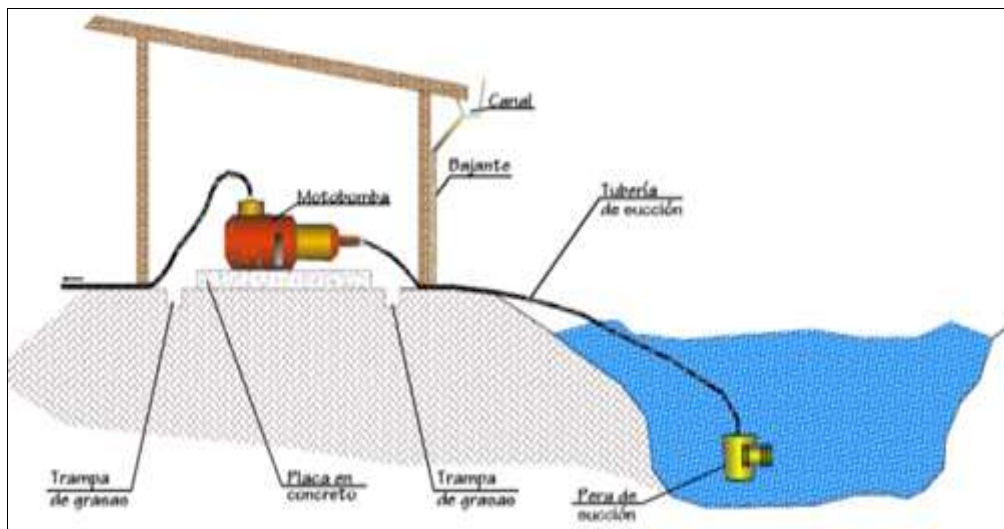


Figura 7. Sistema de captación del agua recomendado para operaciones mineras.

### 3.7.4 MEDIDAS DE MANEJO PARA LOS EFLUENTES DOMÉSTICOS Y LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN EL CAMPAMENTO MINERO.

En la actividad minera también se generan efluentes domésticos (aguas servidas) y residuos sólidos, que al llegar a las fuentes receptoras, alteran la calidad del agua y los procesos que allí tienen lugar. Estos provienen de las actividades realizadas en los campamentos y deben contar con la aplicación de medidas de manejo orientadas a la reducción de la llegada de cargas contaminantes a las fuentes receptoras. Los residuos sólidos se generan tanto en actividades domésticas, como en operaciones mineras (arreglo de maquinaria y equipos). Se aclara, que en estos residuos sólidos no se encuentran incluidos los escombros provenientes del lavado de la grava y material removido en el proceso de extracción. A continuación se presenta una descripción de la generación y el manejo de los efluentes domésticos y de los residuos sólidos, presentes en los entables mineros.

**Aguas servidas:** Corresponden a las aguas residuales provenientes de las actividades domésticas. El sistema de tratamiento contemplado para estos residuos estará conformado por varias estructuras como son: Trampas de grasas, tanque séptico, pozo de absorción y un desagüe, que conducirá el efluente a la fuente receptora. Estas estructuras tienen como función recibir las aguas servidas y tratarlas.

**La trampa para grasas,** deberán estar bajo sombra, lo que facilitará la solidificación de las grasas y la reducción de olores. Las grasas deben ser extraída manualmente según se requiera,

posteriormente debe ser enterrada como materia orgánica o donde se dispongan los residuos sólidos orgánicos del campamento (Véase figura 8).



Figura 8. Diseño de la trampa de grasas

El **tanque séptico**, tiene como función el tratamiento biológico de las aguas servidas y almacenamiento de sólidos y natas. La limpieza del tanque séptico se deberá hacer de forma manual y el sedimento extraído debe mezclarse con hidróxido de calcio (cal), y asolearse en un sitio seguro previo a su disposición final (Véase Figura 9). Estos sedimentos se dispondrán de igual manera que las grasas extraídas de la trampa de grasas y de ninguna manera disponerse en cuerpos superficiales de agua o a la intemperie, aun cuando éste haya sido secado o tratado con cal.

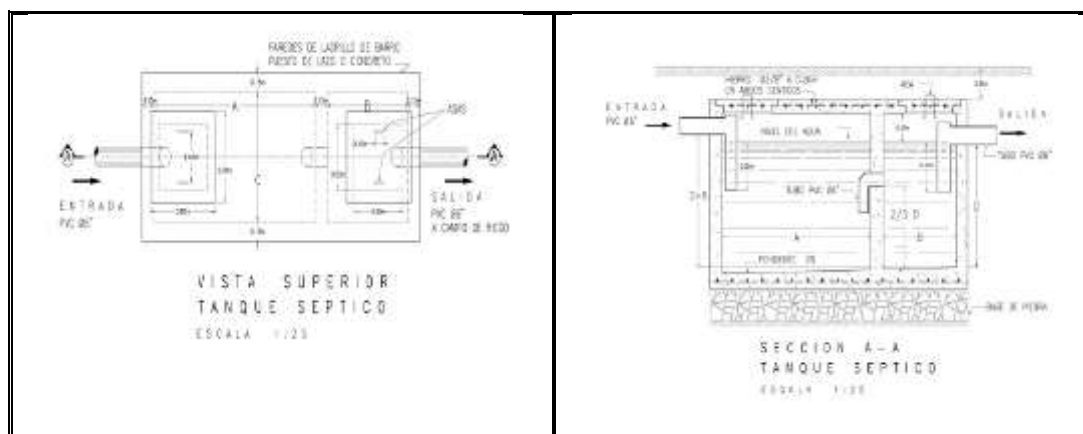


Figura 9. Diseño del tanque séptico

El **pozo de absorción**, recibe los líquidos provenientes del tanque séptico. Permite el tratamiento de los líquidos a través de materiales pétreos como piedra, grava y arena, previo a la disposición final al cuerpo receptor. Para mantener la verticalidad y buen funcionamiento del pozo de absorción, se recomienda colocar el material filtrante de la siguiente manera: En el fondo del pozo colocar una capa de arena limpia, luego, sobre la capa de arena colocar una capa de grava y por último de la capa de grava hasta 50 centímetros debajo de la caída del efluente colocar piedras. Este pozo de adsorción estará conectado a un filtro de material pétreo, el que conducirá el efluente hasta la fuente hídrica receptora, organizado así: Al inicio

del filtro piedras, seguido de la grava, por último se ubicara la arena hasta llegar a la fuente. El filtro tendrá como mínimo una profundidad de 0.5m y un largo de 10m. Una vez finalizadas las operaciones mineras, estas estructuras serán clausuradas, mediante el taponamiento con gravas (véase figura 10).

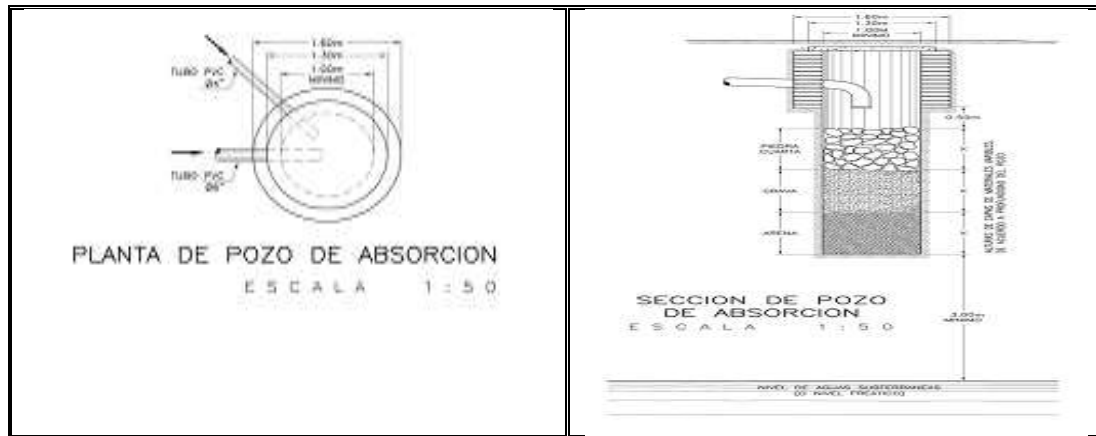


Figura 10. Diseño de un pozo de absorción

Para el manejo de los **Residuos Sólidos** generados en los entables mineros, se recomienda su clasificación en residuos ordinarios, reciclables y especiales o peligrosos, con el fin de facilitar su manejo y disposición final. En los campamentos se deberá contar con canecas de colores, rotuladas y distribuidas estratégicamente en todas las instalaciones que faciliten su clasificación desde los sitios de generación. Los residuos reciclables y peligrosos deberán ser entregados a empresas de aseo y recicladores presentes en la región. Los ordinarios serán utilizados como limento para especies menores, preparación de compost preferiblemente o ser dispuestos en mini celdas acondicionadas en un área del campamento minero. A continuación se presenta el sistema de clasificación de los residuos sólido (véase Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de los residuos sólidos

Residuos Ordinarios	Residuos Reciclables	Residuos Peligrosos
---------------------	----------------------	---------------------



Se deberá adecuar una caseta cubierta dispuesta para el almacenamiento de los residuos sólidos, hasta el momento de llevarlos a la estación de transferencia de donde serán transportados al sitio de disposición final. De ninguna manera los residuos sólidos generados en los campamentos mineros deberán ser vertidos a las fuentes hídricas, dispuestos cercanos a cauces u orillas de las fuentes hídricas, o dejarse a campo abierto. Se deberán realizar verificaciones periódicas de las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas de las fuentes cercanas al sistema de tratamiento, mediante mediciones de algunos parámetros contemplados en la normatividad colombiana y seguimiento al manejo y disposición de los residuos sólidos.

### 3.7.6 MEDIDAS DE CONTROL Y MITIGACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS FUENTES HÍDRICAS DURANTE Y DESPUÉS DE LAS OPERACIONES MINERAS.

Con el propósito de contribuir a la mitigación y control de los impactos generados por la aplicación de técnicas inapropiadas durante y después de los procesos de explotación minera se plantean las siguientes recomendaciones:

- Evitar la desviación de los cauces naturales de las fuentes hídricas para el abastecimiento de agua en los entables mineros, este deberá realizarse teniendo en cuenta las indicaciones propuestas para la captación del recurso en la medida 3.7.3.
- Mejorar la calidad de los efluentes mineros, antes de ser vertidos a las fuentes hídricas mediante la aplicación de tratamientos que reduzcan la carga contaminante y evitar la llegada de los residuos sólidos a través de la aplicación de los sistemas planteados en las medidas 3.7.1 y 3.7.5, para vertimientos mineros y el manejo de los residuos sólidos.
- Realizar un inventario al 100% de las especies florísticas presentes en la ronda de las fuentes hídricas, con el fin de identificar las especies presentes en el área y determinar con cuales se revegetalizará durante y después del aprovechamiento minero.

- Evitar la llegada de grandes cantidades de sedimentos a los cauces de las fuentes hídricas, durante los procesos de remoción y disposición de grandes volúmenes de tierra. Estos deben ser dispuestos de manera que no interrumpan los drenajes naturales y no sean arrastrados por aguas de escorrentía superficiales, como se plantea en la medida 3.8.1.
- Evitar cortes perpendiculares, especialmente cerca de cauces naturales, ya que estos facilitarían erosiones y desprendimiento de grandes volúmenes de tierra, que podrían obstaculizar el paso del agua y aportar sedimentos. Los cortes deberán hacerse con una pendiente menor a 45° y con la adecuación de drenes que faciliten el escurrimiento de las escorrentías.
- Realizar siembras periódicas con especies nativas como *Apeiba aspera*, *A. membranasea*, *Inga edulis*, *Cecropia insignis*, *Calathea lutea*, *paspalum repens*, *Eutherpe oleraceae* y *Anoxopus compresus*, durante y después de las operaciones mineras en las riberas de las fuentes hídricas, con el fin de disminuir los riesgos de proceso erosivos, ayudar a regular la temperatura del agua, retener humedad, brindar refugios a los animales y mejorar la disponibilidad de alimento.

### 3.7.7 MEDIDAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA PARA FUENTES HÍDRICAS DEGRADADAS POR LA ACTIVIDAD MINERA.

Luego del cierre de la actividad minera, las fuentes hídricas aledañas a los entables, requieren de la aplicación y desarrollo de actividades que contribuyan a su restauración y el restablecimiento de sus funciones hidrobiológicas, para lo cual se recomienda la aplicación de las siguientes acciones y actividades:

- **Evaluación de las condiciones físicas y geomorfológicas de la fuente hídrica a restaurar:** Esta se realizara mediante la inspección en terreno de toda el área afectada de la fuente hídrica a restaurar e incluye el análisis de las características geomorfológicas del lecho del río y su valle, la distribución de hábitats dentro del canal (caídas, rápidos y pozos), la presencia y variedad de parches de sustrato uniforme, vegetación, velocidad de corriente, acceso de luz y preservación de características longitudinales (Krauze *et al.* 2008). Lo anterior con el fin de valorar el nivel de afectación y realizar una planificación adecuada de las actividades y procesos requeridos que contribuyan a la restauración de los procesos, funciones y condiciones alteradas.
- **Identificación de una fuente hídrica de referencia:** Esta identificación se realizará teniendo en cuenta el grado de conservación e intervención antrópica, la similitud de las condiciones naturales y la cuenca hidrográfica a la que pertenezca, en lo posible ubicarla en la misma cuenca a la que pertenece la fuente a restaurar. Lo anterior, facilitará tener un punto de comparación y de valoración del grado de afectación de la fuente afectada, facilitando la

planificación e implementación de las actividades a desarrollar, y por consiguiente el seguimiento y monitoreo de los avances del proceso.

- **Restablecimiento de las condiciones físicas y geomorfológicas del cauce:** Para este, se deberá tener en cuenta el levantamiento cartográfico del curso y el área de la fuente hídrica realizado antes de comenzar las operaciones mineras si existen, de lo contrario, se recomienda tener en cuenta la cartografía de los sistemas hídricos del lugar o hacer un levantamiento cartográfico bajo la supervisión de personas conocedoras del área, con el fin de establecer la dirección, las formas y condiciones originales del cauce antes de la afectación. Este restablecimiento comprenderá actividades de limpieza, canalización y direccionamiento del flujo. Además, la creación de rápidos, pozos y caídas, componentes importantes en la rehabilitación del meso-hábitat en los ríos, para lo cual se utilizarán prácticas como: Aglomerados de cantos rodados, presas, pasadizos de peces, resguardos de leños/rastrojo/roca, barreras de migración, cobertura de árboles, deflectores de viento y medidas de grado de control (Vargas, *et al.*, 2010).
- **Revegetalización de riberas:** En las zonas de riberas removidas en el proceso de extracción, se deberán realizar siembras con especies nativas poco exigentes para su establecimiento en cuanto al requerimiento de nutrientes, con un sistema radicular con capacidad para amarrar suelos sueltos susceptibles a procesos erosivos y resistir la fuerza del agua cuando se presenten inundaciones en épocas de lluvias. Además de lo anterior se recomienda tener en cuenta especies útiles para la fauna, por su capacidad de brindar alimentos y condiciones para la adecuación de refugios. Lo anterior contribuirá a la disminución de los riesgos a proceso erosivos, a la regulación de la temperatura del agua, retención de humedad, al mejoramiento de las condiciones habitacionales y de refugios para la fauna presente en el lugar y aumentará la oferta alimentaria. La revegetalización se realizará mediante el establecimiento de las siguientes especies vegetales *Apeiba aspera*, *A. membranasea*, *Inga edulis*, *Cecropia insignis*, *Galathea lutea*, *paspalum repens*, *Eutherpe oleraceae* y *Anoxopus compresus*.

