

LINEAMIENTOS DE MANEJO ECOSISTÉMICO POST APROVECHAMIENTO MINERO EN AMBIENTES NATURALES DEL CHOCÓ, COLOMBIA



PROTOCOLO

Giovanny Ramírez Moreno
William Klinger Brahan
Hamleth Valois-Cuesta
Editores

2016



Biochocó

Desarrollo de Herramientas de Gestión para el Posicionamiento de la Biodiversidad como Fuente de **Bienestar Social y Ambiental** en el Chocó, Occidente Colombiano.



LINEAMIENTOS DE MANEJO ECOSISTÉMICO POST APROVECHAMIENTO MINERO EN AMBIENTES NATURALES DEL CHOCÓ, COLOMBIA PROTOCOLO

Giovanny Ramírez Moreno
William Klinger Brahan
Hamleth Valois Cuesta
Editores



Instituto de Investigaciones
Ambientales del Pacífico



Universidad Tecnológica del Chocó
Diego Luis Córdoba

2016

CONTENIDO

	PRESENTACIÓN DEL DOCUMENTO	5
1.	SÍNTESIS	6
2.	RECOMENDACIONES GENERALES PARA PROMOVER LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE ÁREAS POST-APROVECHAMIENTO MINERO	14
	PRESENTACIÓN	14
2.1.	OBJETIVOS	14
2.2.	ACTIVIDADES PRELIMINARES	15
2.2.1.	CONCERTACIÓN COMUNITARIA	15
2.2.2.	DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL ÁREA	15
2.2.3.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	18
2.3.	LINEAMIENTOS Y RECOMENDACIONES PARA LA RESTAURACIÓN	19
2.3.1.	RECOMENDACIONES PRE APROVECHAMIENTO MINERO	19
	Prevención de los impactos de la minería en el recurso hídrico.	19
	Planificación del aprovechamiento minero para garantizar la eficiencia de la restauración de la vegetación	20
2.3.2.	RECOMENDACIONES DURANTE EL APROVECHAMIENTO	21
	Control ambiental para minimizar los impactos de la minería en el funcionamiento físico y biológico de los ecosistemas hídricos	21
	Criterios de operación minera para favorecer el proceso de restauración de la vegetación	21
2.3.3.	RECOMENDACIONES POST APROVECHAMIENTO	22
	Contribuciones a la restauración de ecosistemas hídricos impactados por minería	22
	Elementos básicos para promover la incorporación de la arthropofauna edáfica	23
	Promoción de la restauración de la estructura vegetal y el restablecimiento de su funcionalidad ecosistémica	23
	Mejoramiento de las condiciones ambientales para favorecimiento de la llegada de la herpetofauna	28
	Acondicionamiento o recuperación ambiental de los cuerpos de aguas en áreas de recuperación temprana	28
	Favorecimiento de la conectividad entre las poblaciones de herpetos en áreas de sucesión tardía.	29
	Recomendaciones para potenciar la restauración del ambiente a partir de la presencia de aves	29
2.4.	SEGUIMIENTO Y MONITOREO	32

LISTA DE FIGURAS

Imagen 1 :	Efectos de la actividad minera	5
Imagen 2 :	Efectos de la actividad minera	7
Imagen 3 :	<i>Eleocharis filiculmis</i> Kunth <i>Cyperaceae</i> característica de las minas	8
Imagen 4 :	<i>Crecimiento de Acacia mangium</i> en minas	9
Imagen 5 :	<i>Cespedesia spathulatha</i>	11
Imagen 6 :	<i>Oophaga histrionica</i>	12
Imagen 7 :	<i>Tangara larvata</i>	13
Imagen 8 :	Efectos de la actividad minera	17
Imagen 9 :	<i>Clidemia sericia</i>	18
Imagen 10 :	Panorámica de canales dejados entre la matriz del bosque y el área disturbada	22
Imagen 11 :	Plantación experimental de <i>Cespedecia spathulata</i>	25
Imagen 12 :	<i>Piptocoma discolor</i>	27
Imagen 13 :	<i>Vismia macrophylla</i>	30

CRÉDITOS

Gobernación del Chocó

Efren Palacios Serna
Ex Gobernador del Chocó (2013 - 2015)

Jhoany Carlos Palacios
Gobernador del Chocó (2016 - 2019)

Representantes de las instituciones del convenio 002 IIAP - UTCH

William Klinger Brahan
Director General IIAP

Eduardo García Vega
Rector UTCH

Equipo coordinador Convenio IIAP - UTCH

Giovanny Ramírez Moreno
Subdirector de investigaciones IIAP
Director del grupo de investigación en C.M.C.E del Chocó Biogeográfico
Coordinador del convenio 002 IIAP - UTCH

Hamleth Valois Cuesta
Docente Investigador UTCH
Director del grupo de investigación E.C.E.T
Coordinador componente ecológico convenio 002

Alex Mauricio Jiménez Ortega
Director centro de investigaciones en biodiversidad y hábitat - UTCH
Coordinador general del proyecto Biochocó

Lady Vargas Porras
Investigadora Principal componente ambiental IIAP
Responsable calidad fisicoquímica y biológica de agua 002 IIAP - UTCH

Zulmary Valoyes Cardozo
Investigadora Principal componente ecosistémico IIAP
Responsable biota 002 IIAP - UTCH

Equipo de investigadores
Biol. Giovanny Ramírez Moreno
Biol. Hamleth Valois Cuesta
Biol. Zulmary Valoyes Cardozo
Ing. Amb. Lady Vargas Porras
Biol. Luis Eladio Rentería Moreno
Ing. Amb. Zoraida Quesada Martínez
Biol. Nelsy Sofía Bonilla Urrutia
Biol. Eric Yair Cuesta Ríos
Ing. Amb. Yirlesa Murillo Hinestroza

Consejo comunitario mayor de Condoto - Río Íro

Consejo de Jigualito
Consejo comunitario de Raspadura
Grupo de Investigación en conocimiento, manejo y conservación de ecosistemas del Chocó Biogeográfico
Grupo de investigación en ecología y conservación de ecosistemas tropicales

Diagramación:
Oficina de comunicaciones IIAP

Giovanny Ramírez Moreno
William Klinger Brahan
Hamlet Valois Cuesta
Editores

Esta obra debe ser citada de la siguiente manera:
Ramírez, G. Klinger, W. & H. Valois (eds). 2004. Lineamientos de manejo ecosistémico post - aprovechamiento minero en ambientes naturales del Chocó. Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico – Universidad Tecnológica del Chocó. Págs xxx. Editorial Universidad Tecnológica del Chocó. Quibdó – Chocó.

ISBN:
Editorial :
Quibdó - Chocó 2016
33 páginas

Biochocó

Desarrollo de Herramientas de Gestión para el Posicionamiento de la Biodiversidad como Fuente de **Bienestar Social y Ambiental** en el Chocó, Occidente Colombiano.



Qué es BIOCHOCÓ “Desarrollo de herramientas de gestión para el posicionamiento de la biodiversidad como fuente de bienestar social y ambiental en el Chocó, occidente colombiano”.

El Chocó no sólo es un territorio altamente diverso, cuyos ecosistemas juegan un papel fundamental en la regulación de las condiciones climáticas a nivel nacional y que presenta una altísima e inexplorada oferta de bienes y servicios ambientales en los que sus pobladores han centrado la esperanza de un mejor futuro, sino que es también una de las zonas más amenazadas de los territorios de Colombia, tal vez en el que sus poblaciones sufren adversidades extremas en sus condiciones de vida. La conjunción de estos elementos, hace necesario el desarrollo de un programa regional integral que permita el manejo de su biodiversidad, con una participación comunitaria, que logre reorientar la realidad actual y futura de sus habitantes y salvaguardar la biodiversidad que allí existe.

