

www.eco-logic.com.co

PROPUESTA PLAN DE RECUPERACIÓN ECOLÓGICA DE LA FINCA LA BABILONIA. LA TEBAIDA, QUINDÍO.

SOCIEDAD DE ACTIVOS ESPECIALES S.A.S.

MARZO 2020

ECO LOGIC
OPERADORES AGROFORESTALES

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 4
ANTECEDENTES 5
JUSTIFICACIÓN 6
UBICACIÓN GENERAL 7
CARACTERISTICAS BIOFÍSICAS DE LAS ÁREAS 9
CLIMA 9
ZONAS DE VIDA 9
GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA 9
SUELOS 10
RED DE DRENAJE 10
IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS 11
Vegetación 11
Morfología 12
Suelo 13
Hidrológico 14
ANALISIS DE ALTERNATIVAS 15
OBJETIVOS Y METAS DEL PLAN DE RECUPERACIÓN 23
PROGRAMAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS ACCIONES DE RECUPERACIÓN ECOLÓGICA 24
Programa 1 – Rehabilitación de las áreas de relleno 24
- Identificación de especies de referencia 25
- Estado actual del área y potencial de regeneración 25
- Caracterización de especies nativas a plantar 25

Diseño florístico 26
- Labores para la rehabilitación de las áreas de relleno. 28

Programa 2 – Corredor biológico 31
- Identificación de especies de referencia 32
- Estado actual del área y potencial de regeneración 32
- Caracterización de especies nativas a plantar 32

ECO LOGIC
OPERADORES AGROFORESTALES

Diseño florístico 33
- Labores para la rehabilitación de las áreas de relleno. 35

Programa 3 – Prevención de desastres y accidentes en las áreas de relleno 38
Aislamiento de las áreas 38
Barreras cortafuego 38
Señalización de las áreas 39
Programa 4 – Monitoreo de lixiviados 39
PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO 43
Metodología para el monitoreo 47
BIBLIOGRAFIA 49

INTRODUCCIÓN

En el presente documento se da a conocer el plan de recuperación ecológica a partir de la realización de estudios técnicos para el predio denominado "Finca La Babilonia", ubicado en el corredor suburbano en el corredor suburbano y zona rural de la vereda La Popa del Municipio de La Tebaida, Quindío. Lo anterior en respuesta a la acción popular interpuesta por la personería del municipio de La Tebaida, dicha acción obtuvo como fallo por parte del tribunal la realización del estudio para determinar el daño actual y elaborar un plan de recuperación ecológica el cual plantee una solución a dicha problemática.

Un Plan de recuperación ecológica tiene el objeto de restablecer el ecosistema degradado a una condición similar al ecosistema predisturbio respecto a su composición, estructura y funcionamiento. Además, el ecosistema resultante debe ser un sistema autosostenible y debe garantizar la conservación de especies, del ecosistema en general, así como de la mayoría de sus bienes y servicios (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

La presente propuesta tiene como objetivo realizar el plan de recuperación ecológica el cual es una herramienta de planificación para la recuperación del área y la sostenibilidad de los recursos ecosistémicos, permitiendo basarse en criterios técnicos y operativos para la ejecución del plan enfocándose en la rehabilitación del medio biótico del área del relleno en la Finca la Babilonia del municipio de la Tebaida, Quindío.

La rehabilitación a establecer es de carácter eminentemente protectora y está orientada a acelerar los procesos ecológicos que permitan recuperar el área afectada, los factores que se tuvieron en cuenta previamente para la elaboración de este plan, fueron los estudios técnicos realizados en el levantamiento de la línea base ambiental (LBA).

El presente documento contiene la información referente a la formulación del plan que cumplirá con la obligación de la recuperación ecológica a través de la implementación de estrategias de recuperación ecológica del área, además de acciones de prevención orientadas a evitar accidentes en las zonas de relleno.

ANTECEDENTES

A mediados del año 2015 se inició la actividad de disposición de escombros, chatarra, plásticos, tierras y otros residuos de construcción, en el predio denominado Finca Babilonia, ubicado en la vereda la Popa del municipio de La Tebaida, por parte de un ocupante irregular del predio, el cual no contaba con el permiso del propietario del predio ni de las autoridades competentes. La Sociedad de Activos Especiales S.A.S en calidad de propietario del predio, inicia las respectivas gestiones ante las autoridades, gracias a esto a mediados del año 2017 se logra desalojar al ocupante irregular y frenar así la disposición de materiales.

Debido a esto se interpuso una acción popular por parte de la personería del municipio de La Tebaida, dicha acción obtuvo como fallo por parte del tribunal la realización del estudio para determinar el daño actual y elaborar un plan de recuperación ecológica el cual plantee una solución a dicha problemática.

En consecuencia, de lo anterior se suscribe el contrato 085 de 2019 con el propósito de formular un plan de recuperación ecológica teniendo en cuenta el estado actual del predio La babilonia, como una estrategia practica de manejo y debe establecerse conforme la información histórica y actual del predio adquirida en los parámetros establecidos en el contrato.

JUSTIFICACIÓN

Para la empresa Sociedad de Activos Especiales S.AS, es de suma importancia cumplir con lo impuesto en la orden impartida por el Tribunal administrativo del Quindío, bajo los lineamientos y/o parámetros establecidos en el contrato 085 de 2019 con el propósito de dar solución a la problemática surgida por la disposición de escombros, chatarra, plásticos, tierras y otros residuos de construcción por parte de un ocupante irregular sin contar con el permiso del propietario del predio, ni las autoridades competentes.

La destrucción y transformación de los ecosistemas ha generado paisajes en los cuales la cobertura vegetal arbustiva y arbórea es prácticamente inexistente, alterando las condiciones de sostenibilidad ecológica y dando lugar a paisajes completamente estériles, según lo dicho anteriormente cabe resaltar la importancia ambiental y ecológica, que el plan de restauración ecológica trae consigo al mejorar la estructura, composición, dinámica del ecosistema afectado; es una actividad importante en los esfuerzos de conservación, además contribuye a la mitigación de la degradación ambiental y moderación del cambio climático.

La Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica (SERI por sus siglas en inglés) define la restauración ecológica como proceso de asistir la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado, o destruido. Por ende, la restauración ecológica es el esfuerzo que en la práctica se hace por recuperar de forma asistida las dinámicas naturales tendientes a restablecer ecosistemas nativos de una región (Camacho, 2016)

UBICACIÓN GENERAL

El área de estudio corresponde a la finca La Babilonia, ubicada en la vereda la Popa del municipio de la Tebaida, Quindío (Figura 1). La vereda la popa se encuentra en un rango altitudinal de 1200 a 1250 m.s.n.m

La Tebaida limita al norte con la Capital Armenia y con el municipio de Montenegro, al sur con el municipio de Calarcá y el departamento del Valle del Cauca, se encuentra situado en el flanco occidental de la cordillera central, con el área urbana a 4º 27' latitud norte y 75º 47' longitud oeste. El municipio cuenta con una extensión territorial de 89,18 km², de los cuales 4,49 km² representan el área urbana y 84,69 km² el área rural.

Es el municipio más cálido del departamento debido a las altitudes comprendidas entre los 1000 y 1300 msnm presentado un clima medio, húmedo transicional a medio seco con una temperatura promedio de 22ºc y una precipitación anual de 1000 a 2000 mm; de acuerdo a la clasificación de zonas de vida de Holdrige el municipio pertenece a zonas de bosque húmedo premontano (bm PM) y bosque húmedo premontano muy bajo (bh MB) (CRQ, 2019)

Posee un sistema vial y de transporte de diferentes tipos entre los que se encuentran: vías de primer orden en el cual se encuentra la vía panamericana; vía entre el oriente y el centro del país con el occidente, tramo que toca tangencialmente al municipio, la vía variante del occidente y vía de segundo orden la Tebaida – aeropuerto. Las vías veredales se desprenden de estos dos ejes principales; el tramo vial a la vereda la popa tiene una longitud de 17,5 km y se encuentra en un estado regular (Alcaldia de la Tebaida, 2013)

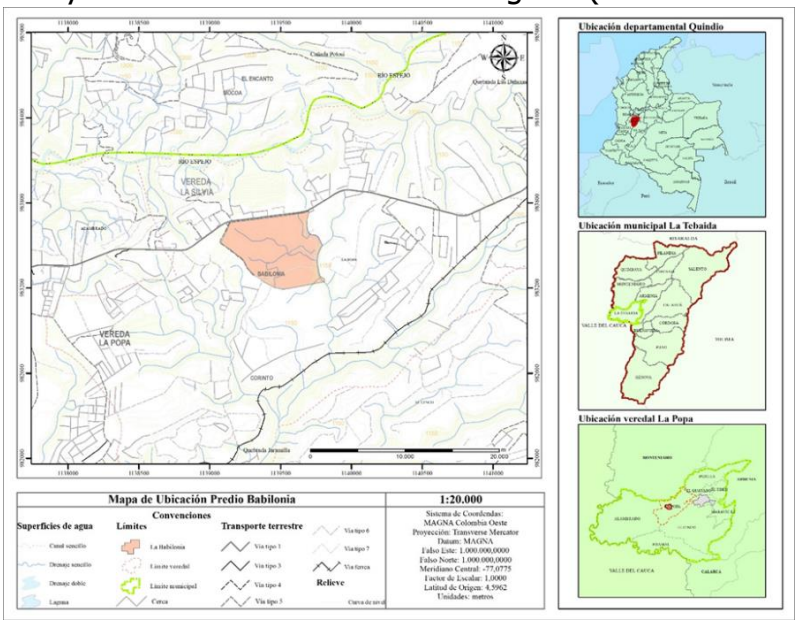


Figura 1. Ubicación Municipal y departamental finca Babilonia

Durante el año 2012 se inició la actividad de disposición de residuos como escombros, chatarra entre otros, esto se realizó en dos zonas del predio tal como se muestras en la figura 2, el área de estas zonas suma un total de 8640 m2, la zona A tiene 5868 m2 y la zona B 2779 m2.