### 3.8 MEDIDAS DE MANEJO PARA LA RECUPERACIÓN DE LOS SUELOS

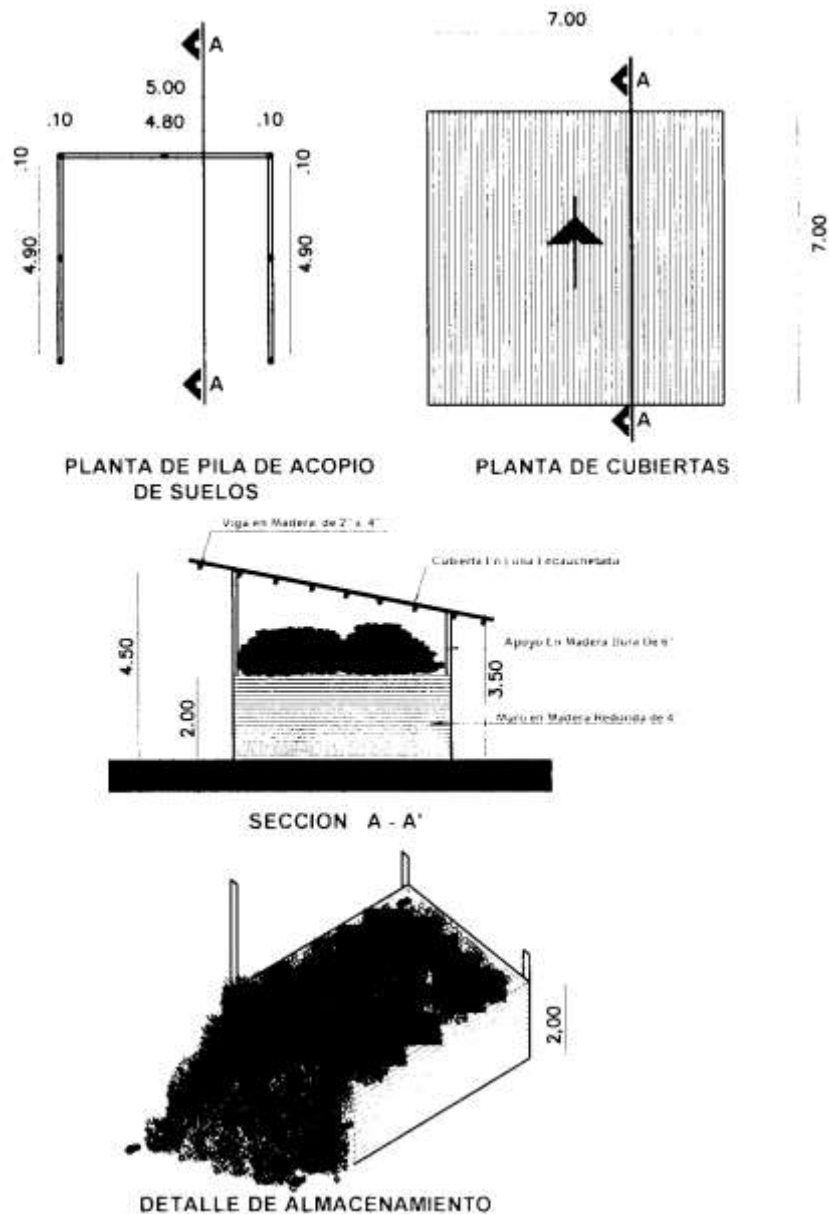
El suelo es uno de los elementos que presenta mayor dificultad para su recuperación, debido a la gran pérdida de los materiales fino granulares como los limos, arenas limosas, limos arenosos y la materia orgánica que existen en las capas superficiales de los suelos y que son removidos y lavados en el desarrollo de la actividad minera, además de la pérdida de nutrientes. En este sentido las medidas de mitigación en este componente deben ser contempladas durante la extracción minera y una vez esta actividad haya terminado.



### 3.8.1 MEDIDAS DE MANEJO DEL SUELO DURANTE LA EXTRACCIÓN MINERA

En el momento de la remoción del suelo, para extraer los metales, se recomienda la destinación de un área para el depósito de la materia orgánica y los limos para su posterior reutilización. La capa de tierra vegetal y la capa mineral alterada (Horizontes A y B), deben necesariamente retirarse y almacenarse de manera adecuada, para emplearse en la restauración final, para lo cual se requiere tener en cuenta las siguientes recomendaciones (véase Tabla 2):

- Realizar estudios previos para determinar las características y condiciones del suelo natural:
  - a) Es importante realizar observaciones previas al disturbio para determinar las características topográficas de la zona, el curso de las corrientes de agua, el tipo de vegetación y pendientes del terreno, entre otros. Con el fin de reacomodar el suelo a restaurar lo más parecido a su estado natural.
  - b) Se debe realizar un estudio geotécnico e hidrogeológico para determinar las características fisicoquímicas del suelo, las cuales se deben tener en cuenta en el momento de la restauración para los posibles préstamos de suelos requeridos en el cubrimiento de las áreas a restaurar, cuando los suelos guardados sean insuficientes.
  
- Acopio del suelo retirado:
  - a) Lo ideal es que el tiempo entre la retirada del suelo y su reutilización sea el mínimo y de ser posible que la restauración se aplique de manera simultánea.
  - b) Cada tipo de suelo retirado debe acopiarse por separado para preservar sus características originales. Esta operación es especialmente importante, ya que de su éxito dependerá la disposición de materiales adecuados para la restauración.
  - c) Para garantizar las características de los suelos, se deben construir pilas de acopio retiradas de corrientes de agua que puedan inundar el suelo y por ende perder sus propiedades, para el caso de la capa orgánica se recomienda el establecimiento de una cobertura vegetal que reduzca la compactación y mejore la composición. Además debe cubrirse de la intemperie tapándolos para protegerlos de los rayos solares, de la precipitación y el viento (Figura 11). Cabe mencionar que las medidas propuestas corresponden al cálculo realizado para una explotación de 1 hectárea, sin embargo para áreas más grandes, estas dimensiones deben ser proyectadas de manera proporcional.



**Figura 11. Acopio de suelo (capacidad 46m<sup>3</sup>)**

- d) La altura de los depósitos no debe superar los 2.5 m, con un ángulo de reposo que impida el derrumbe del material acopiado.
- e) Si el periodo de acopio supera los 6 meses es muy importante el abono con especies que permitan mantener las características biológicas y la aireación del suelo vegetal; la capa mineral con menos valor biológico no requieren este mantenimiento ya que son pobres en humus, de ahí la necesidad de almacenarlos por separado.

### 3.8.2 MEDIDAS DE MANEJO DEL SUELO DESPUES DE LA EXTRACCIÓN MINERA

Una vez terminado el aprovechamiento minero, es necesario realizar actividades de adecuación del terreno que permitan aproximarse al estado inicial del suelo, para lo cual se recomienda la realización de retrolleado y explanado de los depósitos de piedra para posteriormente regar la capa vegetal y los limos previamente guardados, construcción de zanjas o canales de coronación para mitigar el lavado y desestabilización de los taludes en el frente de operación y la posterior siembra de *Clitoria javitensis* y *Desmodium ascendens* durante los primeros seis meses, para impedir la acción directa del sol y evitar el recalentamiento de los depósitos de piedras.

De acuerdo a lo anterior es necesario tenerse en cuenta algunos factores determinantes para el éxito en una restauración:

- a) **Preparación del suelo:** El suelo debe reacondicionarse de forma tal que quede lo más parecido posible a las características originales en cuanto a las pendientes, ondulaciones y compactación.
- b) **Explanado del terreno:** El terreno debe explanarse en forma ondulada, tratando de aproximarse al estado anterior a la intervención, con pendientes moderadas y adecuadas que beneficien la infiltración del agua y la lixiviación de los materiales orgánicos y además eviten las inundaciones, para lo cual se deben dejar zonas de drenaje.
- c) **Compactación del suelo y distribución del material orgánico guardado:** La compactación debe hacerse sobre el relleno en forma mecánica evitando sobrepasarse y tratando de conservar la capacidad portante inicial, respetando el orden o la disposición natural de las capas, que para la zona generalmente están distribuidas ascendentemente entre grava, arcilla, limos y materia orgánica. El espesor de estas capas dependerá de la cantidad de material guardado y del área a restaurar, procurando conservar las pendientes naturales, ondulaciones suaves y canales de drenaje para escorrentías. Es recomendable que la distribución de la capa orgánica guardada se realice sin compactación con equipos mecanizados o rastrillos, en forma uniforme que no exceda los 10cm de grosor, ni sea inferior a 3cm, para beneficiar el proceso de germinación de las semillas que contiene.
- d) **Acondicionamiento posterior:** Cuando sea necesario se puede realizar un aporte de abonos orgánicos y una escarificación del suelo de 5-15 cm de profundidad para facilitar la infiltración del agua, la penetración de raíces y no favorecer la compactación del suelo.

**Tabla 2. Resumen de impactos potenciales y medidas de mitigación y rehabilitación en suelos disturbados por minería**

<b>RESUMEN DE IMPACTOS POTENCIALES Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y REHABILITACIÓN EN SUELOS DISTURBADOS POR MINERIA</b>			
<b>Impacto</b>	<b>Tipo de Medida</b>	<b>Medidas de Mitigación</b>	<b>Medidas de Rehabilitación</b>
<b>Perdida de suelos</b>	Restauración y Revegetalización	Utilización de todos los materiales orgánicos removidos que serán almacenados de manera adecuada para minimizar la pérdida de sus propiedades. Las áreas serán rehabilitadas a través de la conformación, nivelación y revegetalización con vegetación nativa.	Se realizarán procesos de rehabilitación temporal y final, de modo que las áreas usadas para el aprovechamiento minero sean restauradas y revegetalizadas durante las operaciones y cuando estas culminen para recuperar en lo posible las características topográficas y de cobertura originales.
<b>Erosión del suelo</b>	Preventiva: Implementación de técnicas para control de erosión de suelos y sedimentos a producir	En laderas de fácil erosión se implementará medidas estabilizadoras como manejo de pendientes leves, ondulaciones en el terreno y sistemas de drenaje de escorrentías.	Estabilización de taludes y construcción de canales de coronación.
<b>Compactación de suelos</b>	Buen manejo del suelo superficial	Escarificación del suelo restaurado hasta 15 cm de profundidad.	Canalización de depresiones y siembra de plántulas para la revegetalización.
<b>Alteración de la calidad del suelo</b>	Manejo adecuado de residuos	Control de derrames de combustibles y buena disposición de residuos durante las actividades del proyecto.	En el caso de vertimiento accidental de combustibles se aplicará un procedimiento de limpieza o remoción del suelo contaminado para su disposición en lugares seguros.

## 3.9 ESTRATEGIAS Y TRATAMIENTOS DE LA RESTAURACIÓN

### 3.9.1 ESTRATEGIAS, TRATAMIENTOS Y MONITOREO PARA EL COMPONENTE VEGETACIÓN

Teniendo en cuenta las particularidades de los ecosistemas afectados en la región del Chocó Biogeográfico, se propone unos mecanismos de restauración ecológica que favorezcan procesos ecológicos fundamentales y que permitan devolver a los ecosistemas afectados parte de las funciones que tenían originalmente.

#### ESCENARIO 1

##### ESTRATEGIA A

##### **Propiciar las condiciones para el establecimiento de vegetación en suelos desnudos.**

La presencia de vegetación pionera, generalista y heliófila como Gramíneas, Ciperáceas, Leguminosas, Melastomatáceas, Rubiáceas, Bombacáceas, Euphorbiáceas, Clusiáceas y Ochnáceas, favorecerán la retención de humedad y aporte de materia orgánica mejorando las propiedades del suelo, disminuyendo procesos erosivos, dando paso a la sucesión natural del área disturbada y el inicio de procesos ecológicos asociados como la herbívora, polinización, dispersión y niveles tróficos básicos.

##### TRATAMIENTO

**Establecimiento de vegetación en suelos desnudos.** El proceso de restauración en las áreas degradadas por la actividad minera en la región, debe iniciar propiciando las condiciones para el establecimiento de la vegetación en suelos desnudos. Una vez acondicionado el sustrato y enriquecido con la capa de materia orgánica almacenada en la etapa previa extraída del bosque remanente o elaborada, se procederá al establecimiento de las especies. En este tratamiento se deben utilizar especies nativas locales, se recomienda el uso de herbáceas como Poáceas (*Andropogon bicornis*, *Eragrostis cilianensis*, *Axonopus compressus*, *Eragrostis cilianensis*, *Homolepis aturensis*, *Paspalum conjugatum*), Ciperáceas (*Cyperus luzulae*, *kyllinga brevifolia*), Lamiaceas (*Ictys* sp), Melastomatáceas (*Aciotis acuminifolia*, *A. indecora*, *A. ornata*, *A. purpurascens*, *A. rubricaulis*, *Clidemia rubra*, *C. octona*), mezcladas con especies heliófilas generalista arbustivas y arbóreas como Ochnaceae (*Cespedecia sphenoloba*), Melastomataceae (*Conostegia macrantha*), Bombacaceae (*Ochroma pyramidale*) Rubiáceae (*Isertia laevis*), Clusiaceae (*Vismia macrophylla*, *Vismia latisejala*), Cecropiáceas *Cecropia virgosa*, *Cecropia obtusifolia*, Euphorbiaceae (*Crotón chocoanus*) Mimosáceas (*Inga* ssp), las cuales son generadoras de sombras, favorecen el establecimiento de otras especies y la rápida llegada de la fauna.

## **ESTRATEGIA B**

### **Viabilidad y producción de material vegetal nativo.**

La utilización de especies nativas para la restauración ecológica, implica una serie de procesos que se deben desarrollar. Para que el éxito de la restauración sea total debe partir del conocimiento acerca de la capacidad que tiene las semillas seleccionadas para germinar y dar origen a plántulas normales en condiciones ambientales favorables. Hay que tener en cuenta que las semillas varían en aspecto, tamaño, ubicación y estructura, conocer estos caracteres permitirá su identificación y las condiciones de las que requieren para su germinación. Este conocimiento previo logrará que la producción y establecimiento del material vegetal nativo sea un éxito a la hora de aplicar cualquier tratamiento.

## **TRATAMIENTO**

### **Producción de material vegetal nativo.**

Antes de iniciar cualquier tratamiento que conlleve al éxito de la restauración ecológica en áreas degradadas por minería en la región del Chocó Biogeográfico, es necesario el establecimiento de un vivero de producción, el cual garantizará los volúmenes de material vegetal (plántulas), necesarias para el repoblamiento del suelo desnudo; comprar las plántulas para la restauración resulta muy costoso y no garantiza la autenticidad de las especies que se desee sembrar. El vivero debe contar con algunas características específicas como: La disponibilidad suficiente de agua de calidad, el tamaño según las necesidades y formas a adecuarse, la textura del suelo donde germinarán las semillas, buen drenaje, capacidad de retener la humedad, la topografía debe ser más o menos plana en caso de que se establezca en el suelo, de no ser así se deben construir terrazas de 1m x 10m de longitud ubicadas en lugares cercanos al área, lo cual disminuirá costos de transporte. Estas características garantizarán la producción de material vegetal necesario para la aplicación de cada uno de los tratamientos propuestos en este protocolo.