Es en este sentido que la Gobernación del Chocó, con recursos del Sistema General de Regalías, unió esfuerzos con la Universidad Tecnológica del Chocó, el Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP), la Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó (CODECHOCÓ), el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), y las organizaciones étnico -

-territoriales representadas en Consejos Comunitarios y Resguardos Indígenas del Chocó, para conjuntamente desarrollar e implementar un plan regional para la gestión y monitoreo de la biodiversidad del Chocó, denominado BIOCHOCÓ, en el cual se articulan los siguientes insumos que permitirán sentar las bases del proceso de posicionamiento de la biodiversidad como eje estructural del desarrollo que se requiere en el Chocó:

- ◆ Un Sistema de información ambiental y biológico territorial para el departamento del Chocó.
- ◆ Metodología para el diseño e implementación de planes contextualizados de bienestar social y ambiental aplicables en comunidades rurales del departamento del Chocó.
- ◆ El Plan regional de la biodiversidad del departamento del Chocó, elaborado y articulado interinstitucionalmente.
- ◆ Finalmente, un protocolo contextualizado de restauración ecológica en áreas degradadas por minería en el Chocó, que es el que se presenta a continuación.



Imagen 1: Efectos de la actividad minera

PRESENTACIÓN DEL DOCUMENTO

el Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico y la Universidad Tecnológica del Chocó, en el marco del proyecto Desarrollo de Herramientas de Gestión para el Posicionamiento de la Biodiversidad como Fuente de Bienestar Social y Ambiental en el Chocó, Occidente Colombiano, pone a disposición un documento inicial del desarrollo de la herramienta contextualizada de recuperación ecosistémica en áreas degradadas por minería en el departamento del Chocó, donde se presenta estrategias de manejo pre, durante y post aprovechamiento del suelo para este fin, los cuales están descritos por componentes tanto abióticos (fuentes hídricas y suelo) como bióticos (flora y fauna).

El presente manuscrito es una herramienta ilustrada de conocimiento, dirigida a las corporaciones y entidades ambientales, a las instituciones educativas, a las organizaciones de mineros, a las comunidades y en general al personal interesado en emprender esfuerzos por mitigar el daño ambiental causado por la actividad minera en el departamento del Chocó.

1. SÍNTESIS

Se hace indispensable impulsar el conocimiento de los factores y procesos que permiten a los ecosistemas expuestos a la actividad minera, recuperar sus funciones ecológicas básicas, aportando con ello, al manejo direccionado de las actividades de restablecimiento, rehabilitación o restauración de los ecosistemas afectados.

Ecosistemas acuáticos

Desde el punto de vista de los ecosistemas acuáticos, la evaluación del efecto de la actividad minera sobre las condiciones fisicoquímicas y la productividad primaria de ecosistemas permitió concluir que los niveles más altos de contaminación coinciden con los sitios de minería actual y que hay mayor productividad primaria en los ambientes sin presencia de la actividad o con mayor tiempo de auto-recuperación. Dichos puntos con disturbio actual se caracterizaron por una elevada concentración de material en suspensión y en contraste los escenarios sin minería o con más de 30 años de cese de la actividad, se alejaron de esta tendencia mostrando una dominancia en la concentración de clorofila, situación que podría indicar que la temporalidad favorece la recuperación de los ecosistemas hídricos que han sido afectados con minería.

Sin embargo, pese a que se presentaron concentraciones similares de parámetros fisicoquímicos entre los escenarios, lo que inicialmente podría significar un restablecimiento de las condiciones ambientales en el sistema, se encontró una diferencia muy notable en los

niveles de clorofila entre los sitios sin minería (entre 0 - 6.7 μ g/L) y aquellos que llevan más de 10 y 30 años sin ser reintervenidos (entre 2 - 39 μ g/L), lo que permitió inferir que aún con el paso del tiempo, este tipo de ambientes no logran estabilizar sus procesos ecológicos funcionales, puesto que dichas concentraciones podrían ser indicativas de un aumento en la densidad de algas en escenarios con 30 años de inactividad minera, alejándose de lo encontrado en ecosistemas en estado natural.

En concreto, los resultados permitieron deducir que probablemente después de este lapso de tiempo el proceso de recuperación no está culminado o que posiblemente dicho proceso no alcanzará su estado inicial. Asimismo, se pudo determinar que el ecosistema hídrico prístino, presentó un estado oligotrófico donde predominó una baja concentración de nutrientes y una buena calidad fisicoquímica del agua, mientras que los sistemas intervenidos con minería mostraron condiciones desde mesotróficas hasta eutróficas con relación a la temporalidad de abandono, siendo los escenarios más recientes, los correspondientes a mesotrofia y el escenario con más de 30 años a eutrofia, situación que podría advertir que es probable que se requiere de un mayor tiempo de recuperación pasiva para que el ecosistema logre acercarse más al estado sin intervención.

Una posible explicación puede estar dada en el hecho de que en los sistemas naturales se alcanza un equilibrio trófico en el cual la entrada de nutrientes desde la cuenca de drenaje es relativamente constante dependiendo de la interacción de factores como oscilaciones climáticas y la interrelación con la cobertura vegetal. Sin embargo, dichos factores en los escenarios con intervención minera van cambiando paulatinamente a una rapidez diferente a la de los ecosistemas acuáticos sin



Imagen 2: Efectos de la actividad minera

intervenir, lo que puede ser determinante en el comportamiento de su estado trófico o productivo.

Un análisis entre estaciones que conservan el trayecto original del cauce de la fuente hídrica y aquellas ubicadas en tramos de desviación del recorrido fluvial ocasionado por la minería, mostró iguales resultados tanto en la distribución de las variables, como en la correlaciones entre las mismas, evidenciando que el tipo de estación no presenta una relación condicionante para el estado de las variables fisicoquímicas, ni de la productividad de los sistemas y que la temporalidad presentan la mayor influencia en los cambios de las condiciones de las fuentes hídricas.

En general, la exploración de perfiles espacio temporales de distintos escenarios disturbados mostró que a pesar de que las variables fisicoquímicas del agua se van restableciendo a medida que el tiempo de cese de la actividad aumenta, los niveles de productividad aún después de 30 años pueden tener comportamientos distintos a su estado inicial, lo que sugiere que luego de la actividad minera es posible que las fuentes afectadas se configuren como nuevos ecosistemas hídricos con dinámicas físicas y biológicas distintas que requerirán de períodos de tiempo más largos para acercarse a su estado inicial.



Imagen 3: *Eleocharis filiculmis* Kunth
Cyperaceae característica de las minas

Ecosistemas terrestres

Al analizar los efectos de la minería en ecosistemas terrestres, se encontró las zonas afectadas por minería tienden a revegetarse naturalmente con el tiempo. Sin embargo, independiente su distancia a la que se encuentran del bosque de referencia adyacente, 15 años tras el abandono son insuficientes para apreciar una recuperación sustancial de la estructura biológica y la composición de especies, ello se debe principalmente a que las especies que entran a las minas abandonadas durante la regeneración temprana (< 15 años de abandono) son generalmente herbáceas de dispersión anemócora que al parecer, en su gran mayoría, no provienen del bosque de referencia adyacente, sino de otras zonas degradadas circundantes.