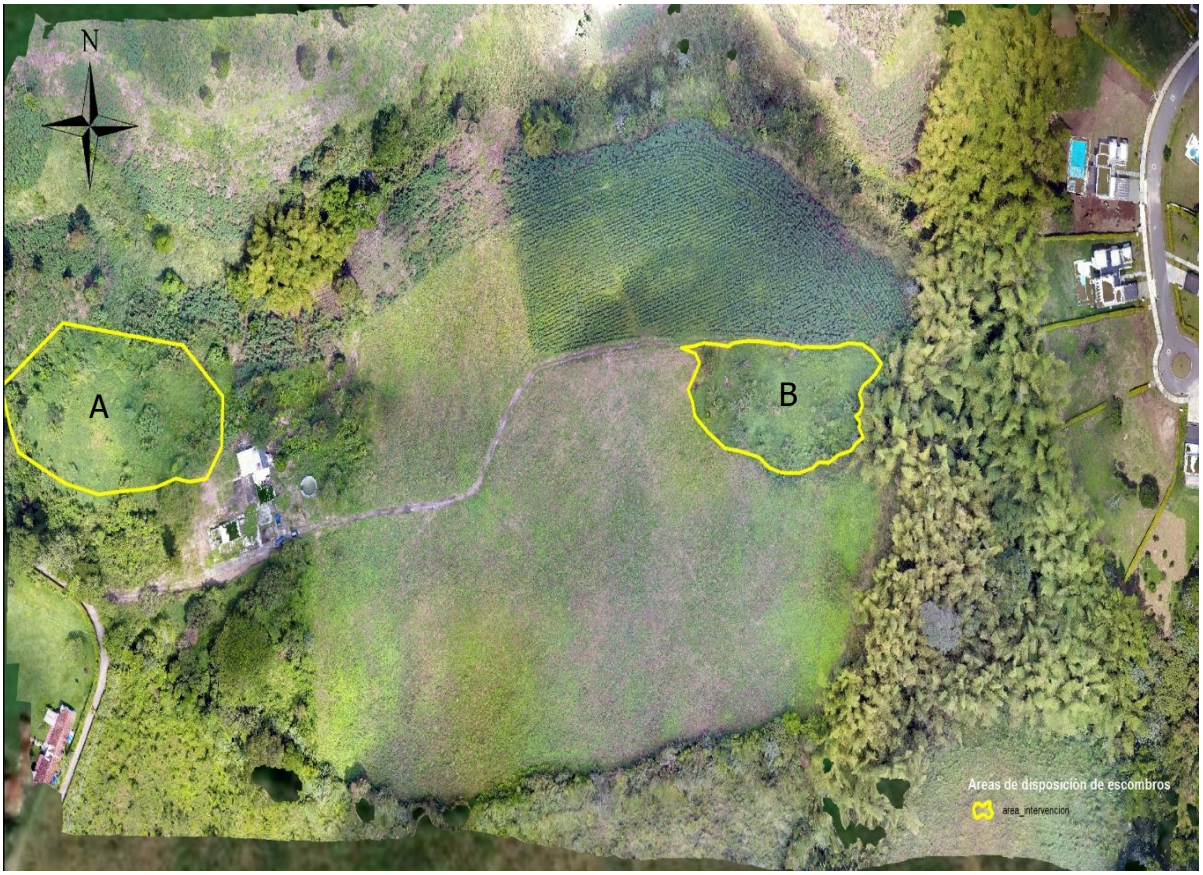


Figura 2. Zonas de disposición de escombros

CARACTERISTICAS BIOFÍSICAS DE LAS ÁREAS

CLIMA

De acuerdo al análisis de componente atmosférico de la zona de estudio en este caso a la finca la Babilonia La Tebaida, Quindío, se caracterizó su climatología a través de la información disponible de la estación del IDEAM del aeropuerto El Edén donde se obtuvieron las variables climáticas. La precipitación para la cuenca del río la vieja presenta un régimen bimodal donde los valores mínimos se presenta en los meses de enero, febrero, julio y agosto con 54 mm, mientras que los meses de octubre, noviembre y diciembre presentan los valores máximos con 407,1 mm, 422 mm y 322,4 mm respectivamente y valores medios entre 90,1 mm a 264,7 mm. En cuanto a la temperatura se presenta una media entre 17,8 °C y 18,7 °C y una temperatura máxima de 24,6 °C.

ZONAS DE VIDA

Las zonas de vida presentes en el municipio de la Tebaida son el bosque húmedo premontano (bhPM), el cual se caracteriza por presentar una temperatura media entre 18 y 24 ºC y un promedio anual de lluvia entre 1000 y 2000 mm y el Bosque húmedo montano bajo el cual tiene una temperatura media entre 12 y 18ºC y una precipitación media anual de 1000 hasta 2000 mm. (CRQ, 2019)

GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

La Finca La Babilonia pertenece al municipio de La Tebaida el cual se encuentra asentado sobre los depósitos fluviovolcánicos sedimentarios, también se encuentra sobre depósitos consolidados y no consolidados, los cuales están conformados por areniscas de colores verdes hasta pardo rojizas, con intercalaciones de arcillolitas duras y conglomeradas polimicticos con cantos de cuarzo lechoso, Chert negro con matriz areno- arcillosa. La edad de esta roca, ha sido considerada del Oligoceno y mioceno, periodo terciario, donde se termina de formar la Patagonia y el levantamiento de la cordillera de los Andes.

En el municipio se puede encontrar distintas geoformas como lo son montañas las cuales están localizadas en el flanco occidental de la cordillera central, abanico aluvial con pendientes suavemente inclinadas, también hay presencia de lomas y colinas y vegas y terrazas asociadas a los ríos presentes en la zona.

SUELOS

Los suelos de La Tebaida son formados a partir de aluviones en general superficiales a profundos, con buen drenaje, de ácidos a ligeramente ácidos, con fertilidad moderada y erosión ligera; su origen proviene de la Roca Madre - Tipo deposito no consolidado de cenizas y flujo de lodo volcánico.

Los suelos del municipio son moderadamente evolucionados, desarrollados unos a partir de ceniza volcánica y otros de materiales sedimentarios como areniscas y arcillolitas; la morfología del perfil es de tipo A-B-C, con un horizonte A de espesor mediano, color pardo oscuro o pardo grisáceo muy oscuro y texturas medias a finas; el horizonte B es de color pardo oscuro a pardo amarillento y el C es de color pardo amarillento a pardo rojizo, de textura fina y abundante gravilla, cascajo y fragmentos de roca. (PGAAM, 2010).

RED DE DRENAJE

La finca La Babilonia se encuentra cercana a tres fuentes hídrica importantes: Río la Vieja limitando por el Sur y el Oriente, por el Norte el Río el Espejo y por el Occidente la Quebrada Cristales.

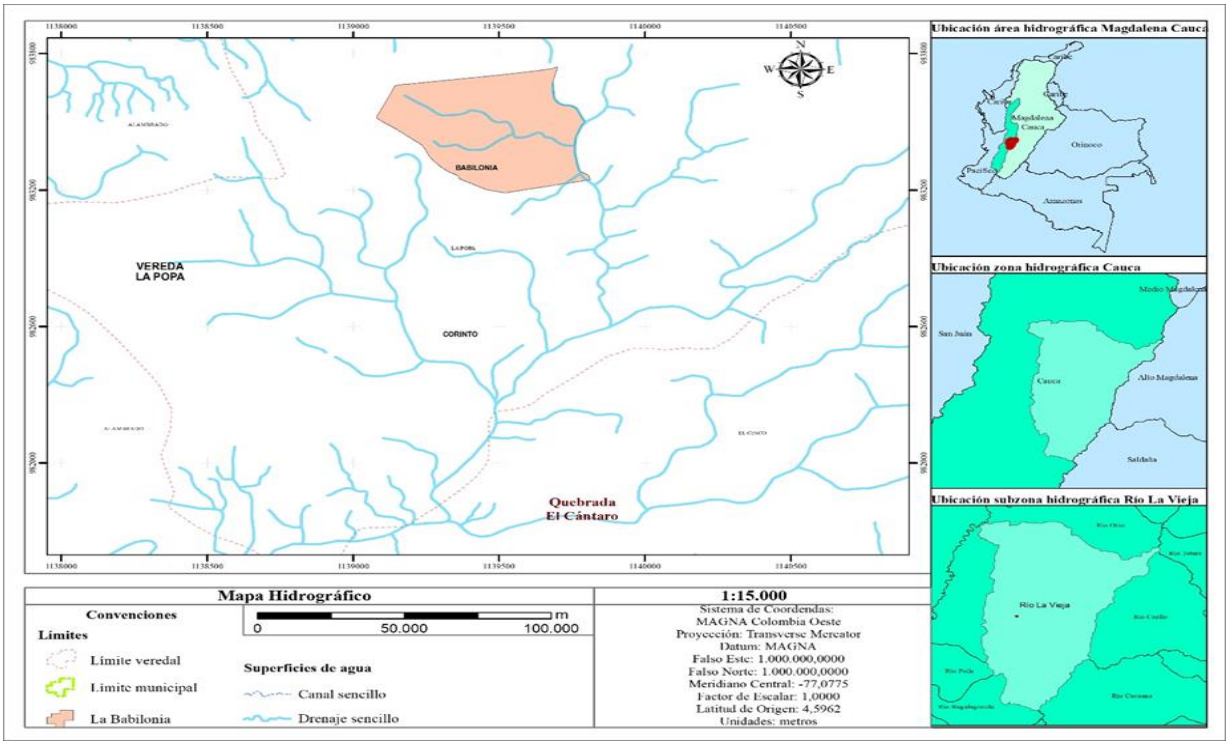


Figura 3. Red de drenaje predio Babilonia

IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

Debido a la actividad realizada durante el año 2015 se generaron diversas alteraciones en el área intervenida, las cuales fueron evaluadas con el fin de determinar el impacto ambiental. En general la mayoría de impactos estuvieron catalogados como leves a moderados, esto comparado con el área de influencia directa. A continuación, se realiza una breve descripción de los impactos generados por cada componente:

Vegetación

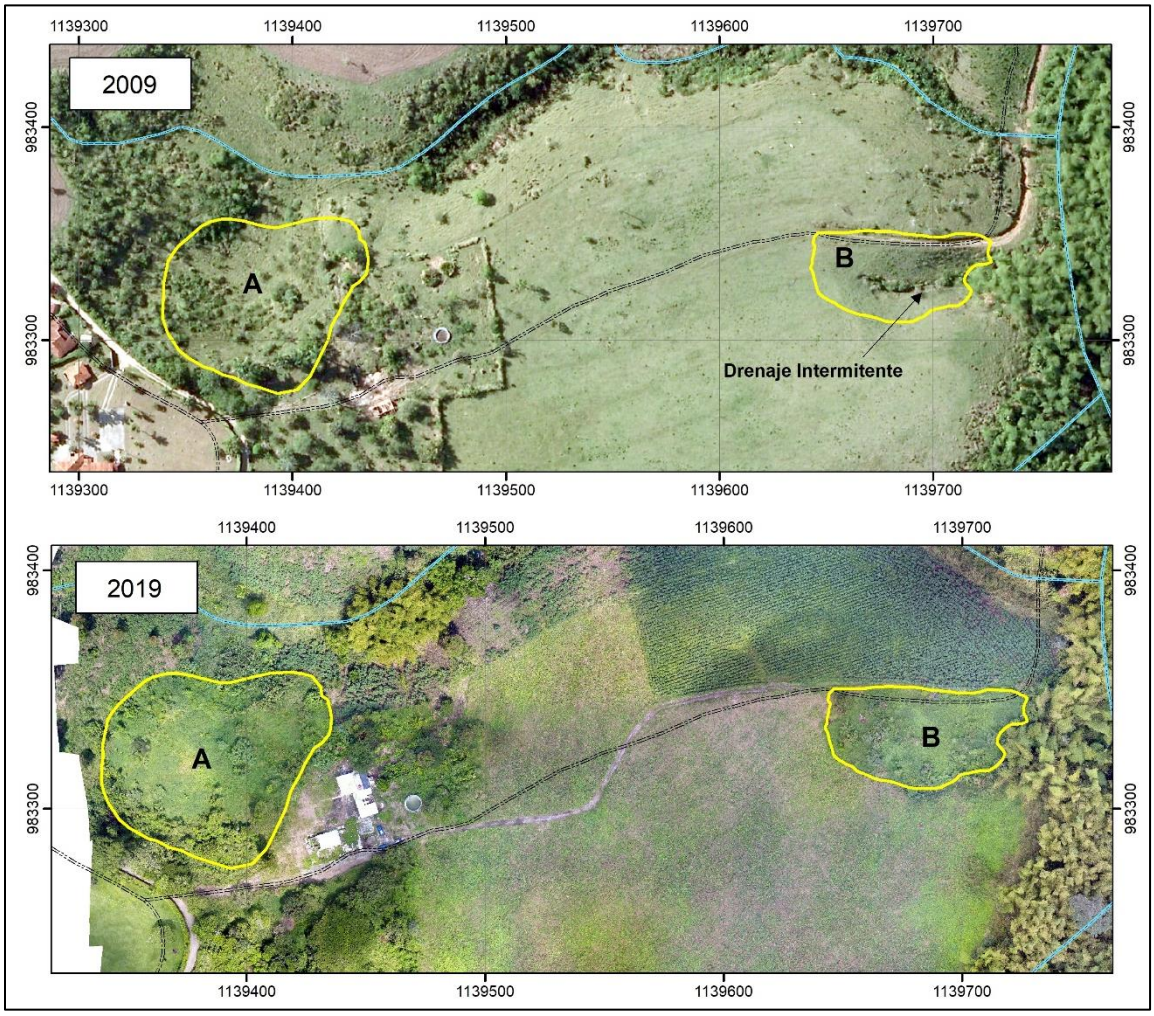


Figura 4. Fotografías aéreas año 2009 y 2019

Se realizó la comparación entre dos fotografías aéreas una en el año 2009 y la otra en el año 2019 con el fin de determinar el cambio de la vegetación antes y después de la realización del relleno. Como se evidencia en las fotografías hubo cambios en la cobertura de las áreas, tanto en el área del relleno como a sus alrededores.

Dentro de las áreas del relleno se puede observar una pérdida de los árboles para la zona A y para la zona B, adicionalmente se observa cambios alrededor de estas zonas, para la zona A se evidencia una perdida significativa de cobertura boscosa, incluso en la imagen se llega a observar pequeñas áreas desnudas. Para el rededor del área B se observan cambios para el año 2019 el área de cultivos aumento.

Según la evaluación realizada en la matriz de impacto, la disposición de los residuos en el predio, obtuvo una categoría de afectación moderada a la cobertura del área, los cambios a través de los años también pueden responder a otros fenómenos como la ampliación de la frontera agrícola, la cual no es objeto de estudio en este caso.

Morfología

Al igual que el análisis en el cambio de la cobertura, también se realizó el análisis del cambio en la morfología del terreno, específicamente para las zonas donde se realizó la disposición de los residuos, hubo una ganancia de material lo cual modificó la forma de esas áreas. Para la zona A en el año 2009 se observa una depresión en el terreno, tal como se muestra a continuación:

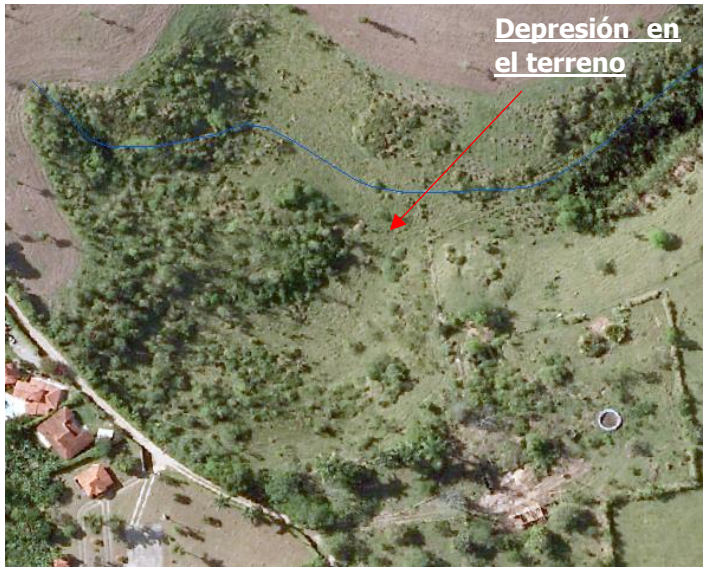
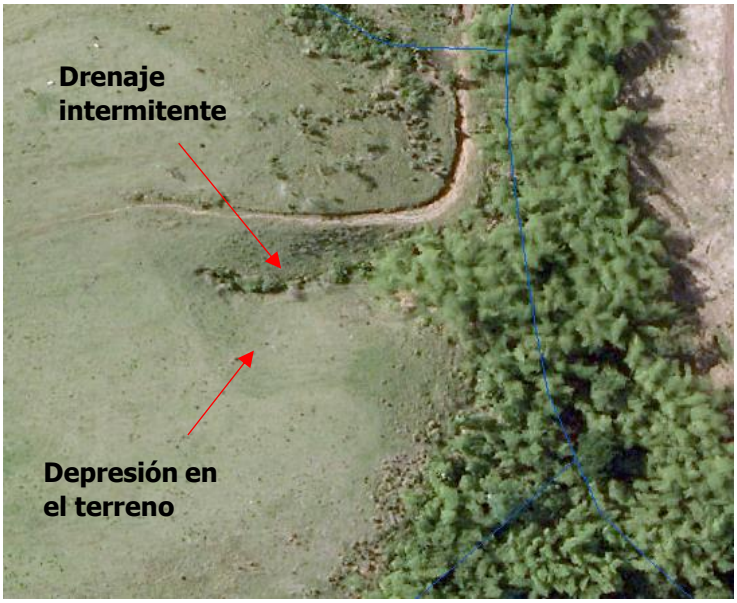


Figura 5. Morfología zona A

En la fotografía tomada en el año 2019 se puede observar que debido al aporte de material del relleno el terreno paso de tener una forma cóncava a una forma entre plana y convexa, suavizando la pendiente.

Para la zona B en el año 2009, el terreno presenta una depresión más abrupta que la zona A, aunque posee un área más pequeña, adicionalmente esta zona presenta un drenaje intermitente tal como se muestra a continuación:



En la fotografía del año 2019 se observa que el aporte de material de relleno ocasionó la pérdida del drenaje intermitente, así como el cambio en la forma del terreno el cual paso de tener una depresión abrupta a un terreno con forma convexa.

Suelo

La disposición de los residuos presentó diversos cambios en el suelo tanto en el aspecto físico como químico. En el aspecto físico el aporte de material al suelo contribuye a la compactación de los diferentes horizontes presentados, así mismo cambia la composición del suelo y se pierden los horizontes de este. Se realizaron las calicatas en las zonas del relleno y se encontró la presencia de diversos materiales tales como plásticos, material de escombros, arenas, maderas entre otros. A pesar de la presencia de diversos materiales se encontró que estos están mezclados con materia orgánica, lo cual explica la presencia de gramíneas y algunos arbustos en la zona.

Adicionalmente se realizaron pruebas químicas con el fin de conocer el nivel de contaminación de las áreas del relleno, también para conocer el tipo de residuos depositados en estas zonas. Para ello se tomó muestras del material y se realizó el análisis en cuanto a Coliformes fecales, Coliformes totales, Salmonela, Arsénico, Bario, Cadmio, Cromo, Mercurio, Níquel, Plata, Plomo, Selenio, Corrosividad en residuo sólidos y lodos, Reactividad al agua, Inflamabilidad de sólidos, Explosividad y Extracción por TCLP.

Según los resultados obtenidos en el laboratorio y comparándolos con la normatividad vigente, la presencia de metales contaminantes es menor a la de los límites permisibles, adicionalmente según los análisis los residuos encontrados no son ni explosivos, reactivos, inflamables o corrosivos, lo cual según la norma no se consideran residuos peligrosos, sin

embargo cabe aclarar que se realizó un muestreo, lo cual da una idea de las características de los residuos presentes, sin embargo se debe tener la mayor precaución posible al desconocer la composición total del relleno.