Para la construcción del vivero se pueden elaborar varias estructuras, sin embargo teniendo en cuenta las condiciones climáticas y edafológicas de la región, se recomienda la construcción de camas sobre el nivel del suelo las cuales favorecerán la supervivencia de las plántulas de altas precipitaciones, por lo anterior es necesario construir el vivero colocando estacas en las esquinas de la cama, sujetadas con una cuerda resistente, en donde se colocará el tendido de la cama, posteriormente se debe agregar el sustrato para producción vegetal, este debe estar compuesto por arena, material orgánico certificado, etc., la cama debe tener forma trapezoidal. La producción del material vegetal (angiospermas), se puede llevar a cabo a través de dos fases: Por germinación de semillas o por yema o estaca. Para la revegetación se recomienda germinar las semillas en el vivero, es el método menos complicado y de mayor difusión en el país. Este tratamiento se debe utilizar para la restauración de los escenarios 1 y 2. En el escenario 1 se seleccionarán 10 especies de las sugeridas en el tratamiento anterior 4 de las cuales deben ser de porte herbáceo y las seis

restantes de porte arbustivo y arbóreo garantizando que algunas de las especies seleccionadas tengan frutos en bayas.

## ESCENARIO 2

### ESTRATEGIA A

**Favorecer la sucesión secundaria.** El establecimiento de plantas de sucesión temprana mejorará las condiciones de luz y sombra, favoreciendo así el establecimiento de especies de niveles sucesionales intermedias como Melastomatáceas, Rubiáceas, Gesneriáceas, Moráceas, Piperáceas, Bombacáceas, Ochnáceas, Ciclantáceas, Bromeliáceas y Aráceas, que poseen la capacidad de ofrecer recursos constantes como flores, frutos, néctar, polen y refugio. Además en este nivel se inicia el aporte de necromasa que mejorará las propiedades del suelo, la cobertura y disminuirá procesos erosivos ocasionados por la lluvia.

### TRATAMIENTO

#### Favorecer la sucesión secundaria.

Para asegurar el éxito de la sucesión secundaria es necesario tener en cuenta las características de suelo y del clima de la zona, aspectos que permitirán la utilización de las especies vegetales más apropiadas. Pueden emplearse plantas cultivadas en viveros, semillas o bien una mezcla de ambas, y una combinación de especies que incluya hierbas, arbustos, arbolitos y árboles heliófilos, lo cual acelerará el proceso de sucesión; las especies utilizadas deben ser autóctonas con pocos requerimientos nutricionales, con lo cual se asegurará el éxito de este proceso. Para lo anterior se ha propuesto las siguientes especies (Véase tabla 3):

Tabla 3. Especies a utilizar en el tratamiento de sucesión secundaria (Escenario 2)

Familia	Especie
Ochnaceae	<i>Cespedecia sphenoloba</i>
Melastomataceae	<i>Conostegia macrantha</i>
Bombacaceae	<i>Ochroma pyramidale</i>
Rubiáceae	<i>Isertia laevis</i>
Clusiaceae	<i>Vismia macrophylla</i>
	<i>Vismia latisepala</i>
Moráceas	<i>Brosimum utile</i>
Cecropiáceae	<i>Cecropia virgosa</i>
	<i>Cecropia obtusifolia</i>
Euphorbiaceae	<i>Croton chocoanus</i>
Mimosáceae	<i>Inga</i> sp

## **ESTRATEGIA B**

**Diseño e implementación de corredores biológicos en las áreas disturbadas.** La implementación de corredores biológicos o cercas vivas en grandes áreas degradadas por la minería, permitirá la conectividad de áreas con potencial ambiental y biótico, favoreciendo la regeneración o cobertura del área mediante los procesos ecológicos y contribuyendo además con la recuperación de la funcionalidad del ecosistema.

## **TRATAMIENTO**

### **Implementar corredores biológicos en las áreas disturbadas.**

Este tratamiento puede ser implementado en el primer y segundo escenario, el establecimiento de corredores en grandes áreas degradadas por la actividad minera, contribuirá en el proceso de restablecimiento de la misma y favorecerá la conectividad y el flujo genético de poblaciones silvestres. De acuerdo al tamaño del disturbio así debe ser el diseño del corredor: Se debe evitar la creación de islas de hábitat natural que confinen las especies, por el contrario se debe propender por la conformación de una matrix continua que favorezca la conectividad ecológica, aumentando la posibilidad de sobrevivencia a largo plazo de las comunidades biológicas y de las especies que las componen (véase figura 12). La creación de estos corredores facilitará la recolonización en estas áreas. De igual forma permitirá el incremento del tamaño de poblaciones, el intercambio genético y mejorará las oportunidades de sobrevivencia. El modelo del corredor variará de diseño y tamaño según el grado y tiempo del disturbio.

En un escenario sin vegetación (escenario 1), en 1Ha se delimitaran 10 corredores de 5x50m (2500m<sup>2</sup>), en donde de acuerdo al escenario se seleccionarán las especies que serán utilizadas para la siembra; estos corredores deben conectar fuentes hídricas, pozas someras y parches de bosque remanente; las plantas leñosas seleccionadas para este tratamiento se sembrarán a una distancia de 3m, lo cual evitará la competencia y garantizará una mayor efectividad del tratamiento. Se debe sembrar 250 plantas herbáceas y 1162 plantas leñosas por hectárea, las cuales se dispondrán en cada uno de los corredores. En el segundo escenario se sembrarán 139 plantas arbustivas y arbóreas a una distancia de 3m, las plantas herbáceas fueron excluidas porque el proceso de sucesión ya debe haber iniciado.



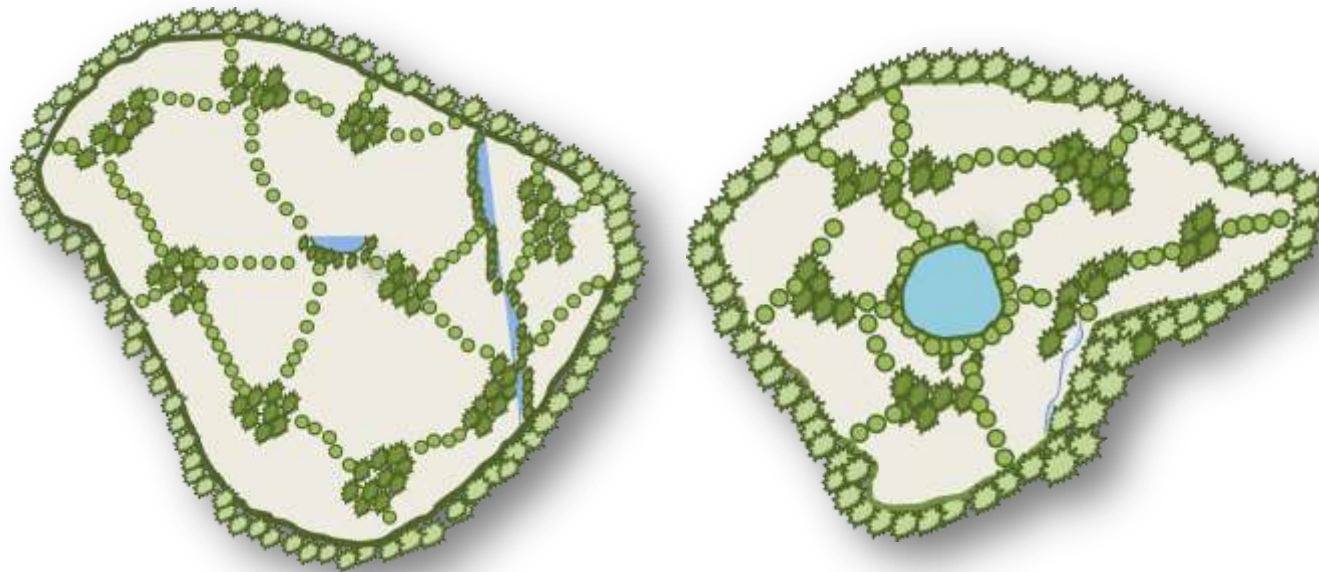


Figura 12. Diseño de un corredor biológico en un área de IHa

## ESCENARIO 3

### ESTRATEGIAS

**Establecimiento de especies leñosas.** Permitirá el repoblamiento del área con especies nativas que usualmente se encuentran en el interior del bosque y que poseen requerimientos ecológicos específicos. Por lo tanto esta estrategia es recomendable en sitios donde la restauración pasiva del disturbio haya avanzado. Adicionalmente permitirá la formación de un dosel continuo a través de las copas de los árboles que funcionarán como corredores biológicos. Además la alta productividad de frutos de este tipo de especies permiten mantener la oferta de recursos para grupos biológicos dependientes y su gran biomasa aérea se convierte en un potencial de aporte directo a la formación de hojarasca como recurso principal para el enriquecimiento del suelo y el hábitat de la edafofauna.

### TRATAMIENTO

#### **Enriquecimiento con especies leñosas.**

Con un estudio previo de las comunidades vegetales existentes en los bosques remanentes del área degradada que se pretende restaurar, se puede seleccionar especies que se puedan adaptar fácilmente en este tipo de ambientes, existen muchas especies que aparecen o llegan de forma espontánea *Cespedecia sphenoloba*, *Conostegia macrantha*, *Ochroma pyramidale*, *Isertia laevis*, *Vismia macrophylla*, *Vismia latisejala*, *Cecropia virgosa*, *Cecropia obtusifolia*, *Crotón chocoanus*, otras presentan unas características ecológicas que las hacen compatibles con las condiciones climáticas y el tipo de suelo del área disturbada *Brosimum utile*, *Glossoloma panamensi*, *Miconia nervosa*, *Crotón* sp. Según el tiempo de disturbio así mismo se deben escoger el tipo de especies que se deben introducir en estas áreas.

Dependiendo del grado de avance en que se encuentre el restablecimiento de la cobertura vegetal, así serán las especies que se utilizará en el tratamiento. En escenarios donde la sucesión esté un poco avanzada, deberá usarse especies pioneras mencionadas en la tabla 1. El establecimiento de estas propenderá al enriquecimiento del área y que disminuya el tiempo en el avance de la sucesión, en condiciones normales puede tardar hasta diez años en pasar de una etapa sucesional a otra, con la aplicación de este tratamiento el tiempo se puede reducir significativamente, aumentando la heterogeneidad del área afectada y facilitando la llegada de especies dispersoras como las aves que ayudaran a enriquecer el área del disturbio.

En escenarios donde la sucesión es considerablemente avanzada (más de 20 años), deberá enriquecerse con especies duraderas. El germoplasma será extraído del bosque remanente, las plántulas o juveniles de las especies propuestas se deben sembrar a una distancia de 25m cada individuo; el método de sembrado en fajas, en una hectárea se plantaran 10 fajas de 100m<sup>2</sup>, en las

que se sembrarán 4 individuos, es decir 40 árboles por hectárea. Para el enriquecimiento del escenario se utilizarán plantas nativas generadoras de frutos succulentos, lo anterior facilitará los procesos biológicos que en los bosques se llevan a cabo; en estas por el tamaño del disturbio, la afectación del suelo y las características de dispersión utilizada por las plantas duraderas no pueden llevarse a cabo. El establecimiento de este tipo especies servirán como sitios de percha para la avifauna, que a su vez servirán como agentes dispersores de especies epífitas contribuyendo al establecimiento de la estructura horizontal del área. Para el enriquecimiento de este tipo de escenario se pueden utilizar especies que ofrezcan oferta alimenticia, la cual puede incidir en la llegada de varias especies de fauna; la presencia de algunas plántulas en este escenario indica que su establecimiento y la falta de un número considerable de especies se deben a la ausencia de agentes dispersores, en la tabla 4 se enlistan especies que se deben utilizar en este tipo de áreas.

**Tabla 4. Especies a utilizar en el tratamiento de enriquecimiento con plantas leñosas (Escenario 3)**

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>
<b>Anonaceae</b>	<i>Anona muricata</i>
	<i>Guateria sp</i>
<b>Arecaceae</b>	<i>Denocarpus bataua</i>
	<i>Denocarpus minor</i>
	<i>Pholidostachys dactyloides</i>
	<i>Socratea exorrhiza</i>
	<i>Wettinia quinaria</i>
	<i>Wetinia radiata</i>
<b>Bombacaceae</b>	<i>Pachira sessilis</i>
	<i>Phragmotheca lemniscata</i>
	<i>Matisia bullata</i>
	<i>Matisia castano</i>
	<i>Matisia cordata</i>
<b>Euphorbiaceae</b>	<i>Croton killipianus</i>
<b>Melastomataceae</b>	<i>Bellucia pentámera</i>
	<i>Miconia reducens</i>
<b>Moraceae</b>	<i>Brosimun utile</i>
<b>Rubiaceae</b>	<i>Isertia pittieri</i>
	<i>Psychotria poeppogiana</i>
	<i>Psychotria cooperi</i>
	<i>Psychotria cincta</i>

## MONITOREO

El monitoreo debe ser periódico para garantizar la eficacia de los tratamientos, es posible que algunas especies propuestas no germinen, de ser así se deberá resembrar hasta lograr el éxito parcial del tratamiento. Para lo cual se recomienda un monitoreo no inferior a 10 años. Para los escenarios uno y dos se deben realizar 2 visitas semestrales para garantizar que las plántulas sembradas tengan éxito en su establecimiento; las visitas se realizarán en los meses que coincidan con las temporadas seca y de lluvia y en los años siguientes el monitoreo se debe realizar cada dos años.