Al respecto, algunas familias como *Cyperaceae*, *Melastomataceae* y *Rubiaceae* dominaron

taxonómica en el seno de minas y su composición de especies varió sustancialmente con aquella encontrada en el bosque de referencia. Por otro lado, la comunidad vegetal emergente en las minas abandonadas varía como resultado del efecto que tiene la topografía sobre las características del suelo en el seno de las minas; en concreto, la vegetación es más estructurada en formaciones topográficas que concentran más nutrientes en el suelo (zonas llanas, las depresiones cenagosas, y en menor grado los taludes) que en aquellas que los conservan menos (montículos de arena y grava). Se puede decir que el acopio de arena y grava en grandes montículos (principal material producto de la minería en Chocó) no promueve la revegetación natural temprana de zonas afectadas por minería.

La aplicación de enmiendas orgánicas puede incrementar el potencial de suelos afectados por minería y facilitar la aplicación de programas de revegetación con especies leñosas de distinta procedencia. A pesar de ello, abonos ricos en fósforo, como la gallinaza, pueden incrementar la capacidad competitiva de especies exóticas fijadoras de nitrógeno como *Acacia mangium* frente a las especies nativas no fijadoras (posiblemente *Cespedesia spathulata*) en un contexto de plantaciones mixtas.

A pesar de su alta competitividad frente a especies nativas, *Acacia mangium* es una especie que puede favorecer la fertilidad del suelo en minas abandonadas. Sin embargo, la capa de hojarasca que genera sobre el suelo podría estar generando una barrera física que limita la formación de bancos de semillas de especies nativas; esto aunado al hecho que las minas abandonadas son áreas con suelos predominantemente compactados, hacen que el regeneración natural temprana de minas abandonadas y revegetadas con *A. mangium* sea poco y lento.



Imagen 4: Crecimiento de *A. mangium* en minas

Al hacer un análisis con secuencias mayores de 15 años de abandono, se encontró que en áreas disturbadas por la actividad minera cambia la composición original de la vegetación, en 500m² correspondientes a un bosque en regeneración sin disturbio minero (bosque de referencia) la composición es de 635 individuos representados en 146 especies, distribuidas en 101 géneros y 42 familias, mientras que en un área con las mismas dimensiones con cinco años de cese o abandono de la actividad (escenario uno), se registraron un total de 1.952 individuos representadas en 31 especies, distribuidas en 24 géneros y 16 familias, de igual forma en un área con quince años de sucesión o cese de la actividad (escenario tres), registraron un total de 1.478 individuos representados 45 especies, 38 géneros y 25 familias y en el escenario cuatro (mayor de 30

años) se registraron 581 individuos representados en 61 especies, 38 géneros y 26 especies. La composición entre diferentes escenarios varía considerablemente en cuanto a su riqueza como su abundancia, en el escenario de referencia cohabitan pocos individuos representados en un número considerable de especies, después de la actividad minera aumenta la proporción en individuos y disminuye notablemente la riqueza del área afectada.

La minería cambia la composición y la estructura de la vegetación, afectando de forma directa las relaciones dinámicas del entorno (dispersión, polinización y hábitat). Al mismo tiempo se observó la disminución de la oferta de bienes y servicios que el bosque inicialmente prestaba. El soporte físico (suelo) de estos bosques se

desaparece, convirtiendo estos ambientes en áreas desérticas con suelos totalmente desnudos, que se mantienen así por lo menos de tres a cinco años cuando se da inicio al proceso la sucesión con la inclusión de especies secundarias tempranas; en esta fase se establece una vegetación rala conformada por planta herbáceas generalmente Gramíneas (*Andropogon bicornis*, *Cyperus luzulae*, *Paspalum sp*), Helechos (*Pityrogramma sp*, *Lycopodiella cernua*) y algunas Leguminosa (*Mimosa púdica*, *Desmodium adscendens*), las cuales se mantienen en el tiempo por la capacidad de adaptarse y sobrevivir en ambientes hostiles; de las especies leñosas (de habito arbustivo y arbóreo) que inician su proceso de colonización en esta fase y logran establecerse sobresalen *Crotón chocoanus*, *Cespedesia spathulatha*, *Ochroma pyramidale*, *Vismia baccifera*, *V. macrophylla*, *Pouruma bicolor*, *Cecropia peltata*, *Inga spp*, *Piptocoma discolor* otras llegan y no logran permanecer por mucho tiempo pues las condiciones ambientales adversas (altas temperaturas, radiación solar) y el suelo desnudo, lavado mal drenado, desprovisto de materia orgánica y con muy pocos nutrientes se convierten en un condicionante para el sostenimiento de la vegetación.

Después de diez años en adelante empieza el proceso de sucesión intermedia, donde permanecen la gran mayoría de las especies que se establecieron inicialmente con altas abundancias, en esta etapa se incluyen otras especies colonizadoras de tipo leñosas sin embargo, el bosque aún tiene la apariencia de una sábana en donde la exuberante selva ha sido remplazada por unas pocas especies con abundantes individuos, este patrón se mantiene por un largo periodo de tiempo.

Solo después de treinta años de abandono de la actividad minera se observa un proceso

de sucesión tardía, con condiciones favorables para la inclusión especies secundarias, se observan algunas palmas y especies heliófitas; en esta etapa de la sucesión al bosque lo conforman tres estratos uno rasante o herbáceo, un sotobosque ralo con presencia de melastomatáceas y algunas Rubiáceas como *Isertia spp* y *Psichotria spp*, *Miconia spp* y *Conostegia spp* y un dosel conformado por unas pocas especies que dominan estas áreas *Cespedesia spathulatha*, *Ochroma pyramidale*, *Vismia baccifera*, *V. macrophylla*, *Pouruma bicolor*, *Cecropia peltata* e *Inga spp*; lo anterior muestra que durante el tiempo no hay recambio de especies o este es muy poco, después de más de treinta años de sucesión el bosque disturbado por minería sigue dominado por las mismas especies leñosas que dieron inicio al proceso de sucesión temprana.

Por lo anterior podemos afirmar que el tipo de minería practicada es condicionante para procesos de recuperación o restauración pasiva, que es necesario inducir los ecosistemas para que respondan de una mejor manera y puedan reestablecer sus funciones básicas de una forma mas agil. Otro factor que se debe contemplar para entender la dinamica de los procesos de restauración es la temporalidad del disturbio, que nos permite entender los momentos adecuados para hacer la intervención.

Para el caso de la composición y funcionalidad de artrópodos edáficos en áreas degradadas por minería a cielo abierto en Condoto, Chocó. La caracterización realizada permitió obtener importantes diferencias relacionadas con la composición de la artropofauna edáfica de los escenarios muestreados, notándose que los menores valores de riqueza y abundancia se presentaron en el ecosistema con menor tiempo de restauración (E2), lo cual se relaciona directamente con la ausencia de una capa orgánica importante, que provea alimento,



Imagen 5: *Cespedesia spathulatha*

refugio y protección a la variada artropofauna presente en los otros escenarios. En este se asume que los morfos allí presentes constituyen la edafofauna pionera que permite el ingreso de otras especies y que de alguna manera inician los procesos de descomposición del material orgánico que se requiere para la formación de la capa orgánica.