Hidrológico

Las cargas contaminantes pueden ser diferentes dependiendo del tipo de residuos depositados, en este calo los residuos encontrados en la zona son sólidos, por lo la mayor contaminación que se presenta es por la interacción entre las aguas lluvias y el material depositado, dichas lluvias se infiltran y pueden llegar al acuífero o la unidad acuífera subyacente.

Las áreas donde se encuentra los depósitos de residuos están ubicadas cerca de cuerpos de agua, la zona A se encuentra sobre la parte alta de una quebrada tributaria de la Quebrada La Silvia y la zona B se encuentra

Para conocer el comportamiento de las aguas, se realizó un sondeo eléctrico vertical con el fin de identificar la composición geológica de la zona, los análisis arrojaron la presencia de una capa que se comporta como límite impermeable, además con la topografía del lugar, la pendiente y el grado de disección de las corrientes de agua, impiden la infiltración de las aguas al acuífero confinado interior, por lo que estas aguas son entregadas a los cuerpos de aguas superficiales cercanos, en este caso a la Quebrada la Silvia.

ANALISIS DE ALTERNATIVAS

Una vez identificados los impactos generados por el relleno, se procedió a evaluar la interacción entre las actividades realizadas con el medio ambiente, dichas actividades generan un efecto en los sistemas bióticos, abióticos o socioeconómicos, sea positivo o negativo, total o parcial. Estos efectos o impactos se clasificaron según la alteración generada, midiendo la magnitud y la importancia. Clasificando los impactos como leves, moderados, críticos y altos.

Una vez identificados y valorados los impactos generados por la disposición de los residuos en el predio La Babilonia en la Tebaida, Quindío, se evaluaron las posibles medidas a realizar con el fin de obtener el impacto menos agresivo posible. Las medidas pueden estar enfocadas a ser medidas preventivas las cuales son acciones para evitar los impactos o efectos negativos que se puedan generar a partir de las actividades realizadas. También pueden ser medidas de mitigación las cuales pretenden minimizar los impactos o efectos negativos que se causen. Otras medidas son las correctivas las cuales son dirigidas a recuperar, restaurar o reparar las condiciones del medio ambiente afectado. Por ultimo se tienen las medidas de compensación las cuales son acciones dirigidas a resarcir y retribuir bien sea a las comunidades, regiones, localidades o entorno natural por los impactos negativos generados que no pueden ser evitados, mitigados o corregidos.

A continuación, se presentan los impactos generados por la disposición de los residuos sólidos, su clasificación y una evaluación sobre cada tipo de medida.

MEDIO	COMPONENTE	IMPACTO	CLASIFICACIÓN	MEDIDAS			
				PREVENTIVAS	MITIGACIÓN	CORRECTIVAS	COMPENSACIÓN
Abiótico	Geomorfología	Cambio en el paisaje y geoformas	Critico	N/A	N/A	Se pueden aplicar para recuperar el paisaje anterior, en el caso de las geoformas se puede aplicar sin embargo no va a ser exactamente la anterior al relleno	Se pueden aplicar con el fin de mejorar el paisaje.

		Cambio en cauces Hídricos y drenajes	Leve	N/A	N/A	No se puede volver a recuperar el drenaje perdido.	Se pueden aplicar para mejorar las condiciones en fuentes de agua cercana.
	Suelo	Perdida del suelo	Critico	N/A	N/A	No se puede recuperar el suelo perdido	Se puede contribuir a mejorar las condiciones del suelo, rehabilitando las funciones al menos de la primera capa, para el crecimiento de especies vegetales y hábitat de micro y macrofauna.
		Cambios físicos, químicos y biológicos del suelo	Moderado	N/A	N/A	No se puede recuperar las condiciones físicas ni químicas del suelo inicial. El componente biológico se puede recuperar a partir de las dinámicas que se generen en el sitio	
		Contaminación del suelo	Critico	N/A	N/A	Se puede retirar los residuos eliminando la contaminación física, aunque la contaminación química no se puede revertir, se puede reducir al retirar los residuos.	

	Recurso hídrico superficial	Contaminación del recurso hídrico superficial	Leve	N/A	N/A	Se puede reducir al retirar los desechos	Se pueden mejorar las condiciones del sitio con el fin de reducir la infiltración y la escorrentía.
Biótico	Flora	Perdida de cobertura vegetal	Leve	N/A	N/A	Se pueden realizar actividades de recuperación de la cobertura vegetal	Se pueden realizar acciones de enriquecimiento y reforestación en la zona.
Socio-económico	Paisaje	Alteración en la fragilidad y calidad visual	Leve	N/A	N/A	Se puede recuperar el paisaje que estaba anteriormente de manera asistida	Se puede mejorar el paisaje de la zona a través de la rehabilitación de las áreas y el enriquecimiento.
		Cambio en la percepción del paisaje	Leve	N/A	N/A	Se puede corregir la percepción del paisaje, realizando acciones de mejoras del paisaje.	Se puede cambiar la percepción del paisaje, realizando acciones de mejoras del paisaje.
	Dinámica institucional	Cambios en las relaciones entre organizaciones públicas, privadas y comunidad	Leve	N/A	N/A	Se puede fortalecer las relaciones a través de la implementación de diversas acciones que mejoren las condiciones del área	Se puede fortalecer las relaciones a través de la implementación de diversas acciones que mejoren las condiciones del área

	Uso del suelo	Conflicto en el uso del suelo	Leve	N/A	N/A	Se puede realizar el retiro del material para no estar en conflicto	Se pueden realizar acciones de la rehabilitación del área buscando un uso protector con el fin de compensar la contaminación generada.

Realizando un análisis se evaluaron las siguientes alternativas:

Alternativa 1: No realizar ninguna acción.

Al no realizarse ninguna acción pueden ocurrir dos cosas, la primera que se dé una recuperación natural de la zona, ya que como se observa en el predio, las áreas de los rellenos ya están cubiertas por vegetación, sin embargo, este proceso natural sería muy demorado. La otra alternativa que se puede presentar puede ser que se genere una degradación del área, esto debido a las dinámicas y tensionantes actuales que se presentan en el predio, esto podría causar erosión, aumentar la contaminación, aumentar el cambio de uso de suelo, aumentar la cantidad de lixiviados, así como posibles accidentes relacionados a incendios causados de manera antrópica. Por lo anterior esta alternativa no es recomendable.

Alternativa 2: Retirar el material del sitio

Se puede realizar acciones para retirar los residuos solidos dispuestos y llevarlos a un lugar donde se realice la disposición correcta de los mismos. Para llevar a cabo este retiro de materia es necesario llevar a cabo varias actividades, sin embargo, estas actividades generarían nuevos impactos en la zona. Se establecieron las actividades a realizar para llevar a cabo el retiro y se identifico los posibles impactos que se generarían.

COMPONENTE AIRE	
ACTIVIDADES	**IMPACTOS**
Descapote de terreno	* Contaminación por partículas y gases.
Movimientos de tierra y explanaciones	
Disposición final de los residuos	
Explanación del terreno	

Almacenamiento temporal de escombros dentro del área del proyecto.	* Contaminación por ruido y vibraciones • Contaminación por olores • Altas emisiones de CO2 debido al uso de maquinaria pesada y de transporte.
Definición de áreas específicas para colocación de escombros correctamente demarcadas, señalizadas y optimizadas.	
Transporte de residuos y escombros dentro del área de proyecto y hacia el sitio de disposición final.	

COMPONENTE SUELO	
ACTIVIDADES	**IMPACTOS**
Descapote de terreno	* Aumento de procesos erosivos. * Contaminación por derrame de hidrocarburos. * Perdida de la capa fértil del terreno. *Cambios en la morfología y topografía. *Cambios en la composición del suelo donde serán dispuestos los escombros. * Compactación del suelo.
Movimientos de tierra y explanaciones	
Disposición final de los residuos	
Explanación del terreno	
Almacenamiento temporal de escombros dentro del área del proyecto.	
Definición de áreas específicas para colocación de escombros correctamente demarcadas, señalizadas y optimizadas.	
Transporte de residuos y escombros dentro del área de proyecto y hacia el sitio de disposición final.	
Eliminación total o parcial de la vegetación	

COMPONENTE AGUA	
ACTIVIDADES	**IMPACTOS**
Descapote de terreno	* Contaminación por partículas sedimentarias * Contaminación por derrame de hidrocarburos. * Aumento de la contaminación por infiltración – efectos en la capacidad de recarga
Movimientos de tierra y explanaciones	
Disposición final de los residuos	
Explanación del terreno	
Almacenamiento temporal de escombros dentro del área del proyecto.	

Definición de áreas específicas para colocación de escombros correctamente demarcadas, señalizadas y optimizadas.	*Alteración del sistema local de drenaje pluvial
Transporte de residuos y escombros dentro del área de proyecto y hacia el sitio de disposición final.	
Eliminación total o parcial de la vegetación	

COMPONENTE BIÓTICO	
ACTIVIDADES	**IMPACTOS**
Descapote de terreno	* Eliminación de la cubierta vegetal. * Eliminación de hábitat para las especies de fauna que ya se hayan adaptado en el área. * Perdida del proceso de recuperación del área que se ha dado naturalmente hasta el momento.
Movimientos de tierra y explanaciones	
Disposición final de los residuos	
Explanación del terreno	
Almacenamiento temporal de escombros dentro del área del proyecto.	
Definición de áreas específicas para colocación de escombros correctamente demarcadas, señalizadas y optimizadas.	
Transporte de residuos y escombros dentro del área de proyecto y hacia el sitio de disposición final.	
Eliminación total o parcial de la vegetación	

COMPONENTE DEL PAISAJE	
ACTIVIDADES	**IMPACTOS**
Descapote de terreno	* Impacto visual por acumulación temporal de residuos. * Impacto visual por presencia de maquinaria para transporte de los residuos. * Cambios en el paisaje
Movimientos de tierra y explanaciones	
Disposición final de los residuos	
Explanación del terreno	
Almacenamiento temporal de los residuos dentro del área del proyecto.	