Las visitas serán efectuadas por un técnico comunitario asesorado por un profesional, en cada una se deben tomar los siguientes datos para que se cumplan las metas: Estructura y composición y dinámica del área, atributos vitales, tasa de crecimiento, en esta meta se evaluará los siguientes aspectos (Véase tabla 5):

- Altura del dosel
- Número de especies arbustivas o arbóreas presentes por hectárea
- Tamaño del área que aun contenga suelos desnudos.
- Estratos arbóreos consolidados
- Presencia de regeneración natural de especies no plantadas
- Dinámica del bosque en restauración
- Datos climáticos

**Tabla 5. Formato de registro de variables a monitorear**

AÑOS	ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN				BIOFISICO Y CLIMA			FAUNA ASOCIADA		
	Altura del Dosel	Especies arbustivas presentes	Estratos	Cobertura Pastos/Suelos Desnudos	Cobertura Copa (%) (Arbustos)	Tem (°C)	Hum (%)	Aves (#)	Mamíferos	Meso y

**Tabla 6. Indicadores para Coberturas herbáceas**

AÑOS	ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN				BIOFICICO Y CLIMA			FAUNA ASOCIADA		
	ALTURA DEL DOSEL	ESPECIES ARBUSTIVAS PRESENTES	ESTRATOS	COBERTURA PASTOS/SUELOS DESNUDOS	COBERTURA COPA (%) (ARBUSTOS)	TEM. (°C)	HUM. (%)	AVES (#)	MAMÍFEROS (#)	MESO Y MICRO FAUNA (#)
1										
5										
10										

-Na: no aplica

-por definir en específico

**Tabla 7. Indicadores para Coberturas arbustivas**

AÑOS	ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN				BIOFICICO Y CLIMA			FAUNA ASOCIADA		
	ALTURA DEL DOSEL	ESPECIES ARBUSTIVAS PRESENTES	ESTRATOS	COBERTURA PASTOS/SUELOS DESNUDOS	COBERTURA COPA (%) (ARBUSTOS)	TEM. (°C)	HUM. (%)	AVES (#)	MAMÍFEROS (#)	MESO Y MICRO FAUNA (#)
1										
5										
10										

**Tabla 8. Indicadores para Coberturas con bosque**

AÑOS	ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN				BIOFICICO Y CLIMA			FAUNA ASOCIADA		
	ALTURA DEL DOSEL	ESPECIES ARBUSTIVAS PRESENTES	ESTRATOS	COBERTURA PASTOS/SUELOS DESNUDOS	COBERTURA COPA (%) (ARBUSTOS)	TEM. (°C)	HUM. (%)	AVES (#)	MAMÍFEROS (#)	MESO Y MICRO FAUNA (#)
1				Na	Na	Na	Na			
5				Na	Na	Na	Na			
10				Na	Na	Na	Na			

### 3.9.2 ESTRATEGIAS, TRATAMIENTOS Y MONITOREO PARA EL COMPONENTE FAUNA

En este apartado se propone medidas estratégicas que ayuden a recuperar las funciones del ecosistema, mediante el establecimiento de la fauna que propicie procesos ecológicos como la polinización, dispersión, descomposición y con ello también acelere el proceso de sucesión vegetal, lo cual posibilite además a largo plazo la llegada y establecimiento de una fauna más especializada y menos tolerante a las alteraciones en el ambiente, indicando así el buen estado del ecosistema y por tanto garantice la efectividad del proceso de restauración. Para el establecimiento de dicha fauna se debe procurar la optimización de una variada oferta de hábitats y de recursos que le ofrezcan las condiciones adecuadas para su proliferación y permanencia en el lugar. Una vez regenerado el hábitat, se debe comprobar el estado de la fauna en la zona, que se espera pueda instalarse por sí sola.

#### ESCENARIO 1.

##### ESTRATEGIA Y TRATAMIENTO

Para el caso de este escenario no se contempló estrategias y tratamientos, dada la estructura paisajística de este, el cual imposibilita el establecimiento de grupos fáunicos que dependen exclusivamente de cierta fisionomía vegetal como criterio básico para su establecimiento. Este escenario revela un panorama totalmente ausente de cobertura vegetal, con suelos desnudos provistos de material rocoso, acompañado de algunos montículos de piedra. Los únicos recursos bióticos observables que proporcionan soporte se encuentran en el ecotono. Estos elementos bióticos solo sirven de soporte a animales plásticos como algunos insectos, anfibios y reptiles capaces de sobrevivir y adaptarse a este tipo de condiciones adversas con respecto a condiciones de humedad y temperatura, lo cual sugiere que para el tránsito y establecimientos de grupos más especializados estos elementos no son suficiente para sustentar los requerimientos básicos de sus especies ; fenómeno que pudo apreciarse en campo a través de la presencia de solo especies antropogénicas como insectos pertenecientes al orden Odonatos, anfibios como *Scinax sugillatus*, *S. elaeochrous*, *Dendrosophus phlebodes* y *Rhinella marina*.

Por lo tanto, la estructura de dicho escenario carece de elementos potenciales y esenciales en procesos de restauración faunística. En este sentido para este tipo de escenario, las iniciativas deberán estar más encaminadas hacia la recuperación del suelo, la cobertura vegetal, la disponibilidad de microhábitats. El inicio de la vegetación secundaria brindará elementos para la proliferación de heliofilas duraderas proporcionadoras de cobertura, refugio y alimento a la fauna local; es decir que en este caso la restauración de nichos funcionales dependerá exclusivamente de la recuperación del suelo, elemento funcional para la flora que es el principal soporte de elementos vitales para la fauna local.

De igual forma es importante anotar, que a pesar de que el alimento, el refugio y la heterogeneidad de hábitats en este paisaje son poco perceptibles, la implementación de vegetales (de pocos requerimientos nutricionales), que proporcionen sombra podrían garantizar la recolonización de otros grupos funcionales menos especialistas tales como insectos, reptiles, aves, roedores y marsupiales que aprovechen estos corredores arbolados para el desplazamiento entre fragmentos aislados. En síntesis las estrategias para la restauración de este escenario se aplicarán a partir del inicio de la regeneración natural.

## **ESCENARIO 2.**

En este escenario se aprovechará la sucesión secundaria que ofrece el ambiente y por consiguiente se propone como estrategia la restauración de condiciones biofísicas adecuadas que son claves para el establecimiento de la fauna, para la cual se aplicarán tres tratamientos.

### **ESTRATEGIA A**

#### **Restauración de condiciones biofísicas adecuadas para el establecimiento de la fauna.**

El componente fauna es un elemento esencial en todo proyecto de restauración ecológica, ya que participa activamente en la reproducción y dispersión de la flora, incrementando así la capacidad de regeneración del bosque. Por lo cual se debe procurar, mejorar las condiciones del sitio para ofrecer un hábitat adecuado y así atraer este elemento dispersor. La desaparición de dichos hábitats, de la oferta de alimento, y la contaminación por ruido y escasez de refugios, constituyen barreras que se deben contrarrestar para garantizar el regreso de la fauna al área. Al restaurar este importante factor del ambiente se estimula el restablecimiento de procesos ecológicos, contribuyendo con la funcionalidad del ecosistema.

### **TRATAMIENTOS**

#### **Optimización de la oferta de hábitats**

Mediante este tratamiento se propone la incorporación de elementos que proporcionen refugio a la fauna edáfica como coleópteros (Curculionidae y Crysomelidae), Himenópteros (Formicidae), miriápodos y arácnidos, los cuales ayudan con los procesos de recuperación del suelo, además de especies de vertebrados como aves, reptiles y pequeños mamíferos que cumplen procesos de dispersión, así como insectos, e incluso aves como colibríes que promueven la polinización. Dichos elementos constituirán refugios permanentes (cuevas, madrigueras y epífitas) y temporales (hojarasca, troncos y ramas caídas), con lo que se promoverá la disponibilidad del forraje para el establecimiento de insectos como ortópteros, lepidópteros y odonatos que sirven de presa para especies de nivel trófico más alto.

Se favorecerá la presencia de refugios para algunas especies arborícolas como *Sciurus granatensis*, *Ramphocelus dimidiatus*, *Traupis epicuspus*, *Tyrannus melancholicus*, entre otras, para lo cual se plantarán árboles productores de bayas de las familias: Bombacaceae, Gesneriaceae, Cecropiaceae, Ochnaceae, Euforbiaceae, Moraceae, Araceae, Melastomataceae y Rubiaceae, que además proveen cobertura boscosa y protección a sus hospederos, evitando la exposición a la detección de predadores. En el caso de las madrigueras, las cuales son utilizadas por mamíferos de pequeño y mediano porte dispersores de semillas como ratones de monte (*Proechimys semispinosus* y *Hoplomys gymnurus*), guagua (*Cuniculus paca*) y el quatin (*Dasyprocta punctata*), se dispondrán ramas de árboles o restos de árboles caídos, así como huecos de palmas y otras especies maderables que proporcionen dormidero y protección para estas especies, las cuales serán ubicadas en puntos estratégicos de la matriz facilitando la movilidad de las especies y procurando la conexión de los remanentes. A la par, se promoverá la producción de hojarasca que sirva como albergue permanente y sitio de paso para la fauna asociada al suelo, como es el caso de los escarabajos, hormigas, miriápodos y arácnidos (opiliones entre otros), los cuales utilizan la hojarasca como espacios de descanso, protección y desarrollo de ciclos biológicos. Además favorece el desplazamiento de algunas especies de herpetos (*Ameiva ameiva*, *A. anomala*, *A. festiva*, *Anolis maculiventris*, *A. granuliceps*). Para implementar esta medida se utilizarán especies florísticas propuestas en los tratamientos del componente vegetación (véase componente vegetal).

### **Garantizar la oferta trófica**

Se incorporaran especies vegetales caducifolias (géneros de la familia Bombaceae como Pachira, Phragmoteca, Ceiba y Matisia), que generen constante biomasa para garantizar la llegada, permanencia y relación de los distintos niveles tróficos que mantienen la dinámica ecológica del ecosistema, dicha oferta debe responder a los requerimientos nutricionales de las especies más generalistas y menos complejas como ortópteros (de la familia grillidae), himenópteros (formicidae) y lepidópteros en su estado larval que utilizan el forraje como alimento. Además contribuyen con la descomposición de la materia orgánica y constituyen el alimento de especies como insectos depredadores (odonatos y mantodeos), anfibios (*R. marina*, *D. Phlebodes*, *S. elaeochrous*, *S. sugillatus*, *L. vaillanti*, *D. tinker*, *S. phaeota*), reptiles (*A. granuliceps*, *A. maculiventris* y *A. ameiva*) y pequeños mamíferos (*P. semispinosus*, *H. gymnurus*; *Caluromys derbianus*, *Dasyus novencinctus*).

### **Aprovechamiento de fuentes hídrica**

La disponibilidad de cuerpos de agua en un ecosistema de bosque local, es vital para la dinámica ecológica del mismo; en estos se desarrollan varios procesos biológicos e interacciones como el ciclo de vida de especies acuáticas, reproducción de anfibios e insectos acuáticos, fuente de obtención de alimento y de agua de especies terrestres, además de contribuir a la regulación del clima. Por lo que se propone la utilización de los mismos como un elemento que constituye nichos viables para la restauración faunística del área disturbada.



Dada la presencia de lagunas abandonadas por la actividad minera, en este escenario se plantea el aprovechamiento de este tipo de pozos mediante el llenado incompleto propuesto en las medidas de manejo del componente hídrico, de acuerdo a lo cual tendrán profundidades que oscilan entre 0.50m y 1m y servirán para el enriquecimiento de hábitats para la fauna. Estos favorecerán la colonización de peces como: La Cocó (*Aequidens latifrons*), el quicharo (*Hoplias malabaricus*) y aves como el Martin pescador (*Chloroceryle americana*) y otros elementos de la fauna piscívora. Estas fuentes hídricas, además podrán ser destinadas como espacio para la toma de agua y baño de algunos animales, así como el hábitat necesario para especies acuícolas o como fuente de obtención de alimentos para organismos piscívoros. Dichos espacios deben ser resguardados de la interferencia humana y deben estar conectados a corredores de tránsito, evitando así la salida de los animales a campo abierto.

## **ESTRATEGIA B**

### **Favorecimiento de la conectividad biológica**

Este aspecto mejora la capacidad para satisfacer la necesidad de movimiento de la fauna a través de paisajes conectados. Para el restablecimiento de la conectividad se promoverán corredores biológicos que permitan el flujo genético de poblaciones de fauna aisladas, con lo que se reduce el efecto que tiene la fragmentación y que ocasionan la extinción de las especies y el deterioro de los sistemas naturales. Además, para restablecer la conectividad también se propone la aplicación de agregados que favorezcan la ampliación de los núcleos

## **TRATAMIENTOS**

### **Establecimiento de corredores biológicos**

El grado de ruptura de los ecosistemas afectados por la minería en la región, requiere de grandes esfuerzos que conlleven a la formación de áreas que permitan el desplazamiento, de elementos de fauna y junto con ellos elementos de la flora, entre áreas de mayor tamaño. Este movimiento permitirá que sean desplazados genes, dentro y entre poblaciones de organismos, además de impulsar procesos ecológicos como dispersión y polinización. Los corredores, en principio, se utilizarán para la realización de movimientos en eventos de corta duración (desplazamientos frecuentes), dentro del ciclo de vida de una especie; dichos movimientos serán especialmente importantes para mantener dinámicas poblacionales estables y en estado natural. Los desplazamientos pueden ser terrestres, aéreos, acuáticos o combinados.

La funcionalidad mayor de este tratamiento es facilitar el movimiento; sin embargo, para que se dé este resultado es necesario hacer consideraciones con respecto a las especies que los van a utilizar (la fauna edáfica, opjiliones, aracneidos, ortopteros, siphonapteros, himenopteros, anuros, pequeños saurios, amphisbenidos etc), y las características que estos deben tener, para facilitar

que los animales hagan uso de ellos cuando los necesiten. Para los roedores pequeños, es muy probable que los eventos de desplazamiento sean bastante cortos y que para el efecto solo requieran una franja de cobertura boscosa no muy grande constituida por pequeños senderos de especies vegetales menores como hierbas y arbustos. En otros casos hay especies, como las aves, que solo requerirían de parches de bosque con ciertos grados de proximidad entre sí, para facilitar su movimiento entre perchas. Por último nos situamos en las especies más especializadas, los mamíferos grandes, para quienes los desplazamientos deben realizarse dentro de un mosaico de hábitats, es decir en un corredor que abarque el nivel del paisaje. Esto conlleva a la necesidad de ubicar a los corredores dentro del contexto de un gradiente de hábitats, en donde estos pueden funcionar para beneficiar, según sus características.

**Introducción de agregados y ampliación de núcleos.** Se incorporarán al ambiente elementos como ramas, troncos y raíces de árboles que permitirán la confluencia de especies terrestres en busca de alimento y de refugio, permitiendo la ampliación de núcleos de la matriz, lo cual contribuye con el incremento del tamaño poblacional y mejoramiento de las oportunidades de sobrevivencia. Las especies florísticas a implementar se ubicarán entre los fragmentos de bosque adyacentes, aprovechando la cercanía de los mismos para mayor facilidad de tránsito de la fauna.

## **ESCENARIO 3**

### **ESTRATEGIA**

#### **Restauración de condiciones biofísicas adecuadas para el establecimiento de la fauna**

Para esta se aplicara la misma estrategia de la anterior, hay que tener en cuenta que tanto la intensidad, como el tiempo son condicionantes para que esta estrategia se aplique en diferentes grados, ya que los elementos antes mencionados son los motores que inciden en el nivel de sucesión que serán tenidos como bases para aplicar esta estrategia.

### **TRATAMIENTOS**

#### **Optimización de la oferta de hábitats**

Para favorecer la variedad de microhábitats, se propone la inclusión de bromelias epífitas, las cuales funcionarán como depósitos de acumulación de agua y alimento, al tiempo que permitirán el desarrollo de ciclos biológicos de anfibios (dendrobátidos). Las bromelias serán fijadas con material sintético (medias veladas), a troncos de árboles disponibles en el área, a diferentes niveles del estrato (alto, medio y bajo), respetando la distribución natural de las especies huéspedes y distribuidas de forma aleatoria, con el propósito de no saturar el bosque.

## Garantizar la oferta trófica

Se garantizará la oferta de recursos tróficos para grupos faunísticos funcionales (dispersores y polinizadores), como insectos, aves y mamíferos arborícolas, que requieren elementos como flores, polen, néctar, frutos y semillas. Se enriquecerán los escenarios con especies de flora que sus procesos y mecanismos reproductivos sean frecuentes y permanentes (variada producción fenológica y especies arbóreas cuyos frutos sean en baya o nueces), estas especies florísticas corresponden a las familias Arecaea (*Denocarpus major*, *D. minor*, *Welfia Regia*, *Wettinia quinaria*, *W. edullis*, *W. radiata*, *Pholidostachys dactyloides*, *Geonoma cuneata*, *G. divisa*, *G. deversa*, *Bactris coloniata*, *B. hondurensis*, *Aiphanes acaulis*, *Attalea alleni* y *Chamaedorea deneversiana*), Rubiaceae (*Phichotria poepigeana*, *P. cinta*, *P. couperi*, *Isertia laevis*), Melastomataceae (*Blakea subconnata*, *B. podagrica*, *B. alternifolia*, *Leanfdra granatensis*, *Bellucia pentamera*), Bombacaceae (*Pachira acuatica*, *Phragmoteca mamosa*, *Matisia castano*, *M. bullata*, *M. racemifera*, *M. gentrii*).