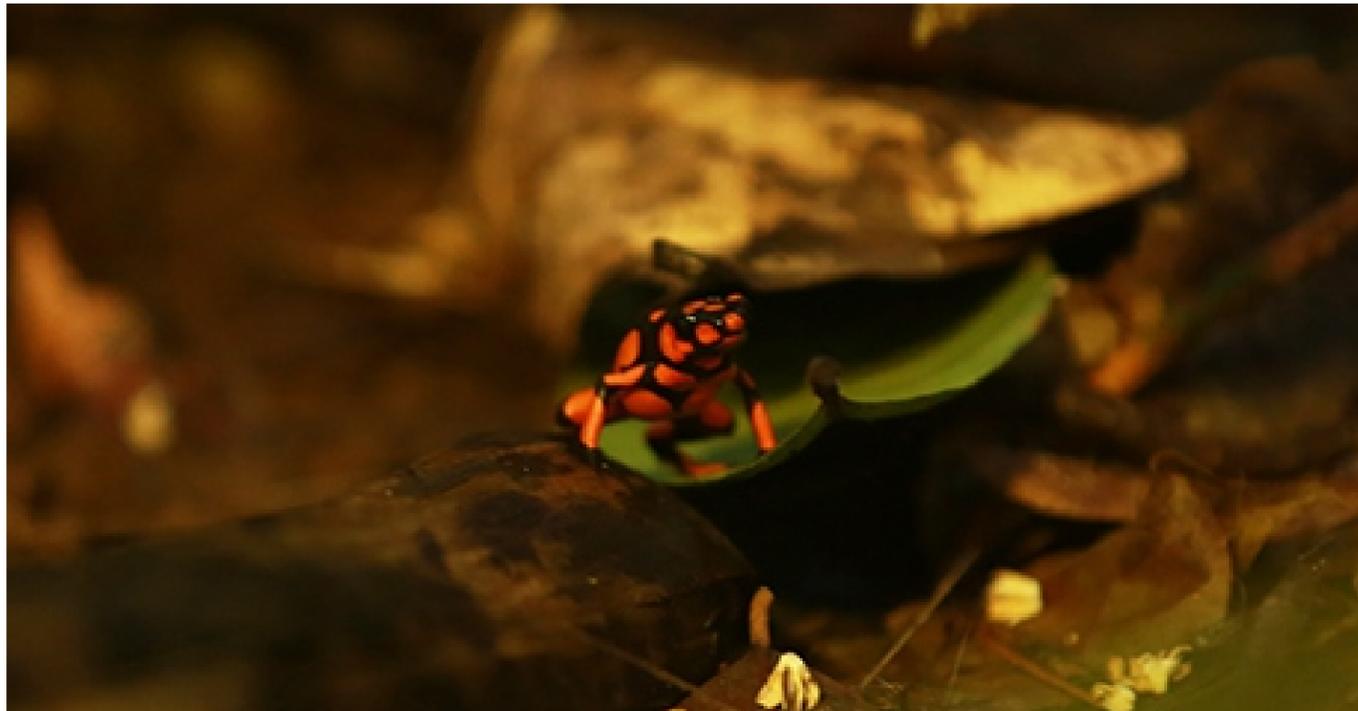
La importante variedad de artrópodos en el escenario con mayor tiempo de restauración (E1), evidencia la presencia de mayor oferta de recursos tanto para refugio como para alimento, lo que permite la llegada y establecimiento de morfos más especializados y complejos, con lo cual además se supone el desarrollo de procesos ecológicos necesarios para el mantenimiento de la diversidad faunística del suelo; Sin embargo, al compararlo con el ecosistema de referencia, se perciben importantes diferencias en términos de riqueza y abundancia, probablemente con la presencia de especies poco tolerantes a los disturbios y con gran especialidad en sus requerimientos ecológicos.

En este sentido, se logró obtener un relevante

grupo de artrópodos, constituido por tres clases, de las cuales Insecta fue la más rica y abundante en todos los escenarios, teniendo en cuenta que este grupo presenta amplia variedad de formas y una gran capacidad para colonizar distintos ambientes, desde los más antropizados, hasta diferentes biomas naturales. También se logró identificar a *Hymenoptera* como el orden con la mayor riqueza en los escenarios E0 y E2.

La abundancia relativa de este orden ascendió a medida que el disturbio era más reciente, siendo mayor en el E2 y menor en el E0. Dicho comportamiento se atribuyó a la gran plasticidad que presentan muchas especies de hormigas, pues algunas de estas a menudo se encuentran en ambientes intervenidos. Adicionalmente, al analizar los grupos tróficos presentes en estas áreas, se encontró que los omnívoros constituyeron el grupo con la mayor representatividad, cuyo valor de riqueza fue mayor en el E2 donde estuvo conformado en su mayoría por hormigas, las cuales aprovechan de manera oportunista los recursos disponibles en este medio, aprovechando la no marcada competitividad que en este se presenta.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede vislumbrar que las pérdidas ocasionadas por la minería mecanizada a cielo abierto sobre la artropofauna edáfica son muy notables, con relación a la riqueza y la abundancia; Sin embargo, con el tiempo esta tiende a recuperarse, aunque la composición varíe entre áreas; permitiendo evidenciar que ante la menor afectación de la minería sobre la biota del suelo, la riqueza y la abundancia de muchas especies es mayor. Adicionalmente, hay mayor posibilidad de desarrollo de las funciones que permiten mantener las propiedades del suelo y mejorar la capacidad productiva del mismo. También se puede inferir que la artropofauna de estos particulares suelos requiere mucho más de treinta años para recuperarse.

Imagen 6: *Oophaga histrionica*

En relación con la estructura y composición de la comunidad de herpetos presente en áreas con diferentes niveles de intervención minera, en un bosque pluvial tropical del municipio de Condoto Chocó. El estudio permitió entender aspectos importantes de cómo, este grupo taxonómico responde a las nuevas condiciones ambientales, a medida que transcurre el tiempo. Evidenciándose principalmente que dicha temporalidad tiene un gran impacto tanto a nivel cualitativo tanto cuantitativo sobre la comunidad de herpetos objeto de estudio. Ya que desde el punto de vista cuantitativo se observó que los escenarios de recuperación o temporalidades tardías registraron los mayores valores de riqueza de especie (13 spp), no siendo así para los de recuperación temprana (9 spp).

Sin embargo los juicios y aproximaciones más importante se determinaron sobre el efecto que dicha temporalidad tiene sobre la composición taxonómica de las comunidades de herpetos

que ocurren en cada uno de los escenarios muestreados, observándose que para los escenarios de recuperación temprana (5 a 15 años), los registros correspondieron a elementos comunes de gran plasticidad ecológica, donde dominaron especies como *Rhinella marina*, *Scinax sugillata*, y *Basiliscus basiliscus* entre otras, las cuales están, asociadas a áreas muy degradadas lo que deja evidencia la fragilidad y el nivel de deterioro que aun presentan estos ecosistemas.

Sin embargo, aunque para el escenario de recuperación tardía (más de 30 años), la composición de especies sigue estando comprendida por elementos comunes, lo importante se relaciona con que para esta temporalidad se observó un recambio de alrededor de un 70% de las especies, destacándose el registro de depredadores mayores como especies de serpientes (géneros *Chironius* y *Leptophis*), lo cual sugiere que con

la aparición de estos depredadores se empiezan a evidenciar procesos ecológicos importante como el fortalecimiento de la dinámica trófica de dichos escenario. Sin embargo se puede afirmar basados en las especies registradas, que el tiempo transcurrido (de 30 años) aún no es suficiente para alcanzar un nivel importante de recuperación para la herpetofauna o que permita la instalación de especies de comportamientos especialistas o críticas. Ya que los resultados obtenidos aquí (para el escenario de 30 años) todavía están distante del escenario de referencia donde se observa una composición taxonómica que comprende especies que son de comportamientos críticos y de interés especial como es el caso de las ranas venenosas *Oophaga histrionica*, *Ranitomeya fulgurita*, así como especies carismáticas como *Agalychnis spurrelli* y *Rhinella margaritifera* y depredadores importante como la serpiente *Bothros asper*, que por sus requerimientos ecológicos (alimentarse de mamíferos), evidencia la existencia procesos ecológicos más complejos.