Definición de áreas específicas para colocación de escombros correctamente demarcadas, señalizadas y optimizadas.	
Transporte de residuos y escombros dentro del área de proyecto y hacia el sitio de disposición final.	
Eliminación total o parcial de la vegetación	

Al realizar el análisis de los impactos generados por el retiro de los residuos depositados en el predio, se relacionó el área de 8640 m2 afectada, con los posibles impactos generados, encontrando que los impactos negativos al medio ambiente son mayores que los impactos positivos de retirar el material, adicionalmente se consideró los grandes esfuerzos en logística, capacitación del personal y costos económicos. Por lo que esta alternativa no se considera como la más optima.

Alternativa 3. Rehabilitación del área

Si bien no se puede revertir los impactos que la disposición de los residuos, se pueden realizar diversas acciones encaminadas a compensar los daños realizados, esto a través de la recuperación de las funciones de la zona por medio de una rehabilitación asistida, además de realizar enriquecimientos en áreas importantes de la zona.

Las acciones pueden permitir el mejoramiento del suelo a través del aporte de materia orgánica, además de aportar a la estabilidad del terreno con la presencia de árboles, también se puede aportar a la atmosfera con la presencia de arboles debido a la captura de carbono que realizan, pueden brindar alimento y hábitat para diferentes especies de fauna. Adicionalmente la presencia de cobertura vegetal influye en el comportamiento de los lixiviados ya que los árboles desempeñan importantes funciones de amortiguación, como el enfriamiento, la intercepción de la lluvia, la infiltración y la retención del agua. Además, pueden mantener una elevada calidad del agua, influyen en la cantidad de agua disponible y regulan el flujo de las aguas de superficie y subterráneas, también ayudan a mitigar los fenómenos meteorológicos extremos y reducir los efectos del cambio climático en los recursos hídricos.

Aunque llevar a cabo estas acciones también tienen algunos impactos negativos tales como contaminación por generación de residuos, contaminación atmosférica por el transporte de insumos son mucho menores que en la alternativa anterior. Además, se generan algunos impactos positivos ya que el paisaje mejora, se atrae fauna lo que brinda bienestar a la comunidad contigua a esta zona.

Si bien se realizarían acciones para rehabilitar la zona, no se puede desconocer que los residuos siguen allí, sin embargo, los resultados de los análisis muestran que no existe infiltración al acuífero y que además la presencia de contaminantes no supera los limites permisibles, es por esto que es necesario realizar el monitoreo con el fin de identificar anomalías, así mismo es necesario tomar algunas medidas de seguridad.

Se analizó el costo beneficio de las diferentes alternativas, teniendo en cuenta el área a intervenir la cual es pequeña, los impactos en el ambiente de ejecutar las acciones, el esfuerzo logístico y el costo económico, la alternativa seleccionada fue la alternativa 3.

Teniendo en cuenta lo anterior se establecieron los objetivos del plan de recuperación, a partir de estos se diseñaron diferentes programas para cumplir con dichos objetivos y la forma en como monitorear los resultados de las acciones a implementar en el área.

OBJETIVOS Y METAS DEL PLAN DE RECUPERACIÓN

Las acciones propuestas están basadas en los resultados obtenidos de la visita en campo, la información secundaria, las muestras tomadas y los análisis realizados. Estas acciones están alineadas bajo el marco del Manual de Compensaciones de componente biótico (MADS).

Objetivo general	Objetivos específicos	Meta	Criterio	Tipo indicador
Generar la recuperación del área intervenida, a través de la compensación y/o rehabilitación, señalización y monitoreo de área, con el fin de compensar los impactos negativos del relleno.	1. Aportar a la rehabilitación de las áreas de relleno a través del establecimiento de cobertura vegetal	Asegurar el desarrollo de la cobertura vegetal establecida con el fin que perdure en el tiempo	Estructura	Efectividad
	2. Establecer un corredor biológico contiguo a las áreas de relleno	Incrementar la densidad de individuos de especies nativas	Estructura	Efectividad
	3. Prevenir desastres y accidentes dentro de las áreas del relleno	Delimitar y aislar el 100 % de las áreas de relleno, con el fin de disminuir riesgos de desastres o accidentes		Gestión
		Señalizar las áreas de relleno con el fin de informar la presencia de peligro en las áreas del relleno		Gestión
	4. Monitorear los lixiviados generados por el relleno	Revisar que se esté bajo los límites permisibles	Composición	

PROGRAMAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS ACCIONES DE RECUPERACIÓN ECOLÓGICA

Programa 1 – Rehabilitación de las áreas de relleno

El programa de rehabilitación de las áreas de relleno busca que estas zonas sean nuevamente funcionales para la vegetación ya que se presentó un cambio en el uso del suelo, además que aporte al paisaje y la disminución de infiltración la cual aumenta el transporte de sustancias contaminantes. Para tal fin se realizará el establecimiento de especies nativas de porte bajo y medio, con posibilidades de cubrir más rápidamente las superficies desprovistas de vegetación.

Según lo establecido por el Ministerio de Ambiente Y desarrollo sostenible (2015) La minería obras e infraestructura entre otros trae consigo cambios drásticos en la estructura del suelo, como compactación del suelo, la erosión de los mismos, fenómeno acelerado por factores climáticos como el viento y la precipitación. Los efectos producidos también incluyen degradación del paisaje, pérdida de cobertura vegetal, aumento de niveles de ruido y material particulado.

Así mismo una alternativa para compensar los efectos mencionados anteriormente es el enriquecimiento con especies forestales de las áreas degradadas el cual consiste en realizar labores de establecimiento de especies nativas. Este tipo de reforestación se establece con el propósito de proteger y contribuir a la estabilización y rehabilitación de terrenos donde existen fuertes problemas de pérdida de vegetación y erosión de suelo.

Dentro de las áreas donde se dispusieron escombros se propone realizar un enriquecimiento forestal, para potenciar los diferentes procesos sucesiónales de los bosques, sembrando especies pioneras y especies perennes que protejan el área afectada; En ocasiones donde el disturbio ha reducido al mínimo la presencia de cobertura natural es necesario incluir una densidad suficiente de especies en las zonas afectadas, ya que se ha perdido la capacidad para colonizar.



Figura 6. Área a reforestar

- **Identificación de especies de referencia**

Si bien el programa presenta un enfoque de rehabilitación el cual no requiere necesariamente la definición de un ecosistema de referencia, se plantea como modelo el ecosistema natural de la cobertura del bosque. Por lo que fue necesario realizar la identificación de las especies presentes naturalmente en la zona para ello se realizó el estudio de vegetación en el área y adicionalmente se consultó fuentes de información secundaria tal como se estableció en la línea base. La identificación de estas especies nativas puede contribuir a la aceleración de los procesos de sucesión ecológica.

- **Estado actual del área y potencial de regeneración**

Este programa surge además porque en la zona se evidencian procesos de regeneración natural al apreciarse la presencia de especies generalistas tanto gramíneas como arbustivas presentando un comportamiento pionero, indicando que la presencia de residuos sólidos y contaminantes presentes no se encuentran en niveles que afectan el desarrollo de las plantas. Sin embargo el proceso de recuperación natural se puede ser más lento debido a las alteraciones físicas y químicas producidas tras el depósito de los materiales, es por esta razón que se pretende acelerar el proceso de recuperación con la siembra de especies nativas, las cuales podrán aportar material orgánico a la zona, a la estructura de material en el suelo, a la disminución de olores en caso de que se presenten, al paisaje visual del área brindado bienestar a los residentes y disminuirá la infiltración ya que aumenta la interceptación del agua antes que llegue a zonas más profundas además de disminuir la escorrentía, lo que traerá como consecuencia la disminución de erosión y el transporte de sustancias contaminantes.

- **Caracterización de especies nativas a plantar**

Dentro de la zona total de estudio (1100m2) se encontraron 62 individuos de árboles pertenecientes a 15 familias, 24 géneros y 24 especies, el bajo número de individuos registrados se debe posiblemente a la intensa dinámica de la vegetación influenciada por actividades agrícolas, y la presencia de escombros, haciendo que los individuos de mayor tamaño presentes tengan un bajo número de registro.

Las especies seleccionadas para el proceso de rehabilitación están relacionadas directamente con el sistema de referencia, a continuación, se mencionan las características evaluadas:

- Presentarse dentro de la composición y estructura de los bosques de la zona.

- Ser especies rusticas.
- Aporten a las propiedades y estabilidad del suelo.
- Alta capacidad de reproducción
- Especies en la primera etapa de sucesión.
- Disponibilidad en viveros

Cabe resaltar que debido a las condiciones del sitio se debe evaluar la adaptación de las siguientes especies propuestas, en caso que no se adapten se debe resembrar con diferentes especies, tomando en cuenta las características mencionadas anteriormente.

Algunas de las especies propuestas son *Senna reticulada* la cual presenta el mayor índice de valor de importancia en el ecosistema de referencia siendo indicador del potencial de regeneración y colonización, además presenta funciones ecológicas importantes en la recuperación de los suelos al aportar nutrientes principalmente nitrógeno. Otra de las especies que presenta funciones esenciales para la protección de los suelos es *Morella pubescens* la cual se encuentran en simbiosis con el actinomiceto del género Frankia, conocido como actinorriza. La simbiosis le permite a la planta fijar dinitrogeno y al actinomiceto adquirir fuentes de carbono (Rodrigez & Velasco, 2008). También se seleccionó la especie *Cecropia angustifolia* ya que se desarrolla en diversos tipos de suelos, es una especie pionera de vegetación secundaria y tiene alta capacidad de colonización. *Cordia alliodora* es una especie con alta adaptación a diferentes tipos de suelos incluso los infértiles, su crecimiento se ve favorecido en áreas con perturbaciones, contribuye a la conservación del suelo, a controlar la erosión y mejora su fertilidad.

Diseño florístico

En esta parte del proceso se determina en qué puntos del terreno se van a plantar los árboles de acuerdo con las diferentes condiciones topográficas del mismo. Los diseños florísticos deben posibilitar una identidad ecológica al reincorporar las coberturas vegetales nativas (UICN, 2016) .