## MONITOREO

En este protocolo se propone la aplicación de un monitoreo ecológico, con el fin de evaluar la efectividad de los tratamientos aplicados durante el desarrollo del proyecto de restauración, para lo cual se harán seguimientos al componente fauna teniendo en cuenta variables cuantificables y cualificables como la Diversidad faunística, el patrón de distribución de la fauna y la estructura y dinámica de las comunidades, para lo cual se medirán indicadores que permitan conocer el estado de cada variable. Este monitoreo se aplicará a los tratamientos contemplados en las estrategias de restauración de las condiciones biofísicas para el establecimiento de la fauna y de la conectividad biológica.

### VARIABLES A EVALUAR

- **Diversidad faunística:** El estudio de la diversidad faunística es relevante para el monitoreo de la restauración ecológica ya que genera conocimientos sobre la riqueza lograda durante el proceso e indica el estado de la oferta de hábitats. Para la evaluación de esta variable se debe inventariar la fauna y se medirán índices de diversidad (Jacard & Simpson) y de riqueza (Margalef).
- **Patrón de distribución de la fauna:** El monitoreo de la distribución espacial de la población indicará la amplia disponibilidad habitacional y la funcionalidad de la conectividad paisajística. La distribución de las poblaciones estará influenciada por la existencia de condiciones ambientales adecuadas. Mediante la evaluación de la distribución de una población, se describirá la ubicación espacial en el área sobre la que se encuentra. Para

esta evaluación se tendrá en cuenta la presencia y ausencia de los individuos en un espacio determinado, aplicando muestreos aleatorios en el área.

- **Estructura y dinámica de comunidades:** Esta variable indicará la composición de las comunidades presentes en el área restaurada y de sus cambios en el tiempo, mostrando el logro de las funciones del ecosistémica que se deriva de la interrelación entre las especies que integran la comunidad y de estas con su medio. Para evaluar esta variable se medirá la abundancia y frecuencia relativa y la proporción de edades y sexo de los individuos por especie, mediante la aplicación de métodos de captura y recaptura de especies de vertebrados terrestres (anfibios, reptiles, aves y mamíferos), determinando sexo y edad de los individuos capturados. Dentro de esta variable se contemplará también el seguimiento de la estructura trófica, mediante la cual se evaluará la sostenibilidad de la oferta alimenticia para el mantenimiento de los distintos niveles tróficos en el área, para lo cual se debe monitorear periódicamente la presencia y ausencia de descomponedores (artrópodos consumidores de forraje y transformadores de la materia orgánica), nectarívoros y polinizadores (abejas, colibríes y murciélagos consumidores de néctar y polen), dispersores (aves, roedores y quirópteros consumidores de frutos y semillas), y a largo plazo carnívoros, que indicarían el buen estado del ecosistema.

### **3.10 MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS SOCIOCULTURALES GENERADOS POR LA MINERÍA**

Los resultados obtenidos a través de esta investigación muestran como el proceso de explotación minera se agudiza cada día más en el Chocó Biogeográfico, razón por la cual una de las dificultades más grandes que históricamente ha tenido y posee en la actualidad esta problemática, es la de encontrar posibles soluciones a los distintos impactos de vulnerabilidad .en forma definitiva a todos los aspectos del orden sociocultural y económico, impulsando a sus poblaciones a los más altos índices de pobreza del país, con una sociedad anclada en el abandono y la miseria, pues si se lograra dar contestación a los impactos que hoy la afectan, estas respuestas podrían contribuir a la solución inmediata del cumulo de problemas que hoy perturban las condiciones de vida de estas comunidades.

No se puede negar que hayan existido intentos de encontrar soluciones que permitan mitigar estos impactos de vulnerabilidad. Sin embargo es bueno reconocer que los gestores de estos procesos desde lo social y lo político nunca han unido voluntades, mientras que cada uno por separado ha pretendido ejercer protagonismo, unas veces con arrogancia y en otras ocasiones con aptitudes prepotentes que en definitiva sólo han logrado empeorar estas condiciones, dando paso a ciertos

adagios ancestrales de los ancianos de la región que sentencian: “Es peor el remedio que la enfermedad”. Una solución atinente a esta problemática parte del principio de la creación de una base de conciencia entre explotados y explotadores, que permita soportar la concepción de que los recursos no renovables, son como su nomenclatura lo dice, no son perenes; son momentáneos, eventuales y circunstanciales. Motivo por el cual el principio de racionalidad obliga a establecer un pacto entre las partes con el territorio, de respeto mutuo que permita el usufructo de estos beneficios, en donde no pierdan ni los unos ni el otro. Pues estas son las circunstancias que generan los procesos de vulnerabilidad: Cuando los pactos se hacen desiguales y en cuanto a la representatividad en forma abusiva y a la vez se irrespeta a la madre naturaleza.

Pues es conocido que el estatuto gubernamental no ha establecido políticas claras que protejan a la población explotada y que a la vez respeten la propiedad de los territorios ancestrales asentados por las comunidades indígenas y afrodescendientes, causándoles un desequilibrio que como ya se dijo, se circunscribe específicamente en los asentamientos de mayor debilidad pública y con lo cual se cercenan más hondamente sus derechos, pero a los cuales equívocamente, se les exige mayores deberes y compromisos, agudizando más la crisis y los impactos de vulnerabilidad. .

El hecho de que en Colombia existan minorías étnicas debe ser tenido en cuenta como un prelude de quienes asentados en el Chocó Biogeográfico, tanto ellos como sus territorios no ameritan la igualdad de respeto de aquella otra parte mayoritaria del país. Circunstancias estas que en el concierto constitucional de la superestructura colombiana, las normas constituidas en ley no operarían para el respeto de sus comunidades y sus recursos, violentando de esta forma no solo su dignidad humana, sino también, creando impactos de vulnerabilidad en las tradiciones de ancestro que han enriquecido y contribuido a la identidad cultural del país.

Por ello estas circunstancias muestran que las principales vías de solución a esta problemática exigen inicialmente tres puntos básicos:

- La cohesión y la fusión de los pobladores del Chocó Biogeográfico, de la conciencia nacional e internacional para inquirir el respeto a los Derechos Humanos y territoriales.
- Exigir de la clase política regional un mayor desempeño en el cumplimiento de los deberes, compromisos y obligaciones para lo cual los eligen sus pueblos en la búsqueda de mejorar sus condiciones de vida.
- Demandar del Estado colombiano su responsabilidad sin discriminación, para que los impactos de vulnerabilidad en el Chocó Biogeográfico, no sigan siendo una afrenta para sus pobladores y para los pueblos nacionales.

En consecuencia se requiere entonces crear medidas de prevención, control y mitigación, que se constituyan en una herramienta dinámica para lograr que las actividades mineras que se desarrollen en el Chocó Biogeográfico, beneficien a sus comunidades y a la vez eviten la

vulnerabilidad del impacto ambiental que ha venido deteriorando sus riquezas naturales, su biodiversidad y su conocimiento tradicional. Así mismo deben implementarse políticas de capacitaciones periódicas y permanentes a los distintos interventores del medio ambiente, social y cultural, con respecto a la prevención de riesgo y protección del ser humano.

Adoptar medidas y planes adecuados para la prevención de riesgos y contingencias, que históricamente convirtieron al Chocó Biogeográfico en sencillas víctimas de todos y cada uno de sus recursos materiales y humanos como en el caso de la Chocó Pacífico de mal recordatorio. Pero que hoy en día está siendo reemplazada por la Muriel Mining Corporation, la Conduto Platinum, por la Anglo Gold Ashanti y la Botorantim Metais, a quienes les han tramitado 1.846.000 hectáreas para explotación de las riquezas auríferas en el Chocó Biogeográfico, que explotan los recursos minerales con altas tecnologías, la tramitación de permisos y adjudicaciones es sencilla y en corto tiempo, siendo estos quienes más daños causan en este poblamiento y en su territorio. La crisis por la que atraviesan las poblaciones impactadas por la minería a cielo abierto se expresa en diferentes maneras, no solo desde el aspecto económico sino que también llega hasta el político y sociocultural. El problema es que estas circunstancias son cada día más evidentes, más reales y mucho más cercanos a estas comunidades, las cuales representan el más alto porcentaje de condiciones laborales no estratificada, pues al debilitarse, estas provocan que toda la estructura familiar del hombre asentado en este cordón del Pacífico colombiano, queden expuestas a peores circunstancias de vida, de las que venían padeciendo (véase Tabla 13).

**IMPACTO 1. Destrucción del tejido social y familiar de las poblaciones.** El auge de la producción del oro, impactó sobre manera las condiciones de vida tradicional y las relaciones que sostenían los lazos de maritazgo en sus distintas vertientes, impulsando al poseedor de estos recursos a la rotura de sus relaciones autónomas, hasta llegar al rompimiento de sus más simples relaciones de índole familiar y social (véase Figura 13).

**MEDIDA DE MITIGACIÓN: Recuperación del proyecto de vida individual y familiar a través de talleres y actividades lúdicas de recuperación emocional (Apoyo psicosocial).** Con esta medida se pretende no solo recuperar el proyecto que estas personas habían construido, sino también incentivar esa capacidad de iniciativa que subyace en los seres humanos que desean sobreponerse a las más difíciles circunstancias a que se ven sometidos, sino también motivar su capacidad de producción y de proyección mental con el propósito de mejorar sus condiciones de vida y de trascendencia en la construcción de un mejor porvenir de esa célula primaria de la sociedad que es la familia.



Figura 13. Integrantes del núcleo familiar laborando en entable minero

**IMPACTO 2. Pérdida de la Identidad.** Se conoce que el arribo de personas de distintas localidades de la geografía nacional a los diferentes entables mineros en el Chocó Biogeográfico, de alguna manera generó una pérdida de la identidad, lo cual ha contribuido al deterioro de los distintos patrones culturales que han identificado a estas poblaciones.

**MEDIDA DE MITIGACIÓN:** Desarrollar programas con organizaciones e instituciones culturales que fomenten valores tradicionales, expresiones artísticas de manera permanente, involucrando a niños, jóvenes y adultos. Se pretende salir al rescate de los más nobles valores de representatividad colectiva, que como principios fundamentales identifican a la familia y a los habitantes de esta región del país.

**IMPACTO 3. Prostitución a temprana edad (drogas, pandillas).** Un impacto severo de todas estas circunstancias se refleja en la prostitución a temprana edad, puesto que la inmadurez juvenil se deja influenciar con mucha facilidad por el manejo de recursos económicos que corrompen la débil mentalidad de estos infantes. Secuelas de estas circunstancias se reflejan en los problemas de salud que ahora se presentan a tan temprana edad que acompañadas con la drogadicción presentan cuadros de una juventud propensa a la fácil comisión de delitos, organizándose en pandillas juveniles y convirtiéndose en presa fácil de motivos de subversión.

**MEDIDA DE MITIGACIÓN:** Restablecer y fortalecer las relaciones intrafamiliares que permitan rescatar, guiar y reorientar a esta población afectada por el sexo y la droga sobre la base del afecto. Las secuelas de esta problemática, constituyen un imperativo de salir al rescate de la población infantil que se encuentra involucrada en uno de los problemas más atinentes que golpean

hoy en día a la sociedad del Chocó Biogeográfico. Consideramos que las medidas que deben impulsarse para mitigar este impacto, están basadas en el afecto y las propuestas y enseñanzas de tipo moral y ético que los padres brindan a sus hijos desde temprana edad. Los cuales guiados y orientados en las distintas aulas de educación, permitirán hacer de estos infantes unos ciudadanos de bien.

**IMPACTO 4. Deserción Escolar.** Así mismo el impacto negativo es tan fuerte, que impulsa a la deserción escolar produciendo pensamientos que están más cerca a la obtención del dinero fácil que está en contraposición con “la pérdida de tiempo estudiando tantos años si se es más fácil obteniendo el recurso económico”.

**MEDIDA DE MITIGACIÓN:** Apoyar programas educativos motivando a la niñez a través de distintos programas que estimulen y hagan ver los centros educativos como espacios agradables, de recreación, satisfacción. Convertidos en centros de convivencia con sus compañeros y docentes.

**IMPACTO 5. Problemas de Salud.** La explotación minera a cielo abierto ha sido causante de múltiples problemas de insalubridad para estas poblaciones. Los efectos ambientales producidos por esta actividad en el Chocó Biogeográfico ocasionan problemas acordes con la realidad de la zona. Convirtiendo sus territorios en verdaderas cloacas y nichos de generación de distintos vectores epidemiológicos, que han venido minando la salud de los pobladores de estas regiones que hoy en día son portadores de distintas epidemias y endemias tropicales que han aumentado los índices de morbimortalidad generalizada. Pues el mal uso del mercurio, azogue, el derrame de aceites y combustibles, así como también la alta polución y esos factores ajenos al establecimiento de condiciones de vida natural, son los responsables del cambio y de condiciones negativas que tiene en malas condiciones a la población infantil, a las mujeres lactantes, embarazos de niñas a temprana edad y problemas de tipo social, cultural y económico.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN:** Promover programas de prevención, atención y curación que mejoren las condiciones y calidad en la prestación del servicio de salud de nuestras comunidades. Con este propósito se pretende alcanzar que la salud de estas poblaciones mineras en el Chocó Biogeográfico deje de seguir siendo históricamente curativa y alcance los niveles de preservativa y preventiva, en donde no sea el paciente quien busque al médico sino que los prestadores del servicio de salud, busquen a sus pacientes.



**IMPACTO 6. Ultraje social (trabajo a temprana edad).** La minería ha sido causante del más grave desbordamiento social, generando un impacto nocivo reflejado en la niñez, la que por su ignorancia se convierte en víctima fácil de toda clase de motivaciones que terminan finalmente arrojándolos a condiciones de ultraje social. No obstante las peores circunstancias que se ejerce con esta pequeña población, es la obligación que se impone en ellos a trabajar a tan temprana edad, ejerciendo tareas que no son de su competencia y que rompen con el hilo conductor de las más altas tradiciones socioculturales de sus ancestros.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN: Erradicar el maltrato a través del afecto y el respeto propiciando la recuperación de la confianza en los niños.** Para este aspecto que ha sido reiterativo en todo el Chocó Biogeográfico, es menester la realización de talleres, charlas, conferencias y distintas formas de sensibilización de la estructura familiar. Acudiendo a los distintos organismos de carácter institucional que están constituidos para velar por el bienestar de la población infantil. De igual manera tanto la familia como la institucionalidad deberán crear programas e iniciativas de prevención, rescate y proyección de la población infantil, utilizando como mecanismos procesos de recreación, juegos didácticos y pedagógicos que permitan inducir la confianza de respeto, de afecto y de grandeza en la niñez afectada.

**IMPACTO 7. Cambio en el devenir familiar, generando letargo mental y obnubilación en el proceso creativo.** Se conoce que históricamente el proceso de extracción minera enajeno mentalmente al hombre de estas regiones, obnubilando su pensamiento hasta el punto de dejarlo sin iniciativas de creatividad para ocupar su mente y sus capacidades físicas en otras actividades distintas que le procuraran satisfacer cuando menos las necesidades vitales de índole personal y de carácter familiar.