La comunidad de aves por su parte, dejó evidencia un alto número de especies dispersoras de semillas. Donde tanto por abundancia, como por riqueza, dominan las especies de la familia *Thraupidae* con el 42 % de la riqueza total y el 41% de la abundancia. La cifra de 26 especies de aves dispersoras de semillas, es alta y esta ratificada por los estimadores de riqueza que exhiben el 95% de las especies de la zona.

En relación con los escenarios se tiene que las zonas con mayor tiempo de recuperación, presentan mayor oferta de recursos y como resultado soportan una riqueza específica mayor (áreas sin intervenir: 21 y áreas con más de 30 años de cese de la actividad: 16). Especies como *Tachyphonus delatrii*, *Tangara larvata* y *Manacus manacus* respondieron

Imagen 7 : *Tangara larvata*

positivamente a cada uno de los gradientes de disturbio, gracias a su oportunismo trófico, lo que quedó evidenciado en sus altas abundancias. Igualmente la presencia de este alto número de especies es de vital importancia para los bosques nativos de las zonas afectadas, ya que se está aportando sustancialmente al proceso de regeneración, dado a que cada una de las aves identificadas, presentan gran constancia y permanencia en estos ecosistemas durante todo año, además permiten medir su aporte en el proceso, ya que son fáciles de observar y capaces de responder rápidamente a las modificaciones ambientales, debido a su movilidad, son valiosos en el estudio del impacto de las alteraciones producidas por la acción del hombre, a corto y largo plazo.

2. RECOMENDACIONES GENERALES PARA PROMOVER LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE ÁREAS POST-APROVECHAMIENTO MINERO

PRESENTACIÓN

Los procesos de extracción minera a cielo abierto, altera drásticamente los ambientes de ocupación y su entorno. Esta situación de forma general condiciona el mantenimiento de la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas cercanos en largas series de tiempo, durante y después de la explotación del recurso mineral. Las relaciones entre las actividades mineras y el entorno son inevitables y la estructura, composición, diversidad y función de los ecosistemas, acaban sufriendo las mayores consecuencias de la inadecuada intervención.

Al finalizar la extracción del recurso, la restauración ecológica de estos espacios alterados ofrece la oportunidad de recrear hábitats concretos que pueden integrarse funcionalmente, a los ecosistemas adyacentes o contribuir a las actividades productivas de los pobladores locales.

Considerando las aproximaciones anteriores, que nos permiten el entendimiento de los procesos y factores que condicionan la restauración ecológica de los ecosistemas de Jigulito Condoto, hemos desarrollado algunos lineamientos de manejo que permiten intervenir los ecosistemas afectados por la actividad minera, en procura de restablecer las condiciones óptimas para la biodiversidad. En este apartado se abordan los elementos principales para iniciar un proceso de manejo post aprovechamiento minero.

Se plantean los objetivos principales que garantizan un buen proceso de manejo, se establecen las actividades preliminares encaminadas a la concertación de actores étnicos, que permitan la identificación y delimitación del área a intervenir y provea elementos suficientes para evaluar la situación actual.

Las recomendaciones de manejo se abordan desde una visión del antes, durante y después del aprovechamiento minero, donde se plantean etapas, formas de intervención acciones dirigidas al mejoramiento de los componentes agua, flora y fauna; basados en la respuesta de estos a los procesos y factores condicionantes de la restauración.

2.1. OBJETIVOS

- ◆ 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.

2.2 ACTIVIDADES PRELIMINARES

2.2.1 CONCERTACIÓN COMUNITARIA

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 se requiere de un proceso de concertación previa con las comunidades para garantizar el éxito de los procesos de restauración que se planteen en el área afectada; es importante que las actividades previas se desarrollen a través de mecanismos participativos, de tal manera que se involucren en las etapas de selección y delimitación del área, diagnóstico socio-ambiental, identificación y selección de especies, montaje de vivero ejecución de la restauración y seguimiento de la misma.

2.2.2 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 y que 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.

En este protocolo se contemplan aspectos que de alguna 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 geográfica 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, 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 presencia de diversidad de hábitat, acuerdo del no uso del área a restaurar, características del relieve y la susceptibilidad a conexión con corredores biológicos.

A) Presencia de 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.

b) 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 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 lugares que luego serán destinados solo para la conservación.

c) Características del relieve

Según este criterio es necesario tener en cuenta para la selección, áreas o sitios cuyo relieve se aproxime a las condiciones originales del terreno, es decir ondulado, 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.



Imagen 8: Efectos de la actividad minera

d) 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, promueve 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.

2.2.3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

La diversidad biológica y la complejidad ecosistémica de la región 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 anterior permitirá tener una idea de cómo era el ecosistema antes del disturbio y como es en la actualidad, lo anterior permitirá 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 las 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.

Este diagnóstico debe incluir el levantamiento de información específica relacionada con las características ambientales de la zona degradada y del entorno que incluye aspectos



Imagen 9: *Clidemia sericia*

de tiempo y la magnitud del disturbio, aspectos sobre el clima, los suelos, las fuentes hídricas, la vegetación, la fauna y aspectos socioculturales.

Asimismo el diagnóstico debe contener el análisis de factores y principales procesos para el logro de la restauración dentro de los cuales se debe evaluar la disponibilidad de nutrientes presentes en la capa orgánica que se encuentra 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 suelo, la disponibilidad de semillas en el banco que se encuentra en la capa orgánica, el cual se pierde en el proceso de excavado y lavado del suelo para la extracción del metal, la distancia a remanentes de bosque limitan la regeneración del mismo, el estado sucesional de las áreas degradadas y las barreras biológicas y socioeconómicas de la restauración.

2.3. LINEAMIENTOS Y RECOMENDACIONES PARA LA RESTAURACIÓN

2.3.1 RECOMENDACIONES PRE APROVECHAMIENTO MINERO

Los bosques húmedos tropicales del departamento del Chocó, son ecosistemas muy heterogéneos, presentan variabilidad climática y topográfica, lo cual determina la diversidad local. Por lo anterior los procesos de restauración dependen del tipo y la intensidad del disturbio, así como del tamaño del área afectada, estas variables son determinantes a la hora de pensar en lineamientos de restauración. Los procesos de restauración, la modelación de los diferentes escenarios disturbados y las posibles acciones sobre el ecosistema, permite desarrollar diferentes alternativas para la formulación de estrategias que conlleven al desarrollo de diferentes actividades pertinentes en la búsqueda de reintegrar los atributos estructurales y funcionales al área disturbada, estas estrategias pueden estar direccionadas a la productividad del ambiente o la conservación del mismo.

Antes, durante y después la explotación minera es necesario tener en cuenta algunos aspectos que limitan los procesos de restauración, pues son condicionantes para el establecimiento, mantenimiento y desarrollo de la biota y las condiciones ambientales de las áreas perturbadas por la minería.

Prevención de los impactos de la minería en el recurso hídrico.

Los resultados de la caracterización de perfiles espacio temporales en ecosistemas hídricos afectados por la actividad minera muestran que las características fisicoquímicas y biológicas de los mismos responden a las condiciones del medio, las cuales son modificadas durante el proceso, por lo cual es importante reducir la posibilidad e intensidad de dichos cambios.