A continuación, se muestra, La distribución espacial de los individuos se proponen parches o núcleos de enriquecimiento mixtos de las especies nativas en las zonas afectadas por la disposición de escombros. En el centro, se sembrarán árboles de distintas especies, en tresbolillo a 1,5 m. de distancia. Luego, como barrera protectora, se sembrarán a distancia de 2 m. entre individuos, de distintas especies.

La UICN (2016) considera la nucleación como un proceso que implica cualquier elemento biológico o abiótico que fomente la formación de nichos de regeneración y colonización de nuevas poblaciones a través de la facilitación y la generación de nuevas conexiones en el paisaje degradado.

La aplicación de núcleos de restauración consiste en el establecimiento de grupos de especies de plantas leñosas nativas con funciones facilitadoras, propias de diferentes estadios sucesionales, en los denominados núcleos, distribuidos en el espacio, donde el desarrollo de la especie central es privilegiado por franjas exteriores que actúan como una protección (Corbin & Holl, 2012)

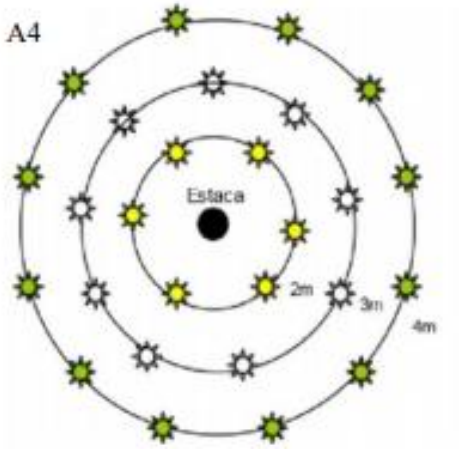


Figura 7. Diseño de módulos mixtos

Fuente: (Fundacion Natura, 2013)

Otra distribución espacial propuesta es que el arreglo sea a tres bolillos, ya que con pendientes de moderadas a leves es el arreglo más eficiente.

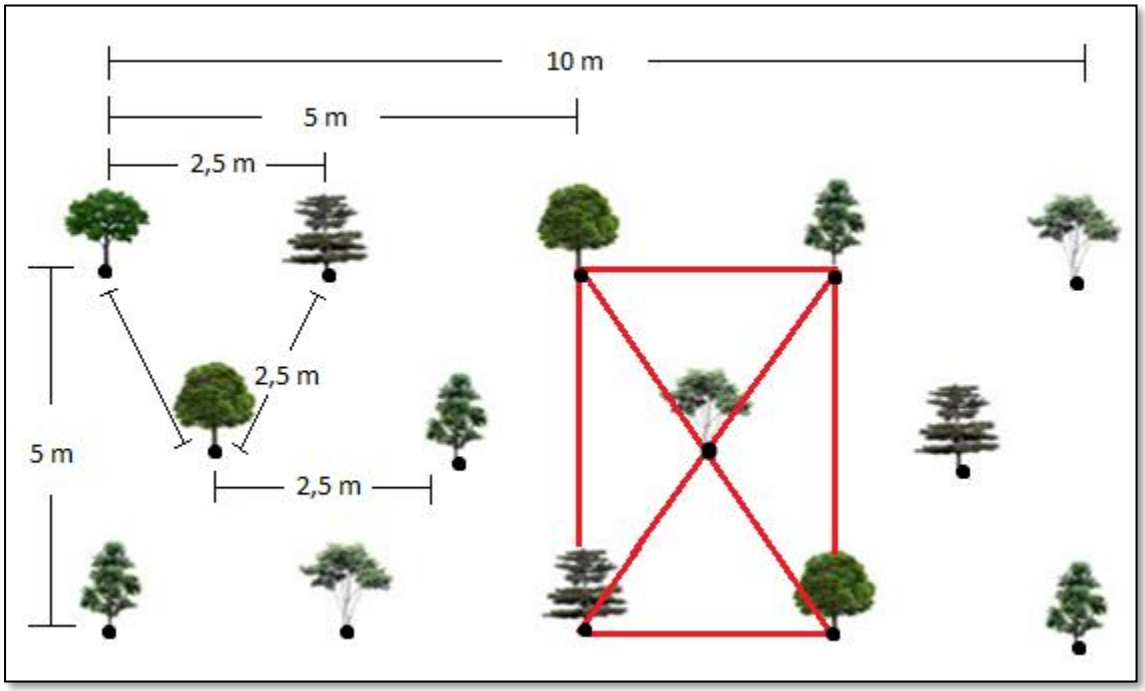


Figura 8. Distribución en tres bolillos

La siguiente fórmula determina el número de plántulas por superficie en un arreglo a tres bolillos.

$$\mathbf{N = Área.\ m^2 / (d * d) * Cos\ 30°}$$

Donde:

N: Número de plantas
A: Área en metros cuadrados
d: Distancia entre plántulas

- **Labores para la rehabilitación de las áreas de relleno.**

Establecimiento

- Análisis de suelos

Se tomarán muestras del material presente en el suelo con el fin de identificar los elementos presentes tales como nitrógeno, fosforo y potasio principalmente y si hay

presencia de elementos menores. También se analizará el pH del material con el fin de determinar las dosis de enmiendas a realizar y de fertilizante.

- Rocería

Esta actividad consiste en retirar el material vegetal de competencia para los árboles tales como las gramíneas que está dentro del área, el material arbustivo se dejará en la zona. Esta rocería se realizará con guadaña y machete en los sitios que sea necesario, el material retirado se dejará en el sitio con el fin que se descomponga. Esta actividad se realiza con el objetivo de eliminar la competencia para las plantas por luz, espacio, nutrientes y agua.

- Trazado

Esta actividad se realizará según el diseño florístico seleccionado a una distancia de 2m, se utilizará una guaya con perros para indicar el punto de ahoyado.

- Plateo

Se realizará el plateo en los puntos donde se va a sembrar las plantas, el plateo tendrá una dimensión de 1 metro de diámetro alrededor del punto marcado, este se realizará con azadón eliminando las arvenses que puedan competir con el árbol que se va a sembrar.

- Ahoyado

Luego de ubicar los puntos y realizado el plateo se procede a realizar la excavación con el fin de hacer los hoyos para el trasplante de las plántulas a campo. Los hoyos se realizarán con una dimensión de 30cm x 30cm x 30cm con la ayuda de una pala draga o palín. Si el material excavado presenta algún residuo solido muy grande este deberá retirarse y disponerse adecuadamente

- Aplicación de enmienda y materia orgánica

Posterior al ahoyado se aplicará a la pila de material excavado la enmienda requerida según el análisis de suelos, además se agregará como mínimo 3 kg de materia orgánica por árbol, el material con la enmienda se mezcla con la materia orgánica para ser incorporada al hoyo nuevamente cuando se realice la siembra.

- Siembra

La siembra se realizará en época de lluvias con el fin de favorecer la adaptación de las plantas y su desarrollo inicial, ya que las plantas en su etapa inicial requieren de agua permanentemente, al hacerlo en esta época se asegura la disponibilidad de agua, minimizando las probabilidades de muerte de los individuos y evitando hacer riegos asistidos diariamente. Se distribuirá los individuos al lado de cada hoyo, una vez realizada

esta actividad, se procederá a sembrar cada árbol distribuido al lado del hoyo, quitando la bolsa a cada árbol sin dañar el pan de tierra de la planta, se introducirá la planta al hoyo se llenará el hoyo teniendo en cuenta que el cuello del árbol no quede por debajo del nivel del suelo, por último se hará presión sobre el sustrato para que no quede espacios que puedan llenarse de agua y podrir las raíces de la planta, en este proceso se asegurará que la planta quede erguida y recta.

- Fertilización

Esta actividad consiste en la aplicación de enmiendas nutricionales a través de la aplicación de fertilizante al suelo, estos favorecen el crecimiento de las plantas y el aumento de biomasa.

Para llevar a cabo esta actividad se tendrá en cuenta el análisis físico y químico realizado al material presente en el suelo, a partir de estos resultados se definirá la dosis exacta de fertilizante, este tendrá los componentes básicos como lo son el nitrógeno, el potasio y el fósforo. La aplicación del fertilizante se realizará una perforación alrededor del árbol a una distancia mínima de 15 cm, en caso de existir pendientes esta de debe realizar en la parte superior del árbol.

- Tutorado

Con el fin de ayudar a los árboles a crecer rectos, mantener el equilibrio, evitar volcamientos mientras este lignifica sus tallos, se pondrá un tutor de madera a cada árbol.

Mantenimiento

- Plateo

Se realizará un plateo de un metro de diámetro alrededor del árbol con azadón o pala curva quitando todas las arvenses competidoras, una vez al mes durante seis meses después del establecimiento, y posterior a ello se realizará un plateo cada tres meses durante los tres años posteriores al establecimiento, dejando el plato listo para realizar la fertilización.

- Fertilización

Se emplearán las dosificaciones requeridas según el análisis de suelos, donde se aplicará el fertilizante enterrado a una distancia mínima de 15 cm, del fuste de la planta si es granulada o en corona si es en polvo en la parte superior del plateo con respecto a la pendiente. Se realizará la aplicación del fertilizante mínimo dos veces al año durante tres años.

- Control fitosanitario

Los controles se realizarán a lo largo de los mantenimientos, observando que los individuos sembrados no tengan ni signos ni síntomas de un ataque de insectos u hongos. En caso de presentarse algún patógeno que tenga alta afectación e incidencia en las plantas se deberá tomar las medidas pertinentes.

- Resiembra

Se realizará la sustitución de las plantas que se mueran y se sustituirán por la misma especie muerta, en caso de una baja adaptabilidad de la especie se sustituirá por otra que se haya adaptado mejor. Esta resiembra se realizará en los meses de inicio de precipitaciones.