**MEDIDA DE MITIGACIÓN: Implementación de la cultura del cultivo y la creación de proyectos productivos comunitarios.** Una de las medidas que nos aproximan a la mitigación de estos impactos, es también volver a la implementación de la cultura del cultivo (el plátano, el banano, el primitivo, el ñame, la yuca el chontaduro, árbol del pan, el achín, el borojo, la guayaba, la guanábana), y otras actividades que se relacionan con la pesca, la caza y la recolección de frutos que fueron abandonadas por las falsas delicias que brinda el metal. Mientras que con la agricultura se plantea una solución sustentable, que no es asistencial ni paliativa, que apunta a construir un mejor modelo de pensamiento para que con sentido de pertenencia, se puedan explotar de mejor manera los recursos que le brinda la biodiversidad al hombre de su propio territorio. Por ello es menester fomentar en estas comunidades mineras del Chocó Biogeográfico proyectos productivos comunitarios por ejemplo, la huerta escolar como herramienta didáctico pedagógica para desarrollar las habilidades de pensamiento en los estudiantes, que permitan la participación activa de los estudiantes, docentes y comunidad en general, que generen mejor calidad de vida y

contribuya a superar las condiciones de salud, educación y la proyección misma del hombre en sus niveles de dignidad y seguridad social.

Hoy por hoy la educación exige herramientas didácticas pedagógicas donde, el estudiante pueda vivenciar desde la realidad de su contexto la comprensión de saberes interdisciplinario de las diferentes áreas de estudio para ejercer un mayor compromiso y responsabilidad en su labor educativa; permitiendo con ello la convivencia y la reciprocidad del proceso educativo. Los modelos pedagógicos hoy día asumen una mayor responsabilidad dentro del ámbito educativo, debido a que se busca la participación directa de los estudiantes, docentes y comunidad en general, pretendiendo con esto un aprendizaje significativo que solo ha de conseguirse, con la práctica misma o con las vivencias cotidianas de los educandos, que son los principales actores del proceso. Estas actividades evitarían en lo sucesivo la deserción escolar, se tendrían una alimentación sana, buena salud, los lazos familiares se harían más sólidos. Cabe señalar que con este saber hacer, implica nuevas directrices en las prácticas educativas, ya que con esto se deja de lado el trabajar dentro del aula, para explorar y vivenciar las riquezas del entorno. Los niños pasan a ser gestores de su propio conocimiento y aprendizaje.

En esta instancia trabajarían en aras de construir un ambiente participativo donde interactúen los padres de familia, maestros en formación, profesores y la comunidad en general para construir una escuela viva, abierta a la diversidad de culturas y de los valores del medio; para ello, el profesorado que la atiende necesita disponer de herramientas, habilidades, pero también de actitudes, valores, conceptos elaborados entre otros, que permitan replantearse críticamente la función de la escuela en la sociedad actual y tomar decisiones profesionales fundamentadas y consientes selección y organización de la cultura y la ciencia de la humanidad. Resaltando los conceptos de educación primaria de la escuela rural, la creación de un huerto es aprovechable en la escuela y también en la casa, pues es una ayuda económica para la alimentación sana de la familia. Si se desarrolla en casa se presentan tres grandes ventajas:

- Es un medio de ingreso.
- Se aprovechan sus frutos.
- El dueño puede vender sus productos a pequeña escala.

Si se desarrolla en la escuela:

- Los frutos cosechados se pueden utilizar en el comedor escolar.
- Los niños se encargan de cuidar del huerto y cultivar los productos. Esto es motivante y estimula la creación de un huerto en casa.
- Si los productos sacados de la tierra no son utilizados en la escuela porque no existe el comedor escolar, se pueden vender en la comunidad, ganancias que permitirán mantener el huerto y comprar materiales para la escuela.

- Los niños aprenden un oficio, que les puede servir para el futuro y les permite contribuir en la lucha por minimizar la contaminación al elaborar el compost.

En el huerto se puede rescatar el cultivo de plantas medicinales que contribuyen a mantener el cuerpo saludable, como el romero, la sábila, la manzanilla, el descanse, la celedonia, la escoba babosa, la antamaría, la Santamaría de anís entre otras. Existen plantas y hierbas que se utilizan como condimentos, como: El cilantro, perejil, romero y orégano. Plantas ornamentales como: Rosas, anturios, orquídeas, helechos y muchas variedades de flores, como también plantas comestibles de fácil cuidado: Zapallos o auyama, pepinos, árboles o plantas frutales como: La guayaba, el borojo, la guanábana, guayaba agria, el arazá, la toronja, la chirimoya, el lulo entre otras (véase Figura 14).



**Figura 14. Procesos educativos agrícolas**

**IMPACTO 8. Aumento de presencia de grupos humanos con culturas ajenas al lugar (drogas, violencia, licor, delincuencia).** Circunstancia social que coadyuva a generar los problemas del lugar de orden público, prostitución, delincuencia, desorden social y en general de una problemática que no había sido habitual en este contexto geográfico.

**MEDIDA DE MITIGACIÓN: Reforzar programas de educación y fortalecimiento de los valores cívicos y morales de estas poblaciones.** Fortalecer los lazos de interrelación humana que permitan el ejercicio laboral en el ámbito de interculturalidad, que beneficie de manera equitativa tanto a los nativos como a los advenedizos en un ambiente de sana paz y de convivencia armónica para beneficio de todos.

**Tabla 9. Matriz de identificación de impactos y medidas de mitigación en el componente sociocultural en áreas disturbadas por minería a cielo abierto**

ÁREA	COMUNIDADES	IMPACTOS	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
Chocó Biogeográfico	Comunidades mineras impactadas por la minería	Destrucción del tejido social y familiar de las poblaciones	Recuperación del proyecto de vida personal y familiar, atención psicosocial.
		Perdida de la identidad cultural	Desarrollar programas con organizaciones e instituciones culturales que fomenten valores tradicionales, expresiones artísticas de manera permanente, involucrando a niños, jóvenes y adultos.
		Prostitución a temprana edad, drogas, pandillas	Restablecer y fortalecer las relaciones intrafamiliares que permitan rescatar, guiar y reorientar a estos infantes sobre la base del afecto
		Deserción escolar	Apoyar la reconstrucción de relaciones comunitarias dentro de una perspectiva de protección integral de los niños y niñas
		Problemas de salud,	Promover programas que mejoren las condiciones y calidad en la prestación del servicio de salud de nuestras comunidades.
		Ultraje social (trabajo a temprana edad)	Erradicar el maltrato y propiciar la recuperación de la confianza en niños y adultos
		Cambio en el devenir familiar generando letargo mental y falta de iniciativas en el proceso creativo	Implementación de la cultura del cultivo y otras actividades que se relacionan con la caza, la pesca y la recolección y proyectos productivos
		Aumento de presencia de grupos humanos con culturas ajenas al lugar (drogas, licor, violencia, delincuencia).	Reforzar programas de educación y fortalecimiento de los valores cívicos y morales de estas poblaciones
		Aumento de la Inseguridad social	Reforzar los programas de vigilancia judicial en la región.

Estas posibles soluciones de tipo propiamente cualitativo participativo tiene como uno de sus productos un dialogo de género, efectuado con el acompañamiento de carácter institucional, gubernativo e investigadores que se constituyan en facilitadores del proceso. Esta interrelación daría lugar al establecimiento de una propuesta holística para el mejoramiento de los proceso explotativos de los recursos mineros y para el mejoramiento de vida del habitante del Chocó Biogeográfico. Dialogo este que debe de ser efectuado con responsabilidad de todos los estamentos involucrados en la construcción de un proyecto razonable en la mitigación de los impactos generados por la explotación minera a cielo abierto. Así mismo se propone la participación y el compromiso como objetivo y método para conseguir el bienestar y autogestión de acuerdo a las necesidades y potenciales sociales y culturales del hombre de la región. Porque bueno es reconocer que el Chocó Biogeográfico padece también vulnerabilidad comunitaria, institucional, política, técnica y tecnológica, de necesidades básicas, de empleo, salud, educación y todas y cada una de las necesidades que se mencionaron con antelación.



### 3.11 COSTOS UNITARIOS DE RESTAURACIÓN POR ESCENARIO

La proyección de los costos de restauración que se presenta a continuación, se realizó como una aproximación a las inversiones requeridas para una hectárea de cada escenario propuesto, de acuerdo a las observaciones realizadas en campo y a las actividades planteadas dentro del protocolo.

En este sentido vale la pena mencionar que se incluyen los costos de actividades de recolección de semillas, análisis de viabilidad, montaje y monitoreo de vivero, ya que las especies propuestas además de ser nativas, no se comercializan actualmente y en algunos casos no se conoce su fenología reproductiva. Así mismo, fue necesario suponer algunos criterios como cantidad, dimensiones y distribución de corredores biológicos (10 corredores de 10mx50m) por hectárea, para lograr estimar el número de individuos y la cantidad de abono orgánico certificado requerido por la unidad de área, de ahí que estos datos deberán ser ajustados durante la implementación del protocolo de acuerdo a la distribución del potencial biótico y ambiental de cada sitio, debido a la variabilidad de los tiempos y grados de sucesión de las áreas disturbadas.

Se tuvieron en cuenta los costos de operación de maquinaria utilizados en la región para la adecuación de los suelos y el valor del salario mínimo legal vigente, para la determinación de los jornales en actividades de recolección y siembra de propágulos (ombrófilas y bromelias) en corredores y fajas. No obstante, se debe tener en cuenta que el costo del jornal utilizado en las zonas mineras de la región supera este valor de referencia, lo cual incrementaría el presupuesto durante la implementación del protocolo.

Los costos de reuniones de concertación, se incluyeron teniendo en cuenta que todo proceso de restauración ecológica en la región debe ir acompañado de acuerdo comunitarios que garanticen la viabilidad social del proceso. Los estudios previos a realizar constituyen un rubro importante dentro del presupuesto, ya que de ellos depende la toma de decisiones frente a la selección del escenario, la delimitación del área y la selección de especies, de ahí que su costo varíe de acuerdo al estado del área a recuperar y al requerimiento de profesionales para el levantamiento y análisis de la información.

Cabe mencionar que aunque solo se incluyen los costos de monitoreo del primer y segundo año, el seguimiento al proceso debe extenderse hasta por lo menos 10 años más, en los cuales debe seguirse realizando a partir de la capacidad instalada en la comunidad para ello.

## COSTOS UNITARIOS ESCENARIO 1

**Tabla 10. Presupuesto Global de Restauración Escenario 1**

ITEM	ETAPAS Y SUS ACTIVIDADES	UN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>CONCERTACIÓN, ESTUDIOS Y ACTIVIDADES PREVIAS</b>					
1	Reuniones de concertación	UND	2	\$ 1.000.000	\$ 2.000.000
2	Estudio geológico, hidrológico y caracterización ambiental, delimitación del área y selección de especies.	UND	1	\$ 4.000.000	\$ 64.000.000
3	Recolección de semillas, montaje y monitoreo de vivero	UND	1	\$ 7.357.500	\$ 8.757.500
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 74.757.500</b>
<b>ADECUACIÓN DEL SUELO Y CIERRE DE POZOS</b>					
4	Nivelación y explanado (Maquinaria buldócer)	HORA/MAQ	45	\$ 130.000	\$ 5.850.000
5	Compra de abono	BULTO	264	\$ 20.000	\$ 5.280.000
6	Delimitación y abono de suelo corredores	JORNALES	12	\$ 18.900	\$ 226.800
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 11.356.800</b>
<b>IMPLEMENTACIÓN</b>					
7	Siembra de especies	JORNALES	48	\$ 18.900	\$ 907.200
8	Seguimiento y monitoreo y asistencia técnica (Primer año)	GLOBAL	1	\$ 5.256.667	\$ 5.256.667
9	Seguimiento y monitoreo y asistencia técnica (Segundo año)	GLOBAL	1	\$ 4.403.333	\$ 4.403.333
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 10.567.200</b>
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 96.681.500</b>

Tabla 11: Costos de los estudios previos (Escenario 1)

<b>ESTUDIO GEOLÓGICO, HIDROLÓGICO Y CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL</b>					
ITEMS	PERSONAL	CANTIDAD	COSTO MES	MES	COSTO TOTAL
1	Geólogo	1	\$ 4.000.000	2	\$ 8.000.000
2	Ingeniero Ambiental	2	\$ 4.000.000	1	\$ 8.000.000
3	Biólogo - Zoólogo	2	\$ 4.000.000	1	\$ 8.000.000
4	Ecólogo	2	\$ 4.000.000	1	\$ 8.000.000
5	Ing. Forestal o Agroforestal	1	\$ 4.000.000	2	\$ 8.000.000
6	Trabajador Social	1	\$ 4.000.000	2	\$ 8.000.000
7	Biólogo Botánico	2	\$ 4.000.000	2	\$ 16.000.000
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 64.000.000</b>

Tabla 12. Costos de recolección de semillas y montaje de vivero (Escenario 1)

<b>RECOLECCIÓN DE SEMILLAS Y MONTAJE DE VIVERO</b>					
ITEMS		CANTIDAD	JORNAL	COSTO JORNAL	COSTO TOTAL
1	<b>MANO DE OBRA</b>	3	15	\$ 50.000	\$ 2.250.000
2	<b>MATERIALES E INSUMOS (3 eras 1x10)</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
3	Madera	TABLA	20	\$ 12.000	\$ 240.000
4	Polisombra	M2	30	\$ 8.000	\$ 240.000
5	Palos redondos de 5m	DOCENA	1	\$ 50.000	\$ 50.000
6	Bolsas de almacigo	UND	13200	\$ 50	\$ 660.000
7	Sustrato (orgánico)	BULTO	264	\$ 20.000	\$ 5.280.000
8	Regaderas	UND	3	\$ 10.000	\$ 30.000
9	Cuerda	ROLLO	1	\$ 7.000	\$ 7.000
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 6.507.000</b>
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 8.757.500</b>



**Tabla 13. Costos de seguimiento para el primer año (Escenario 1)**

<b>SEGUIMIENTO, MONITOREO Y ASISTENCIA (4 VISITAS ANUALES)</b>					
<b>ITEMS</b>	<b>TOMA DE DATOS (ESTRUCTURA, COMPOSICIÓN, DINÁMICA)</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
<b>PERSONAL</b>					
<b>1</b>	Biólogo	VISITA	4	\$ 266.667	\$ 1.066.667
<b>2</b>	Técnico comunitario	JORNALES	8	\$ 80.000	\$ 640.000
<b>3</b>	Materiales y equipos	GLOBAL	1	\$ 1.550.000	\$ 1.550.000
<b>4</b>	Transporte Interno (Depende de la ubicación de la zona)	GLOBAL	1	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 5.256.667</b>

**Tabla 14. Costos de materiales para el seguimiento del primer y segundo año (Escenario 1)**

<b>ITEMS</b>	<b>MATERIALES</b>
<b>1</b>	GPS \$ 800.000
<b>2</b>	Cámara \$ 300.000
<b>3</b>	Papelería y herramientas \$ 50.000
<b>4</b>	Termohigrometro \$ 400.000
<b>TOTAL \$ 1.550.000</b>	

## COSTOS UNITARIOS ESCENARIO 1

Tabla 15. Costos de seguimiento para el segundo año (Escenario 1)