Para ello es necesario tomar medidas antes de iniciar las actividades de explotación minera. En este sentido, se requiere planificar y ordenar las prácticas de captación, recirculación y desagüe en las áreas a explotar. De acuerdo a esto se recomienda:

Identificar el punto de captación de agua a utilizar en el proceso, de acuerdo a las posibilidades de ubicación de áreas de explotación, así como de zonas potenciales de almacenamiento y recirculación del recurso hídrico.

Diseñar un sistema de manejo del agua que incluya captación, tratamiento primario (sedimentación), almacenamiento y recirculación, de tal manera que se reduzca la cantidad de agua captada, el tiempo de captación y el vertimiento de sedimentos directamente al cuerpo de agua, para prevenir la alteración de las características fisicoquímicas del agua y morfológicas del cauce (Véase IIAP 2012), modelos de sistemas de tratamiento propuestos).

Planificación del aprovechamiento minero para garantizar la eficiencia de la restauración de la vegetación

Es necesario realizar estudios previos para determinar aspectos como la composición, la estructura de la vegetación, especies de interés especial entre otros, lo anterior permitirá tener conocimiento de la biodiversidad que se pierde en un área determinada.

Antes de hacer la remoción del suelo, para extraer el oro y el platino u otro tipo de metales presentes en la región, se recomienda la destinación de un área para el depósito de la cubierta vegetal, 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 una vez terminada la explotación del metal, abajo se detallan algunas acciones necesarias para la aceleración del procesos de restauración (Véase IIAP 2012).

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 sustrato 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. 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.

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. Y para 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.

2.3.2. RECOMENDACIONES DURANTE EL APROVECHAMIENTO

Control ambiental para minimizar los impactos de la minería en el funcionamiento físico y biológico de los ecosistemas hídricos

Durante el proceso minero es importante que se evite la modificación de la estructura de los ecosistemas hídricos, eliminando las prácticas de desviación de cauce y controlando el vertimiento de residuos, partículas y sedimentos que cambian las condiciones fisicoquímicas del agua.

Lo anterior teniendo en cuenta que dichas prácticas ocasionan sedimentación del cauce y cambios en las dinámicas del flujo del agua, generando zonas de represamiento, inundaciones y zonas con poco flujo que reducen la posibilidad de que el proceso de autorecuperación del cuerpo de agua alcance estados más cercanos al inicial en términos de comportamiento fisicoquímico y productivo, ya que se conforman zonas críticas que se convierten en ambientes propicios para la eutrofización, el desecamiento o la inundación.

A partir de esto durante el proceso se recomienda:

◆ Operar adecuadamente los sistemas de tratamiento primario y recirculación del agua para controlar el volumen de los efluentes y mejorar la calidad de las aguas vertidas al ecosistema.

◆ Evitar la desviación del cauce de las fuentes hídricas para mantener las dinámicas flujo del agua semejante a su estado natural, lo cual facilitará el proceso de resiliencia pos aprovechamiento minero.

Criterios de operación minera para favorecer el proceso de restauración de la vegetación

◆ **Tamaño del área afectada:** El tamaño del área afectada limita los procesos de recuperación del bosque, algunas de las especies que se establecen después del aprovechamiento minero, provienen de la matriz, otras son dispersadas por el viento (anemócoras), por el agua o por la gravedad y en menor proporción se encuentran las que son dispersadas por animales ya sean insectos aves, mamíferos voladores (murciélagos) o mamíferos terrestres. La llegada de las semillas al área disturbada depende de la distancia de la matriz y de la capacidad de las especies autóctonas para dispersarse a larga distancia.

Por lo que es necesario dejar una franja de unos 10-20 metros con vegetación natural, en medio de las áreas afectadas, esta franja mantendrá la disponibilidad de semillas, permitirá la conectividad y proporcionará las condiciones propicias para la supervivencia y mantenimiento de plantas que requieren microclimas para su establecimiento, favoreciendo la entrada espontánea de especies desde la vegetación circundante y acelerando los procesos de colonización.



Imagen 10: Panorámica de canales dejados entre la matriz del bosque y el área disturbada

Cierre de canales: Los canales abiertos en el proceso de extracción minera se convierten en una barrera para especies que no poseen mecanismos de dispersión a larga distancia, pues como en muchos casos estos son dejados entre la matriz y el disturbio, convirtiéndose en una limitante en el proceso de colonización (Ver Imagen 10).

2.3.3. RECOMENDACIONES POST APROVECHAMIENTO

Contribuciones a la restauración de ecosistemas hídricos impactados por minería

Para el caso de áreas intervenidas con diferentes temporalidades, se recomienda:

- ◆ Corregir el rumbo de los cauces cuando hayan sido modificados, evitando que las desviaciones y los cambios de pendientes ocasionen inundaciones o represamientos que

Puedan favorecer la reducción en el flujo del agua, el aumento en la concentración de nutrientes y la proliferación de algas que puedan llevar al sistema a estados eutróficos.

- ◆ Se recomienda contemplar actividades de dragado en aquellos casos donde los niveles de sedimentación sean elevados y no permitan el restablecimiento del flujo del agua.

- ◆ Asimismo, es importante contribuir con la recuperación de las riberas para mejorar la estabilidad de la fuente hídrica, reducir el aporte de sedimentos por escorrentía y favorecer el intercambio con la biodiversidad, de tal manera que se acelere la dinámica biológica del ecosistema y con ello su proceso de resiliencia. Dicha recuperación deberá hacerse mediante el uso de maquinaria cuando se requiera cambiar la configuración del terreno y a través del establecimiento de vegetación nativa predominante en riberas de cuerpos de agua, tomando como base de selección aquellas

presentes en ecosistemas de referencia para la zona.

Elementos básicos para promover la incorporación de la artropofauna edáfica

Teniendo en cuenta que para áreas con tiempos intermedios de restauración pasiva (15 años), aun no se evidenciaron características que faciliten la llegada y permanencia de la fauna edáfica (vegetación moderadamente heterogénea, hojarasca, suelo con capa de materia orgánica con diferentes profundidades), se presentan a continuación recomendaciones dirigidas al restablecimiento de los elementos que posiblemente contribuirán a la ocurrencia de dicha fauna:

Incorporación de elementos para el restablecimiento de la oferta trófica:

se recomienda la incorporación de especies vegetales (véase componente vegetal) que permitan la llegada de la fauna herbívora y que conduzcan a la producción de hojarasca, lo que atraiga variedad de especies edáficas de hábitos detritívoros y omnívoros que activen el proceso de descomposición de dicho material y por tanto la circulación de nutrientes en el suelo.

Dichas especies faunísticas propiciarán la llegada de otras consumidoras (de segundo y tercer grado), con lo que se originarán cadenas tróficas complejas dentro del mismo componente edáfico y se desarrollarán interrelaciones con otros organismos del ambiente como son los vertebrados que aprovechan la edafofauna como fuente de nutrientes, así como también utilizan los elementos (hojarasca, troncos y ramas caídas) que en el suelo se encuentran, para la construcción de sus refugios.

Incorporación de elementos para el restablecimiento de la oferta de hábitat:

se recomienda la disposición de ramas de árboles o restos de árboles caídos y otros productos vegetales que constituyan variedad de microhábitats, lo cual permitirá la llegada de una edafofauna más diversa. A la par, se promoverá la producción de hojarasca que sirva como albergue permanente y sitio de paso para la fauna asociada al suelo. Las especies florísticas y demás elementos a implementar se ubicarán entre los fragmentos de bosque remanentes, aprovechando la cercanía de los mismos, lo que facilitaría el tránsito y permanencia potencial de la edafofauna en el área. Esto favorece el restablecimiento de la conectividad biológica para estas y otras especies faunísticas.