Programa 2 – Corredor biológico

El programa de corredor biológico busca la conectividad entre la vegetación de la quebrada la Silvia con los parches de vegetación que se establezcan en las áreas de relleno además de los existentes en el predio alrededor del área de relleno. Como se puede observar en las imágenes del cambio morfológico se observa un cuerpo de agua, donde en el año 2009 estaba rodeado de vegetación, sin embargo, en la imagen del 2019 se observa gran pérdida de vegetación y cambios en el uso de suelo principalmente a cultivos.

En vista que las actividades realizadas en el relleno pueden contribuir a la contaminación del agua y el cambio de cobertura en el cuerpo de agua ha afectado su estado natural se pretende contribuir a la mejora en la regulación del ciclo hidrológico, proteger los cauces de las quebradas y el control de corrientes. Adicionalmente reducir los procesos de erosión principalmente los relacionados con el golpe de la precipitación directa y la escorrentía superficial, además contribuir con las condiciones del suelo. Por otro lado, se incrementa la disponibilidad de hábitat lo cual lleva a una mejora de la biodiversidad local y generar condiciones de microclima aptas para la regeneración natural a futuro

Por lo anterior se plantea realizar el enriquecimiento en las áreas boscosas y establecimiento completo donde se requiera, alrededor del cuerpo de agua dentro del predio, con especies nativas propias de los bosques de la zona.



Figura 9. Drenaje a reforestar

- **Identificación de especies de referencia**

Para la selección de especies es necesario identificar la composición florística y la diversidad de las especies que permita entender la dinámica ecológica de los ecosistemas presentes en la zona, para ello se realizó el estudio de vegetación en el área y adicionalmente se consultó fuentes de información secundaria tal como se estableció en la línea base. La identificación de estas especies nativas puede contribuir a la aceleración de los procesos de sucesión ecológica.

- **Estado actual del área y potencial de regeneración**

Dentro del área objeto de recuperación en este programa, hay la presencia de relictos boscosos, principalmente de guadua, sin embargo, a lo largo del cauce se pueden observar otras especies arbóreas en estado de latizal, brinzal y algunos fustales, esto indica que se puede llegar a un estado de regeneración fácilmente realizando intervenciones de enriquecimiento principalmente. En el estado que se encuentra la cobertura se pueden utilizar especies heliófitas efímeras y durables.

- **Caracterización de especies nativas a plantar**

Dentro de la zona total de estudio (1100m2) se encontraron 62 individuos de árboles pertenecientes a 15 familias, 24 géneros y 24 especies, el bajo número de individuos registrados se debe posiblemente a la intensa dinámica de la vegetación influenciada por actividades agrícolas, haciendo que los individuos de mayor tamaño presentes tengan un bajo número de registro.

Las especies seleccionadas para el proceso de recuperación por medio de un corredor biológico están relacionadas directamente con el sistema de referencia, a continuación, se mencionan las características evaluadas:

- Presentarse dentro de la composición y estructura de los bosques de la zona.
- Con tolerancia total o parcial a luz
- Aporten a las propiedades y estabilidad del suelo.
- Con capacidad de colonización dentro y fuera del bosque
- Crecimiento rápido a medio
- Disponibilidad en viveros

Algunas de las especies propuestas son: *Cedrela Odorata,* contribuyendo a la conservación de la especie debido a que se encuentra en la categoría de peligro según el estado de conservación de las especies censadas en los libros rojos de plantas de Colombia. *Trichanthera gigantea* es un árbol multipropósito, se utiliza para la protección de nacimientos y corrientes de agua, adicionalmente proporciona alimento para diferentes especies animales ya que tiene alto valor nutricional, además contribuye a la recuperación de zonas degradadas. *Erythrina rubrinervia* es una especie de rápido crecimiento, fijadora de nitrógeno en el suelo, aporta gran cantidad de materia orgánica ya que es caducifolio, además es alimento de avifauna. *Cordia alliodora* es una especie con alta adaptación a diferentes tipos de suelos, su crecimiento se ve favorecido en áreas con perturbaciones, contribuye a la conservación del suelo y a su fertilidad. *Ceiba pentandra* es una especie presente en los márgenes de los ríos, crecer en gran variedad de condiciones edáficas, coloniza con facilidad áreas deforestadas. *Ochroma pyramidale* es una especie pionera que se desarrolla cerca a corrientes de agua, crece fácilmente en claros y presenta crecimiento rápido.

Diseño florístico

La distribución en terreno de las plantas deberá realizarse según la presencia de individuos en la zona, dicha distribución será principalmente en tres bolillos a una distancia de 2m x 2m.

Así mismo se sembrará alrededor del cuerpo de agua, a unos 10 m de distancia del dentro del cauce por lado y lado, es decir se sembrará una faja con 20 m de ancho y aproximadamente 500 m de longitud.

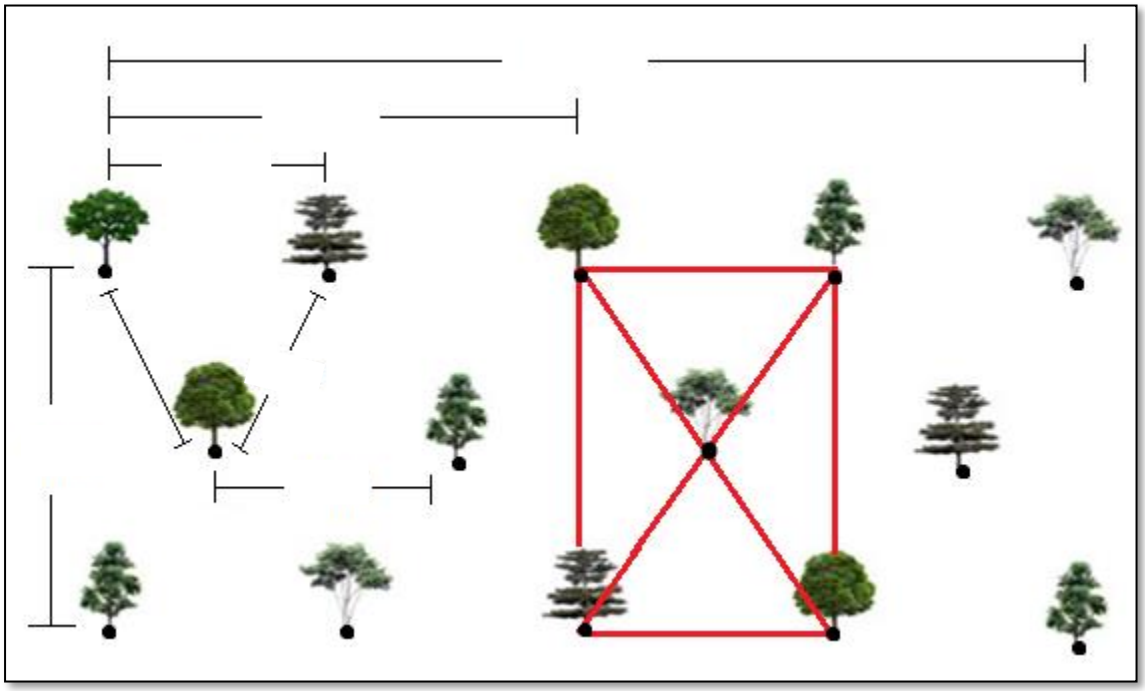


Figura 10. Distribución en tres bolillos

La siguiente fórmula determina el número de plántulas por superficie en un arreglo a tres bolillos.

$$\mathbf{N = Área.\ m^2 / (d * d) * Cos\ 30°}$$

Donde:

N: Número de plantas
A: Área en metros cuadrados
d: Distancia entre plántulas

- **Labores para la rehabilitación de las áreas de relleno.**

Establecimiento

- Análisis de suelos

Se tomarán muestras del material presente en el suelo con el fin de identificar los elementos presentes tales como nitrógeno, fosforo y potasio principalmente y si hay presencia de elementos menores. También se analizará el pH del material con el fin de determinar las dosis de enmiendas a realizar y de fertilizante.

- Rocería

Esta actividad consiste en retirar el material vegetal de competencia para los árboles tales como las gramíneas, el material arbustivo y arbóreo se dejará en la zona. Esta rocería se realizará con guadaña y machete en los sitios que sea necesario, el material retirado se dejará en el sitio con el fin que se descomponga. Esta actividad se realiza con el objetivo de eliminar la competencia para las plantas por luz, espacio, nutrientes y agua. Esta actividad se realizará en zonas donde se deba realizar un establecimiento completo.

- Trazado

Esta actividad se realizará según el diseño florístico seleccionado a una distancia de 2m, se utilizará una guaya con perros para indicar el punto de ahoyado.

- Plateo

Se realizará el plateo en los puntos donde se va a sembrar las plantas, el plateo tendrá una dimensión de 1 metro de diámetro alrededor del punto marcado, este se realizará con azadón eliminando las arvenses que puedan competir con el árbol que se va a sembrar.

- Ahoyado

Luego de ubicar los puntos y realizado el plateo se procede a realizar la excavación con el fin de hacer los hoyos para el trasplante de las plántulas a campo. Los hoyos se realizarán con una dimensión de 30cm x 30cm x 30cm con la ayuda de una pala draga o palín.

- Aplicación de enmienda

Posterior al ahoyado se aplicará a la pila de tierra excavada la enmienda si se requiere según el análisis de suelos, la tierra se mezclará con la enmienda para ser incorporada al hoyo nuevamente cuando se realice la siembra.

- Siembra

La siembra se realizará en época de lluvias con el fin de favorecer la adaptación de las plantas y su desarrollo inicial, ya que las plantas en su etapa inicial requieren de agua permanentemente, al hacerlo en esta época se asegura la disponibilidad de agua, minimizando las probabilidades de muerte de los individuos y evitando hacer riegos asistidos diariamente. Se distribuirá los individuos al lado de cada hoyo, una vez realizada esta actividad, se procederá a sembrar cada árbol distribuido al lado del hoyo, quitando la bolsa a cada árbol sin dañar el pan de tierra de la planta, se introducirá la planta al hoyo se llenará el hoyo teniendo en cuenta que el cuello del árbol no quede por debajo del nivel del suelo, por último se hará presión sobre el sustrato para que no quede espacios que puedan llenarse de agua y podrir las raíces de la planta, en este proceso se asegurará que la planta quede erguida y recta.