<b>SEGUIMIENTO, MONITOREO Y ASISTENCIA (2 VISITAS ANUALES)</b>					
<b>ITEMS</b>	<b>TOMA DE DATOS (ESTRUCTURA, COMPOSICIÓN, DINÁMICA)</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
<b>PERSONAL</b>					
<b>1</b>	Biólogo	VISITA	2	\$ 266.667	\$ 533.333
<b>2</b>	Técnico comunitario	JORNALES	4	\$ 80.000	\$ 320.000
<b>3</b>	Materiales y equipos	GLOBAL	1	\$ 1.550.000	\$ 1.550.000
<b>4</b>	Transporte Interno (Depende de la ubicación de la zona)	GLOBAL	1	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 4.403.333</b>

Tabla 16. Presupuesto global de restauración escenario 2

ITEM	ETAPAS Y SUS ACTIVIDADES	UN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>CONCERTACIÓN, ESTUDIOS Y ACTIVIDADES PREVIAS</b>					
1	Reuniones de concertación	UND	2	\$ 1.000.000	\$ 2.000.000
2	Estudio geológico, hidrológico y caracterización ambiental, Delimitación del área y selección de especies	UND	1	\$ 72.000.000	\$ 72.000.000
3	Recolección de semillas, montaje de vivero y recolección e incorporación de agregados	UND	1	\$ 1.429.605	\$ 2.735.805
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 76.735.805</b>
<b>ADECUACIÓN DEL SUELO Y CIERRE DE POZOS</b>					
4	Nivelación y cierre de excavaciones (Maquinaria Buldócer)	HORA/MAQ	16	\$ 130.000	\$ 2.080.000
5	Compra de abono	BULTO	3	\$ 20.000	\$ 61.160
6	Delimitación y abono de suelo corredores	JORNALES	12	\$ 18.900	\$ 226.800
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 2.367.960</b>
<b>IMPLEMENTACIÓN</b>					
7	Siembra de especies	JORNALES	4	\$ 18.900	\$ 75.600
8	Seguimiento y monitoreo y asistencia técnica (Primer año)	GLOBAL	1	\$ 6.256.667	\$ 6.256.667
9	Seguimiento y monitoreo y asistencia técnica (Segundo año)	GLOBAL	1	\$ 4.403.333	\$ 4.403.333
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 10.735.600</b>
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 89.839.365</b>

Tabla 17. Costos de los estudios previos (Escenario 2)

ESTUDIO GEOLÓGICO, HIDROLÓGICO Y CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL					
ITEMS	PERSONAL	CANTIDAD	COSTO MES	MES	COSTO TOTAL
1	Geólogo	1	\$ 4.000.000	1	\$ 4.000.000
2	Ingeniero ambiental	1	\$ 4.000.000	1	\$ 4.000.000
3	Biólogo zoólogo	2	\$ 4.000.000	2	\$ 16.000.000
4	Ecólogo	2	\$ 4.000.000	2	\$ 16.000.000
5	Ing. Forestal o agroforestal	1	\$ 4.000.000	2	\$ 8.000.000
6	Trabajador social	1	\$ 4.000.000	2	\$ 8.000.000
7	Biólogo botánico	2	\$ 4.000.000	2	\$ 16.000.000
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 2.000.000</b>

Tabla 18. Costos de recolección de semillas, montaje de vivero y agregados (escenario 2)

RECOLECCIÓN DE SEMILLAS, MONTAJE DE VIVERO Y RECOLECCIÓN E INCORPORACIÓN DE AGREGADOS					
ITEMS		CANTIDAD	JORNAL	COSTO JORNAL	COSTO TOTAL
<b>MANDO DE OBRA</b>		3	14	\$ 50.000	\$ 2.100.000
<b>MATERIALES E INSUMOS (3 eras 1x10)</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	Madera	TABLA	20	\$ 12.000	\$ 240.000
2	Polisombra	M2	30	\$ 8.000	\$ 240.000
3	Palos redondos de 5m	DOCENA	1	\$ 50.000	\$ 50.000
4	Bolsas de almacigo	UND	153	\$ 50	\$ 7.645
5	Sustrato (orgánico)	BULTO	3	\$ 20.000	\$ 61.160
6	Regaderas	UND	3	\$ 10.000	\$ 30.000
7	Cuerda	ROLLO	1	\$ 7.000	\$ 7.000
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 2.735.805</b>

<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1.429.605</b>
--------------	---------------------

**Tabla 19. Costos de seguimiento primer año (escenario 2)  
SEGUIMIENTO, MONITOREO Y ASISTENCIA (4 VISITAS ANUALES)**

ITEMS	TOMA DE DATOS (ESTRUCTURA, COMPOSICIÓN, DINÁMICA)	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Personal				
2	Biólogo	VISITA	4	\$ 266.667	\$ 1.066.667
3	Técnico comunitario	JORNALES	8	\$ 80.000	\$ 640.000
4	Materiales y equipos	GLOBAL	1	\$ 1.550.000	\$ 1.550.000
5	Transporte Interno (depende de la ubicación de la zona)	GLOBAL	1	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 6.256.667</b>

**Tabla 20. Costos de Materiales para Seguimiento primer y segundo año (Escenario 2)**

ITEMS	MATERIALES		
1	GPS	\$	800.000
2	Cámara	\$	300.000
3	Papelería y herramientas	\$	50.000
4	Termohigrometro	\$	400.000
<b>TOTAL</b>		<b>\$</b>	<b>1.550.000</b>

**Tabla 21. Costos de seguimiento segundo año (Escenario 2)**

<b>SEGUIMIENTO, MONITOREO Y ASISTENCIA SEGUNDO AÑO(2 VISITAS ANUALES)</b>					
<b>ITEMS</b>	<b>TOMA DE DATOS (ESTRUCTURA, COMPOSICIÓN, DINÁMICA)</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
<b>1</b>	<b>PERSONAL</b>				
<b>2</b>	Biólogo	VISITA	2	\$ 266.667	\$ 533.333
<b>3</b>	Técnico comunitario	JORNALES	4	\$ 80.000	\$ 320.000
<b>4</b>	Materiales y equipos	GLOBAL	1	\$ 1.550.000	\$ 1.550.000
<b>5</b>	Transporte interno (depende de la ubicación de la zona)	GLOBAL	1	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 4.403.333</b>

## COSTOS UNITARIOS ESCENARIO 3

Tabla 22. Presupuesto Global de Restauración Escenario 3

ITEMS	ETAPAS Y SUS ACTIVIDADES	UN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>CONCERTACIÓN, ESTUDIOS Y ACTIVIDADES PREVIAS</b>					
1	Reuniones de concertación	UND	2	\$ 1.000.000	\$ 2.000.000
2	Estudio geológico, hidrológico y caracterización ambiental, delimitación del área y selección de especies	UND	1	\$ 4.000.000	\$ 64.000.000
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 66.000.000</b>
<b>ADECUACIÓN DE SUELO</b>					
3	Compra de abono	BULTO	1	\$ 20.000	\$ 20.000
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 20.000</b>
<b>IMPLEMENTACIÓN</b>					
4	Delimitación y abono de fajas	JORNALES	2	\$ 18.900	\$ 37.800
5	Recolección y siembra de plántulas de especies ombrófilas y bromelias	JORNALES	4	\$ 18.900	\$ 1.520.600
6	Seguimiento y monitoreo y asistencia técnica (Primer año)	GLOBAL	1	\$ 4.403.333	\$ 4.403.333
7	Seguimiento y monitoreo y asistencia técnica (Segundo año)	GLOBAL	1	\$ 4.403.333	\$ 4.403.333
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 10.364.467</b>
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 76.384.467</b>

**Tabla 23. Costos de estudios previos Escenario 3**

<b>ESTUDIO GEOLÓGICO, HIDROLÓGICO Y CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL</b>					
<b>ITEMS</b>	<b>PERSONAL</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO MES</b>	<b>No DE MESES</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
<b>1</b>	Ingeniero ambiental	1	\$ 4.000.000	1	\$ 4.000.000
<b>2</b>	Biólogo zoólogo	2	\$ 4.000.000	2	\$ 16.000.000
<b>3</b>	Ecólogo	2	\$ 4.000.000	2	\$ 16.000.000
<b>4</b>	Ing. Forestal o agroforestal	1	\$ 4.000.000	1	\$ 4.000.000
<b>5</b>	Trabajador social	1	\$ 4.000.000	2	\$ 8.000.000
<b>6</b>	Biólogo botánico	2	\$ 4.000.000	2	\$ 16.000.000
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 64.000.000</b>

**Tabla 24. Costos de recolección de propágulos de ombrófilas y bromelias (Escenario 3)**

<b>RECOLECCIÓN DE PLANTULAS DE ESPECIES OMBRÓFILAS Y BROMELIAS</b>					
<b>ITEMS</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL</b>	<b>COSTO JORNAL</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
<b>1</b>	<b>MANDO DE OBRA</b>	3	10	\$ 50.000	\$ 1.500.000
	<b>MATERIALES E INSUMOS (3 eras 1x10)</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
<b>2</b>	Sustrato (orgánico)	BULTO	1	\$ 20.000	\$ 20.000
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 20.000</b>
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 1.520.600</b>



**Tabla 25. Costos de seguimiento primer año (Escenario 3)**

<b>SEGUIMIENTO, MONITOREO Y ASISTENCIA (2 VISITAS ANUALES)</b>					
<b>ITEMS</b>	<b>TOMA DE DATOS (ESTRUCTURA, COMPOSICIÓN, DINÁMICA)</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
<b>1</b>	<b>Personal</b>				
<b>2</b>	Biólogo	VISITA	2	\$ 266.667	\$ 533.333
<b>3</b>	Técnico comunitario	JORNALES	4	\$ 80.000	\$ 320.000
<b>4</b>	Materiales y equipos	GLOBAL	1	\$ 1.550.000	\$ 1.550.000
<b>5</b>	Transporte Interno (depende de la ubicación de la zona)	GLOBAL	1	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 4.403.333</b>

**Tabla 26. Costos de materiales para el seguimiento primer y segundo año (Escenario 3)**

<b>ITEMS</b>	<b>MATERIALES</b>
<b>1</b>	GPS \$ 800.000
<b>2</b>	Cámara \$ 300.000
<b>3</b>	Papelería y herramientas \$ 50.000
<b>4</b>	Termohigrómetro \$ 400.000
<b>TOTAL \$ 1.550.000</b>	

**Tabla 27. Costos de seguimiento segundo año (Escenario 3)**

<b>SEGUIMIENTO, MONITOREO Y ASISTENCIA (2 VISITAS ANUALES)</b>					
<b>ITEMS</b>	<b>TOMA DE DATOS (ESTRUCTURA, COMPOSICIÓN, DINÁMICA)</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
<b>PERSONAL</b>					
<b>1</b>	Biólogo	VISITA	2	\$ 266.667	\$ 533.333
<b>2</b>	Técnico comunitario	JORNALES	4	\$ 80.000	\$ 320.000
<b>3</b>	Materiales y equipos	GLOBAL	1	\$ 1.550.000	\$ 1.550.000
<b>4</b>	Transporte interno (depende de la ubicación de la zona)	GLOBAL	1	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 4.403.333</b>

## 9.12 SELECCIÓN, DISEÑO Y ESTABLECIMIENTO DE LA PARCELA PILOTO PARA EJECUTAR EL PROTOCOLO DE MONITOREO PROPUESTOS

**Selección:** El área de la parcela piloto fue seleccionada utilizando información social levantada en campo, esta información correspondió al testimonio de habitantes que revelaron el tiempo exacto de la intervención y la edad de recuperación del área; además de la explicación del tipo de minería, y la intensidad, esto permitió seleccionar con certeza esta parcela. Se realizaron recorridos sistemáticos con los habitantes conocedores (empleados de la compañía Chocó Pacifico), de las áreas donde se desarrolló la actividad minera, luego según el grado de avance del proceso de restauración pasiva, la fisionomía del paisaje, la variación microambiental, la distancia a bosques remanentes, la seguridad del no uso futuro del área y la disponibilidad de los consejos comunitarios al apoyo del proyecto, se ubicó la parcela permanente para monitoreo de la dinámica sucesional del bosque disturbado en la vereda Jigualito corregimiento de Opogodó, municipio de Condoto - Chocó (N 05º 02' 45" y W 76º 42' 20.8).

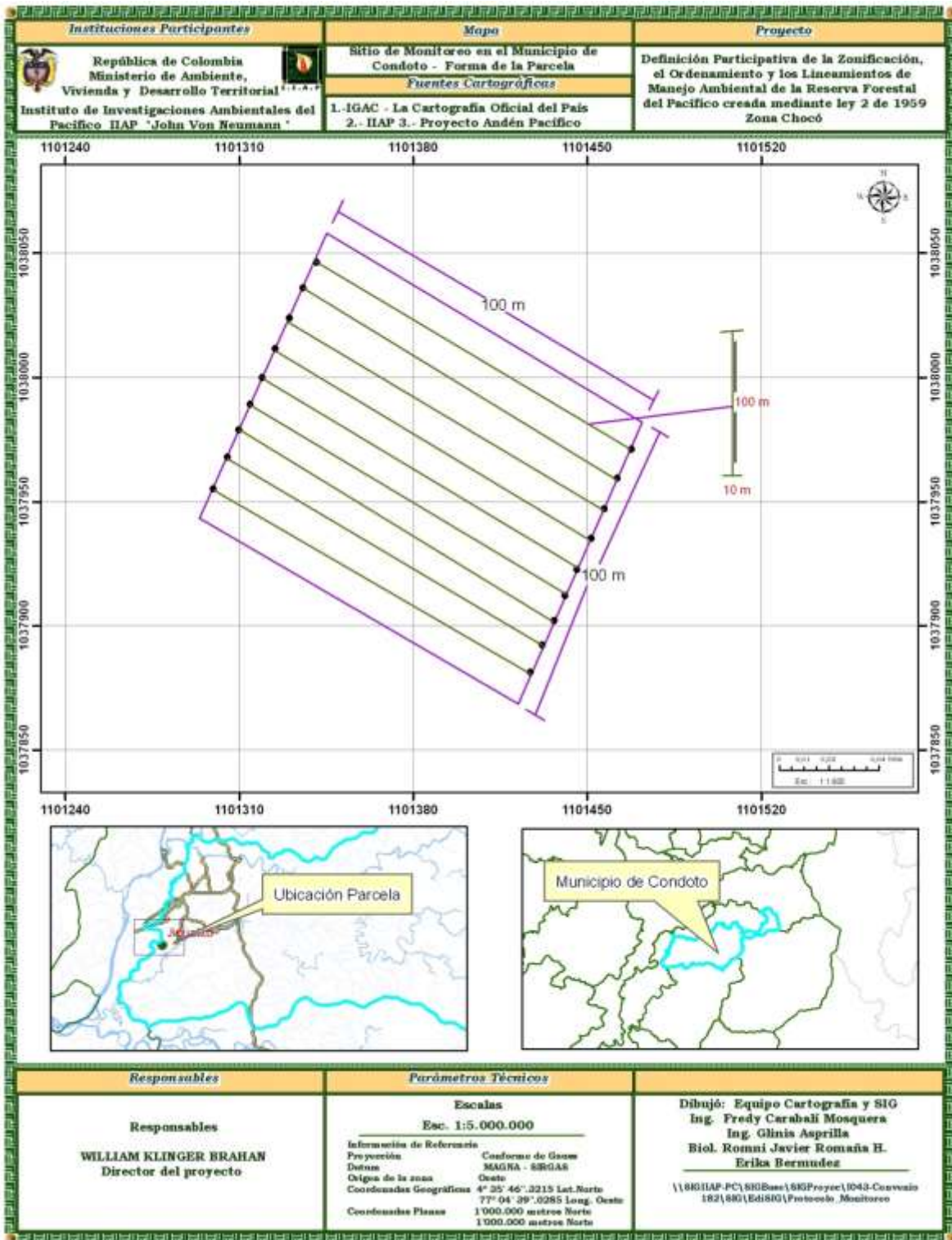


Figura 15. Localización de la parcela

**Diseño de la parcela:** El área experimental tiene una extensión total de 1ha, fue establecida en suelos con más de 30 años de recuperación pasiva y con certeza de no haber realizado ningún tipo de actividad antrópica subsiguiente. Respecto a la forma, se instalaron parcelas cuadradas de 100 x 100 m (1 ha), para superficies mayores a 20000 ha y se recomiendan usar parcelas de 50 x 50 m (0.25 ha), para superficies menores; al interior de las parcelas se dividieron en 10 transectos de 10x100m.