Promoción de la restauración de la estructura vegetal y el restablecimiento de su funcionalidad ecosistémica

- **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, es necesario el establecimiento de viveros 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 deseen 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 germinaran 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 estos lineamientos.

Para la construcción del vivero se pueden construir 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 áreas con sucesión temprana (0 - 5 años de abandono), intermedia (10 - 20 años de abandono) y tardía (más de 30 años de abandono). Es necesario tener en cuenta que cada escenario requiere material vegetal específico de acuerdo a los requerimientos expresados anteriormente.

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 necesarias 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, o con tierra extraída del bosque remanente o elaborada (compost), se procederá al establecimiento de las especies.

En este sentido, se deben utilizar especies nativas, especialmente plantas herbáceas y leñosas, preferiblemente leguminosas, pues estas son fijadoras de Nitrógeno y ayudan a enriquecer el suelo afectado y con ello facilitan el establecimiento de otro tipo de vegetación. Se recomiendan el ingreso de especies heliófitas generalista herbáceas como *Desmodium adscendens*, *Mimosa pudica* (Fabaceae), las gramíneas importantes en ambientes perturbadas son de dispersión anemócora mecanismo que les facilita establecerse en este tipo de ambientes; las arbustivas y arbóreas como el cazaco- *Cespedecia spathulata* (Ochnaceae), balso *Ochroma pyramidale* (Bombacaceae), *Isertia laevis* (Rubiaceae), *Vismia macrophylla*, *Vismia bacifera* (Clusiaceae), *Pouruma bicolor*, *Cecropia obtusifolia* (Cecropiaceae), *Crotón chocoanus* (Euphorbiaceae) *Inga* spp (Mimosaceae).

Es muy posible que algunas especies leñosas propuestas en esta etapa del proceso de restauración no se mantengan en el tiempo por las condiciones adversas de los sitios con suelos desnudos, pero en su corta duración incorporan materia orgánica, que se convertirá en nutrientes ayudando a enriquecer el suelo y



Imagen 11: Plantación experimental de *Cespedecia spathulata*

Favoreciendo el establecimiento de otros individuos de las mismas especies.

Al final de las labores mineras es conveniente establecer formaciones de terreno que promuevan la conservación de nutrientes en el suelo tales como las zonas llanas no inundables y las depresiones cenagosas ya que estas facilitan con mayor rapidez la proliferación de vegetación. Aquellas formaciones como los montículos de arena y grava deben ser removidas de las zonas a restaurar pasiva o activamente

La abundancia de semillas dispersadas por animales y provenientes de bosques circundantes es limitada en el seno de las minas, por lo tanto, es importante conservar árboles remanentes en el seno de las minas y/o establecer perchas o bosquetes artificiales para promover la entrada de semillas dispersadas por aves desde el bosque adyacente, facilitando así la revegetación natural de estas áreas con especies nativas.

Adicionalmente, dado que el Chocó es una región de alta pluviosidad, es necesario adelantar medidas de control de la erosión hídrica en las minas para promover la retención del banco de semillas del suelo en estos ambientes expuestos a fuerte escorrentía superficial.

Por otro lado, especies introducidas como *A. mangium* puede ser una alternativa para la revegetación rápida de áreas perturbadas por minería dada su capacidad de enriquecer el suelo de las minas con nutrientes y materia orgánica.

Sin embargo, su uso para la restauración ecológica en regiones ricas en especies como el Chocó, no debe ser indiscriminado dada su alta capacidad competitiva frente a especies nativas. Al respecto, una combinación de técnicas de manejo de las plantaciones de *A. mangium* que involucren la entresaca paulatina de individuos (que facilite el enriquecimiento del suelo pero

evite la competencia) y la remoción y/o incorporación sistemática de hojarasca al suelo podrían contribuir a mejorar la función de esta especie como facilitadora de la restauración ecológica en estas áreas críticas.

Implementación de corredores biológicos en las áreas disturbadas.

Este tratamiento puede ser implementado en áreas con sucesión temprana e intermedia, el establecimiento de corredores en grandes áreas degradadas por la actividad minera contribuirá en el proceso de restablecimiento de la misma, 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, aumentando la posibilidad de sobrevivencia a largo plazo de las comunidades biológicas y de las especies que las componen. 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 mejorarán las oportunidades de sobrevivencia. El modelo del corredor variará de diseño y tamaño según el tamaño del área y el tiempo del disturbio, así mismo variarán las especies que se deben incluir en el corredor.

En un área sin vegetación (explotación reciente), en 1h se delimitarán 10 corredores de 5x50m (5000m²), en donde de acuerdo a la temporalidad de abandono del área 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 3 m, lo cual evitara la competencia y garantizara una mayor efectividad del tratamiento. Se deben sembrar 250 plantas herbáceas y 1162 plantas leñosas por hectárea, las cuales se dispondrán en cada uno de los corredores en cada uno de los corredores. En áreas con disturbio intermedio 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.

Facilitamiento del proceso de 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 vivero, semillas, o bien una mezcla de ambas, y una combinación de especies que incluya hierbas, arbustos, arbolitos y árboles heliófilas, lo cual acelerará el proceso de sucesión, las especies utilizadas deben ser autóctonas con pocos requerimientos nutricionales, con lo cual se asegura el éxito de este proceso. Para lo anterior se han propuesto las siguientes especies *Conostegia macrantha*, *Bellucia pentamera*, *Cespedecia esphatulata*, *Balso Ochroma pyramidale*, *Isertia laevis*, *Vismia macrophylla*, *Vismia bacifera*, *Pouruma bicolor*, *Cecropia obtusifolia*, *Crotón chocoanus*, *Inga ssp.*

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 pueden seleccionar especies que se puedan



Imagen 12: *Piptocoma discolor*

adaptar fácilmente en este tipo de ambientes, existen algunas especies que aparecen o llegan de forma espontánea (*C. sphatulata*, *Conostegia macrantha*, *Ochroma pyramidale*, *Isertia laevis*, *Vismia macrophylla*, *Vismia baccifera*, *Cecropia peltata*, *Pouruma bicolor*, *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*, *Wettinia quinaria*, *Socratea exorrhiza*, *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 utilizarán en el tratamiento. En áreas 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 se 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 áreas donde la sucesión 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 plantarán 10 fajas de 100m², en las que se plantarán 4 individuos, es decir 40 árboles por hectárea. Para el enriquecimiento del área se utilizarán plantas nativas generadoras de frutos suculentos, 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 epifitas contribuyendo al establecimiento de la estructura horizontal del área. Para el enriquecimiento de este tipo de área 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 listan especies que se deben utilizar en et tipo de áreas.

Mejoramiento de las condiciones ambientales para favorecimiento de la llegada de la herpetofauna

Se proponen pautas y medidas que garanticen a mediano y largo plazo, la recuperación y restauración de las comunidades de herpetos en áreas que han sido afectadas por las actividades de explotación minera. Para ello los esfuerzos giran principalmente alrededor del acondicionamiento o recuperación ambiental de los cuerpos de aguas creados o transformados durante el desarrollo de estas actividades, a partir de los cuales se pueden utilizar como punto de reproducción o creación de nuevos hábitats para la proliferación de la herpetofauna

Pero también se enfocan esfuerzos en favorecer la conectividad entre las poblaciones de herpetos existente en las áreas disturbadas,

incrementar el conocimiento sobre como las especies de herpetos responden a las presiones generadas por la actividad minera, propiciar las condiciones que permiten la instalación de comunidades de herpetos en áreas de intervención temprana y un aspecto de suma importancia como es el involucrar de manera activa a los actores implicados en el desarrollo de las actividades mineras en las áreas de interés.