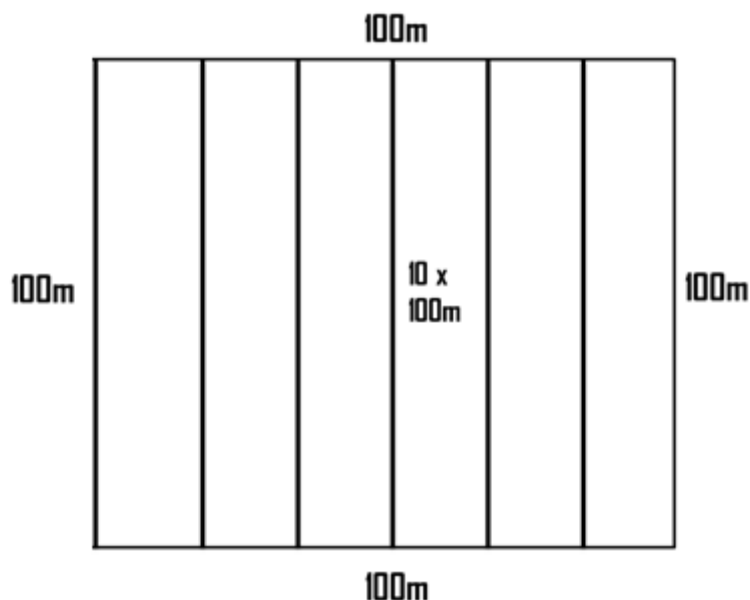


Figura 16. Diseño de la parcela piloto

**Caracterización:** Se desarrolló en los ambientes de terrazas y colinas bajas del Chocó Biogeográfico, teniendo en cuenta las características paisajísticas y los altos índices de diversidad que soportan los ecosistemas presentes en estas franjas, se hizo una descripción detallada del área degradada, se destacaron aspectos como: El tiempo y la magnitud del disturbio, aspectos sobre los suelos, las fuentes hídricas, la vegetación, la fauna y aspectos socioculturales. Para la información biofísica previa al disturbio, se utilizó información de áreas circundantes y ecosistemas de referencias. La información de los componentes agua y suelo se debe incluir en el análisis teniendo en cuenta solo los aspectos físicos y químicos. La vegetación es vital para el análisis de la dinámica de la restauración, se tuvo en cuenta la vegetación dominante del área, así como datos de composición, estructura, las plantas leñosas dominantes del área. La fauna es otro elemento fundamental, ya que de la rehabilitación del área y la llegada de ésta dependerá el flujo de especies propias del bosque. El análisis de estos elementos combinados permitió

proponer las estrategias y tratamientos para el protocolo de restauración, a continuación se incluyen los listados de especies productos de la caracterización (Tabla 7 y 8):

Tabla 28. Composición florística de la parcela piloto (Jigualito)

Familia	Especie	Familia	Especie
<b>Araceae</b>	<i>Anthurium aureum</i>	<b>Melastomataceae</b>	<i>Adelobotris adscendens</i>
	<i>Anthurium bakeri</i>		<i>Blakea subconata</i>
	<i>Anthurium formosum</i>		<i>Conostegia macrantha</i>
	<i>Philodendron fragrantissimum</i>		<i>Clidemia sericea</i>
	<i>Philodendron tripartitum</i>		<i>Conostegia lasiopoda</i>
	<i>Stenospermatium angustifolium</i>		<i>Leandra dichotomica</i>
	<i>Xanthosoma sagittifolium</i>		<i>Miconia sp</i>
<b>Arecaceae</b>	<i>Euterpe oleacea</i>	<b>Moraceae</b>	<i>Brosimum utile</i>
	<i>Iriarteia deltoidea</i>		<i>Castilla elástica</i>
	<i>Denocarpus minor</i>	<b>Myrsinaceae</b>	<i>Myrsina sp</i>
	<i>Pholidostachys pulchra</i>		<b>Ochnaceae</b>
<b>Araliaceae</b>	<i>Sheflera sp</i>	<b>Orchidaceae</b>	<i>Epidendrum sp</i>
<b>Bromeliaceae</b>	<i>Guzmania ligualata</i>		<i>sarcorrhachis sp</i>
	<i>Guzmania musaica</i>		<i>scaphyglottis choacoana</i>
	<i>Werauhia grandiflora</i>		<i>sobralia sp</i>
<b>Cecropiaceae</b>	<i>Cecropia virgusa</i>	<b>Piperaceae</b>	<i>Piper brachypodon</i>
<b>Ciclanthaceae</b>	<i>Ciclnathus sp</i>		<i>Piper condotoense</i>
	<i>Carludovica palmata</i>		<i>Piper auritum</i>
<b>Cyperaceae</b>	<i>Cyperus luzulae</i>	<b>Poaceae</b>	<i>Piper sp</i>
	<i>kyllinga brevifolia</i>		<i>Andropogon bicornis</i>
<b>Costaceae</b>	<i>Costus scaber</i>		<i>Eragrostis cilianensis</i>
<b>Clusiaceae</b>	<i>Clusia</i>		<i>Andropogon bicornis</i>
	<i>Vismia macrophylla</i>		<i>Axonopus compresus</i>
<b>Gentianaceae</b>	<i>Chelonanthus alatus</i>		<i>Eragrostis cilianensis</i>
<b>Flacourtiaceae</b>	<i>Lidackeria sp</i>		<i>Homolepis aturensis</i>
<b>Gesneriaceae</b>	<i>Cocodnanthe crassifolia</i>	<i>Paspalum conjugatum</i>	
	<i>Columnea picta</i>	<b>Rubiaceae</b>	<i>Faramea sp</i>
	<i>Columnea parviflora</i>		<i>Isertia laevis</i>
	<i>Columnea purpumarginata</i>		<i>Psychotria cooperi</i>
	<i>Drimonia serrulata</i>		
<i>Glossoloma panamensi</i>			
<b>Loranthaceae</b>	<i>Stristhanthus leptostachyus</i>		
<b>Maranthaceae</b>	<i>Calathea sp</i>		

Tabla 29. Invertebrados y vertebrados de la localidad de Jigualito

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	
<b>VERTEBRADOS</b>			
<b>HERPETOS</b>			
<b>Anuros</b>	Bufonidae	<i>Rinella marina</i>	
	Hylidae	<i>Dendrosophus phlebodes</i>	
		<i>Scinas elaeucrous</i>	
		<i>Scinas sugilatus</i>	
		<i>Smilisca phaeota</i>	
	Eleutoractylidae	<i>Diaspurus tinker</i>	
Ranidae	<i>Lithobates vailanti</i>		
<b>Lacertilia</b>	Teideae	<i>Ameiba ameiba</i>	
	Iguanidae	<i>Anolis maculiventris</i>	
		<i>Anolis granuliceps</i>	
		<i>Anolis lyra</i>	
<b>ORNITOFAUNA</b>			
<b>Passeriformes</b>	Thraupidae	<i>Mitrospingus cassinii</i>	
		<i>Ramphocelus dimidiatus</i>	
		<i>Thraupis episcopus</i>	
		<i>Saltator maximus</i>	
	Tityridae	<i>Laniusela rufescens</i>	
		<i>Tyrannus melancholicus</i>	
		<i>Tyrannulus elatus</i>	
		<i>Colonias colonus</i>	
	Icteridae	<i>Molothrus oryzivora</i>	
		<i>Quiscalus mexicanus</i>	
		<i>Icterus mesomelas</i>	
	<b>Cuculiformes</b>	Cuculidae	<i>Crotophaga major</i>
	<b>MASTOFAUNA</b>		
<b>Rodentia</b>	Cuniculidae	<i>Cuniculus paca</i>	
	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta punctata</i>	
	Echimyidae	<i>Proechimys semispinosus</i>	
		<i>Hoplomys gymnurus</i>	
	Sciuridae	<i>Sciurus granatensis</i>	
<b>Cingulata</b>	Dasypodidae	<i>Dasyus novemcinctus</i>	



ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	
<b>Pilosa</b>	Bradypodidae	<i>Bradypus variegatus</i>	
	Megalonychidae	<i>Coloepus hoffmany</i>	
	Myrmecophagidae	<i>Tamandua mexicana</i>	
<b>Artiodactyla</b>	Tayassuidae	<i>Tayassu. Tajacu</i>	
	Cervidae	<i>Mazama americana</i>	
<b>Carnivora</b>	Felidae	<i>Leopardus wiedii</i>	
	Canidae	<i>Lontra longicaudis</i>	
	Procionidae	<i>Potos flavus</i>	
<b>Didelphimorphia</b>	Didelphidae	<i>Didelphis marsupialis</i>	
		<i>Philander oposum</i>	
		<i>Marmosops sp.</i>	
	Caluromidae	<i>Caluromys derbianus</i>	
INVERTEBRADOS			
CLASE	ORDEN	FAMILIA	MO
<b>Insecta</b>	Hymenoptera	Formicidae	Morfo 1
			Morfo 3
			Morfo 4
	Hemíptero	Reduviidae	Morfo 2
			Morfo 2
	Ortóptero	Acrididae	Morfo 1
			Morfo 1
	Homóptero	Cercospidae	Morfo 1
			Morfo 2
	Lepidóptera	Nymphalidae	Morfo 2
			Morfo 1
	Blattodea	Araneae	Morfo 1
			Morfo 2
Araneae	Salticidae	Morfo 2	
		Morfo 1	
Opilioneae	Aracneidae	Morfo 1	
		Morfo 2	
			Morfo 3

**Monitoreo y frecuencias:** Las primeros 4 mediciones se harán efectivos durante el primer año de la instalación de la parcela, en este se compararan los datos de la caracterización inicial frente a los cambios en la dinámica general de la parcela. El siguiente monitoreo se realizará a mediados del primer semestre del segundo año buscando la coincidencia con la temporada seca; luego se hará iniciando la temporada de lluvia (segundo semestre). Esta segunda medición será la base para los análisis de estructura, composición y dinámica. Al mismo tiempo se evaluará la aparición de elementos nuevos de fauna y flora. Además se efectuaran posibles correcciones de la primera medición, por lo tanto, todas las mediciones siguientes deberán ejecutarse en lo posible, tratando de cubrir dos épocas distintas del año. Las mediciones sucesivas se harán cada 2 años y después de la segunda durante un período mínimo de 10 años, a partir del año en que se instaló la parcela.

## LITERATURA CITADA

Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos (ANEFA) y Gobierno de la Rioja. 2010. Manual de Restauración de Minas a Cielo Abierto. Gobierno de la Rioja. España. 64p.

Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (DAMA), 2004. Contratista: Jarro, Edna. Guía Técnica para la restauración de Rondas y Nacederos del Distrito Capital. Bogotá D.C. editor: Montoya, Sandra. 91p. ISBN 958-9387-52-7. Disponible en: Centro de Documentación del departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente DAMA, Carrera 6 N° 14-98, Bogotá. Pp 44

Escribano B. M. M y C. Mataix G. 2007. La Minería y el Medio Ambiente "El recorrido por los minerales". Comunidad de Madrid. Consejería de Economía e Innovación Tecnológica Dirección General de Industria, Energía y Mina. Domènech e-learning multimedia, S.A. Primera Edición.

Hernández-Valencia, I., Pérez, M y M. Lisena. 2011. Calidad del suelo en áreas rehabilitadas de una mina de bauxita. In: La restauración ecológica en Venezuela: fundamentos y experiencias. Herrera, F. & I. Herrera (eds.). pp. 165-175. Ediciones IVIC. Caracas, Venezuela.

Holl, K. D.; Loik, M. E.; Lin, E. H. V. y Samuels, I. A. 2000. Tropical Montane Forest Restoration in Costa Rica: Overcoming Barriers to Dispersal and Establishment. *Restoration Ecology*, 8(4): 339-349.

Krauze, K., M. Zawilski y I. Wagner. 2008. Aquatic habitat rehabilitation: Goals, onstraints and techniques. En: Wagner, I., J. Marsalek y P. Breil (Eds.). *Aquatic habitats in sustainable urban ater management: Science, Policy and Practice*. Unesco Publishing. Taylor & Francis Group. Londrés - París.

Martínez C. y B. Fernández. 2001. Papel de la Hidrosiembra en la Revegetación de Escombreras Mineras. *Informes de la Constmcción*, Vol. 53, no 476, noviembre-diciembre 2001

Palacios P. M. 2009. Metodologías de Restauración de Ecosistemas Degradados por Actividades Bélicas y por la Explotación Ilegal del Oro dentro del Ámbito de la Cordillera del Cóndor. Fundación Conservación Internacional Av. 2 de Mayo 741, Miraflores, Lima, Perú Teléfono: 610-0300 [ciperu@conservation.org](mailto:ciperu@conservation.org) [www.conservation.org.pe](http://www.conservation.org.pe).

Rangel-Ch, J.O. La Vegetación del Chocó Biogeográfico de Colombia. En: Colombia - Diversidad Biótica IV. El Chocó biogeográfico / Costa Pacífica. Rangel-Ch, J.O. (Editor) Instituto de Ciencias Naturales. Bogotá: 2004

Surface Mining and Reclamation Act (SMARA) Regulations of the California State Mining and Geology § 3704.1 Performance Standards for Backfilling Excavations and Recontouring Lands Disturbed by Open Pit Surface Mining Operations for Metallic Minerals <http://www.conservation.ca.gov/omr/smara/Documents/010107Note26.pdf>. En: Environmental Law Alliance Worldwide. 2010. Guía Para Evaluar EIAs de Proyectos Mineros. Alianza Mundial de Derecho Ambiental (ELAW), Eugene OR 97403. 1877 Garden Avenue. Eugene, OR 97403 U.S.A. 132p.

Universidad de Castilla – La Mancha. UCLM. 2012. Minería y Medio Ambiente: Restauración y Remediación del Terreno. En línea: <http://www.uclm.es/users/higueras/mam/MMAM8.htm>. Consultado: 15 de Junio 2012. Castilla. España.

Vargas O., Reyes S., Gómez P. y J. Díaz T. 2010. Guías Técnicas para Restauración Ecológica de Ecosistemas. Convenio de Asociación No. 22 entre Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) y Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ACCEFYN). Universidad Nacional de Colombia.