A partir de lo anterior y entendiendo que las presiones y condiciones de las áreas de interés cambian en relación con la temporalidad del desarrollo de la actividad minera, proponemos las siguientes medidas de acuerdo con el periodo transcurrido a partir del desarrollo de dicha actividad, las cuales se definen a continuación:

Acondicionamiento o recuperación ambiental de los cuerpos de aguas en áreas de recuperación temprana

Áreas con 5 años de abandono. Dado el gran impacto que presenta esta área, se recomienda enfocar esfuerzo en la introducción de especies vegetales en los alrededores de los cuerpos de aguas pues fue allí donde se concentró la población de herpetos que aunque son especies comunes y de alta tolerancia, esta vegetación les proveerá mayor microhabitat, cobertura y protección, permitiendo con ello que se establecen un mayor número de individuos y mejorar la dinámica trófica de estos pequeños ecosistemas donde con el tiempo aparece la presencia de grandes depredadores tortugas y babillas, que se alimentan de peces y otro herpetos como ranas.

Áreas con 15 años abandono. Se recomienda para este escenario plantar árboles de mayor cobertura vegetal, por dos razones: primero porque la vegetación herbácea existente en el área no evita la radiación solar lo que produce cambios bruscos de temperatura y limita la presencia de herpetos allí y segundo porque además aprovechando que el suelo tolera mayor vegetación este hecho provee cobertura boscosa y protección a sus hospederos, evitando la exposición a la detección de predadores, y a la par, se promueve la producción de hojarasca que sirva como albergue permanente y sitio de paso para la edafofauna lo cual es un recurso trófico indispensable para muchas de las especies de herpetos.

Favorecimiento de la conectividad entre las poblaciones de herpetos en áreas de sucesión tardía.

Áreas con restauración tardía (30 años post). En este escenario donde se puede ver una recuperación evidente del impacto, se recomienda la introducción de especies de palmas en el área que permita atraer especies de vertebrados al área y estos a su vez atraigan a depredadores de comportamientos más estrictos. Posteriormente es fundamental para dicho escenario el restablecimiento de la conectividad ecológica a través de corredores biológicos que permitan el flujo genético de poblaciones de fauna aisladas, con lo que se reduce el efecto que tiene la fragmentación.

Recomendaciones para potenciar la restauración del ambiente a partir de la presencia de aves

Se plantean algunas estrategias que coadyuvarán la mitigación de los efectos de la minería sobre la avifauna y posterior recuperación de las funciones del ecosistema, mediante el establecimiento de la avifauna como elemento que propicia los procesos ecológicos como la polinización, dispersión y con ello también acelere el proceso de sucesión vegetal, lo cual posibilite también a largo plazo la llegada y establecimiento de una fauna más especializada y menos tolerante a las alteraciones en el ambiente. Estas recomendaciones están orientadas a recuperación de áreas con sucesión intermedia (10 -15 años de abandono) y con sucesión tardía (más de 30 años de abandono):

Optimización y potenciación de la oferta de hábitats, a partir del aprovechamiento de fuentes hídrica y parches de vegetación áreas de sucesión intermedia:

El agua es un elemento fundamental para la recuperación de áreas degradadas, su disponibilidad y calidad es vital para la dinámica ecológica de las áreas que las circundan; en estos se desarrollan varios procesos biológicos e interacciones como el ciclo de vida de especies acuáticas o dependientes de este recurso, básico para el desarrollo de sus aspectos reproductivos y tróficos.



Imagen 13: *Vismia macrophylla*

Por lo que se propone la utilización de los charcos producto de las actividades mineras y complementadas con los montículos que deja las mismas, como un elemento que constituye nichos viables para la restauración faunística del área disturbada. Por otro lado se tiene la incorporación de elementos que propicien la conectividad del paisaje, para permitir mitigar a mediano plazo los efectos adversos de la fragmentación. Entre las actividades de Optimización y Potenciación de la oferta de hábitats tenemos:

a. La incorporación de islas. La cual tiene como fin, crear áreas potenciales para la nidificación de la avifauna acuática o dependiente de la misma y Propiciar a las aves descansaderos especialmente aves migratorias. Para esto es fundamental aprovechar los montículos de rocas que quedan alrededor de la

matriz del disturbio o en su efecto se puede diseñar islas con materiales diferentes; los más utilizados son arcillas y grava lavada de las diferentes fuentes hídricas.

b. Favorecimiento de la conectividad biológica a partir del establecimiento de Corredores Biológicos. 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 se propone la aplicación de agregados que favorezcan la ampliación de los núcleos y establecimiento de cercas vivas.

Con relación a la introducción de agregados y ampliación de núcleos, se deben incorporar al ambiente elementos cercas vivas, que atraviesen toda la matriz del disturbio hasta los bosques remanentes, permitiendo la ampliación de núcleos de la matriz, lo cual contribuye con el incremento del tamaño poblacional y mejoramiento de las oportunidades de sobrevivencia.

Optimización de la oferta trófica en áreas con sucesión intermedia:

Garantizar la oferta trófica:

Se garantizará la oferta de recursos tróficos para grupos faunísticos funcionales (dispersores y polinizadores), 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 (*Oenocarpus major*, *O. 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. Gentryi*).

Optimización de la oferta trófica en áreas con sucesión tardía.

En estas áreas ya existen unas condiciones que son óptimas para la avifauna por tal razón se recomienda Implementar programas de monitoreo durante diferentes épocas del año que contemplen estudios detallados de abundancia y riqueza específica, con el fin de poder identificar otros aspectos de la ecología trófica, dinámica poblacional y las relaciones de tipo intra e interespecífica de la avifauna, que permitan analizar la presencia de estas y otras entidades biológicas que habitan y visitan los diferentes ecosistemas alterados por minería. En este sentido es vital estudiar:

- Riqueza de aves dispersoras de semillas y su contribución en el proceso de regeneración.
- Estudios de densidad poblacional de especies amenazadas, endémicas o migratorias.
- Estudios de preferencia tróficas.

2.4. SEGUIMIENTO Y MONITOREO

El monitoreo debe ser periódico para garantizar la eficacia de cada uno de los tratamientos de cada componente, para el caso de la vegetación 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 las áreas con temporalidad de 0-15 años se deben realizar 2 visitas semestrales para garantizar la efectividad de las estrategias implementadas, en el caso de vegetación y para que las plántulas sembradas tengan éxito en su establecimiento, las visitas se realizaran 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 la que se deben tomar los siguientes datos para que se cumplan las metas.



Clidemia sericea, una Melastomaceae abundante en las minas

Se hace indispensable impulsar el conocimiento de los factores y procesos que permiten a los ecosistemas expuestos a la actividad minera, recuperar sus funciones ecológicas básicas.

Aportando con ello, al manejo direccionado de las actividades de restablecimiento, rehabilitación o restauración de los ecosistemas afectados.

Biochocó



Desarrollo de Herramientas de Gestión para el Posicionamiento de la Biodiversidad como Fuente de **Bienestar Social y Ambiental** en el Chocó, Occidente Colombiano.