- Fertilización

Esta actividad consiste en la aplicación de enmiendas nutricionales a través de la aplicación de fertilizante al suelo, estos favorecen el crecimiento de las plantas y el aumento de biomasa.

Para llevar a cabo esta actividad se tendrá en cuenta el análisis físico y químico realizado al material presente en el suelo, a partir de estos resultados se definirá la dosis exacta de fertilizante, este tendrá los componentes básicos como lo son el nitrógeno, el potasio y el fósforo. La aplicación del fertilizante se realizará una perforación alrededor del árbol a una distancia mínima de 15 cm.

- Tutorado

Con el fin de ayudar a los árboles a crecer rectos, mantener el equilibrio, evitar volcamientos mientras este lignifica sus tallos, se pondrá un tutor de madera a cada árbol.

Mantenimiento

- Plateo

Se realizará un plateo de un metro de diámetro alrededor del árbol con azadón o pala curva quitando todas las arvenses competidoras, una vez al mes durante seis meses

después del establecimiento, y posterior a ello se realizará un plateo cada tres meses durante los tres años posteriores al establecimiento, dejando el plato listo para realizar la fertilización.

- Fertilización

Se emplearán las dosificaciones requeridas por la planta según análisis de suelos, donde se aplicará el fertilizante enterrado a una distancia mínima de 15 cm, del fuste de la planta si es granulada o en corona si es en polvo en la parte superior del plateo con respecto a la pendiente. Se realizará la aplicación del fertilizante mínimo dos veces al año durante tres años.

- Control fitosanitario

Los controles se realizarán a lo largo de los mantenimientos, observando que los individuos sembrados que no tengan ni signos ni síntomas de un ataque de insectos u hongos. En caso de presentarse algún patógeno que tenga alta afectación e incidencia en las plantas se deberá tomar las medidas pertinentes.

- Resiembra

Se realizará la sustitución de las plantas que se mueran y se sustituirán por la misma especie muerta, en caso de una baja adaptabilidad de la especie se sustituirá por otra que se haya adaptado mejor. Esta resiembra se realizará en los meses de inicio de precipitaciones.

Programa 3 – Prevención de desastres y accidentes en las áreas de relleno

Este programa busca controlar la existencia de incidentes dentro de las áreas de relleno, si bien los resultados del laboratorio arrojaron que no hay presencia de residuos tóxicos, ni explosivos, reactivos, inflamables o corrosivos, si existe la presencia de residuos combustibles, tales como trozos de madera y plástico, adicionalmente se encontró contaminación biológica. Por lo anterior se pretende reducir al máximo el riesgo de incendios en la zona el cual podría propagarse por el predio, afectando la vegetación, los cultivos y a las personas.

Por lo anterior se propone tres acciones para la disminución de los riesgos las cuales son:

Aislamiento de las áreas

Se propone realizar el cerramiento de las áreas del relleno con el establecimiento de una cerca con postes, con el fin de evitar la entrada de personas a las áreas que puedan generar fuentes de incendio, el acceso solo estará permitido para las personas que realicen el mantenimiento de los árboles, tomando todas las medidas de seguridad.

Siguiendo las recomendaciones del PNR el cercado se realizará con alambre de púas y la distancia entre postes dependerá de la topografía del terreno, teniendo como referencia la distancia máxima de 3 metros entre cada uno de ellos, también se deberá establecer pie de amigos para asegurar la estabilidad de la cerca, el número de estos dependerá de la forma del polígono. El material de los postes y su altura podrá ser variable, pero su longitud deberá garantizar que se puedan extender como mínimo cuatro hilos de alambre distanciados entre sí. El primer hilo de abajo hacia arriba (el más cercano al suelo) debe conservar una altura de 40 cm como mínimo a lo largo de todo el cerramiento, con el objetivo de evitar que este se convierta en una barrera que impida el tránsito de la fauna nativa.

Para lo anterior se delimitará el perímetro de las áreas del relleno, a estas áreas se le debe adicionar 4 metros alrededor de está con el fin de tener un espacio que funcione como barrera de aislamiento ya sea que se presente un incendio fuera o dentro del área. A los 4 metros del perímetro de las áreas se establecerá la cerca, este aislamiento implica las siguientes actividades: Limpieza del terreno, ahoyado, hincado de postes, tensado y grapado del alambre.

Barreras cortafuego

Debido a que el objetivo es reducir al máximo el riesgo de incendios que puedan presentarse en las áreas de relleno, se deberá realizar barreras cortafuegos dentro y fuera

de la cerca, para la parte interna de la cerca se deberá realizar una barrera de mínimo 4 metros, la parte externa deberá tener una barrera de 2 metros ancho. Estas barreras se podrán realizar de manera mecanizada con guadaña y complementar con azadón. Las barreras cortafuego se deben realizar cuando se establezca la cerca y se les realizará un mantenimiento cuando finalice la época de lluvia, ya que en época seca se incrementa el riesgo de incendios.

Señalización de las áreas

El objetivo de realizar la señalización es llamar la atención de las personas de manera rápida con el fin de advertir la ubicación y el peligro presente en las áreas del relleno informando la presencia de residuos sólidos. Así mismo se deberá establecer señales de prohibición de acceso a la zona, arrojar colillas, verter sustancias inflamables. Para ello se deberá instalar una vaya informativa e incluir las señales de advertencia y prohibición, similares a las siguientes.



Figura 11. Señales de seguridad

Programa 4 – Monitoreo de lixiviados

Debido a la disposición de residuos en el suelo de la Finca La Finca la Babilonia en La Tebaida, se presenta la afectación del mismo, para esto se realizó los estudios definidos en la Línea base, dichos estudios arrojaron que si bien existe la presencia de algunos elementos tóxicos estos no superan los límites permisibles por la normatividad colombiana, también como se mencionó anteriormente no existe la presencia de residuos catalogados como explosivos, corrosivos, inflamables o reactivos, adicionalmente el

análisis hidrogeológico muestra la presencia de una capa impermeable que evita que los lixiviados lleguen al acuífero.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que el análisis se realizó con un muestreo por esta razón este programa tiene como objetivo monitorear la concentración de sustancias contaminantes en los lixiviados que se generen en las áreas e identificar la cantidad que está llegando a la Quebrada La Silvia la cual está al lado del predio.

Los lixiviados son los líquidos que se generan por la liberación del exceso de agua de los residuos sólidos y por la percolación de agua pluvial a través de los estratos de los residuos. Los lixiviados son los principales contaminantes generados por un relleno ya que arrastran materiales disueltos, en suspensión, fijo o volátil, sales inorgánicas y metales pesados. Es por esta razón que en caso es importante monitorearlos, ya que como se mencionó anteriormente los estudios arrojaron una contaminación de materiales dentro de los niveles permisibles, sin embargo, se debe monitorear que los lixiviados no vayan a superar dichos niveles.

Como primera medida se debe realizar el cálculo de la cantidad de lixiviados, para esto existen diversos métodos que relacionan la precipitación, la evapotranspiración, escorrentía superficial y el depósito de los residuos. Veit et al en 1983 desarrollaron una expresión simple para el cálculo de los lixiviados, estos se basan en la precipitación, la superficie receptiva del terreno y un coeficiente determinado por el grado de compactación de los residuos.

Para este caso se recomienda el método suizo, sin embargo, se permite el uso de otros métodos, esto dependerá de diversos factores como por ejemplo los recursos disponibles. El método suizo permite estimar de manera rápida y sencilla el caudal de lixiviado o liquido percolado utilizando las variables de precipitación, área superficial del relleno, el tiempo en segundo en un año y un coeficiente según el grado de compactación de los residuos. Sin embargo, el relleno presente en la fina La Babilonia es muy pequeño por lo que se debe hacer una modificación ya que por el área la generación de lixiviados se presenta principalmente en los periodos de lluvias y unos días después, mientras que en los periodos secos se interrumpen los lixiviados.

Para el cálculo del caudal de lixiviados se debe tener en cuenta la precipitación máxima mensual (mm/mes), el área superficial del relleno en m2 y un coeficiente que depende del grado de compactación de la basura donde 1m en profundidad del relleno equivale a 10^3mm de precipitación, a esta relación se le saca el porcentaje con respecto a la precipitación máxima mensual. La ecuación utilizada es:

$$Q/m = P \times A \times K$$

Donde Q/m es caudal medio de lixiviado generado en m^3/mes, P es la precipitación máxima mensual (mm/mes), A es el área superficial del relleno en m2 y K el coeficiente.

Además del cálculo de lixiviados se debe realizar un análisis donde muestre la composición del lixiviado según los parámetros:

Físicos	Constituyentes orgánicos	Constituyentes inorgánicos	Biológicos
Aspecto	Químicos orgánicos	Sólidos en suspensión (SS) y totales disueltos (STD)	Demanda bioquímica de oxígeno (DBQ)
pH	Fenoles	Solidos volátiles en suspensión (SVS) y disueltos (SVD)	Bacterias coliformes (total, fecal, fecal estreptococo y salmonella)
Potencial de reducción oxidación	Demanda química de oxígeno (DQO)	Cloruros	
Conductividad	Carbono orgánico total	Fosfatos, sulfatos	
Color	Ácidos volátiles	Alcalinidad y acidez	
Turbiedad	Taninos, Ligninas	N-Nitrato	
Temperatura	N-orgánico	N-Nitrito	
Olor	Solubles en éter	N-Armónico	
	Sustancias activas al azul de metileno	Sodio	
	Hidrocarburos clorados	Potasio, Calcio, Magnesio, Dureza	
		Metales pesados (Pb, Ni, Cr, Zn, Cd, Fe, Mn, Hg, Ba, Ag.	
		Arsénicos, cianuro, flúor, selenio.	

Se realizó el calculo de la cantidad de lixiviados con los valores mínimos y máximos promedios mensuales para cada una de las áreas del relleno tal como se muestra a continuación:

CÁLCULO DE LOS LIXIVIADOS				
Área A				
Precipitación (mm/mes)	mm/mes	Área (m2)	Coeficiente	Q (m3/mes)
Mínimo promedio mensual	90,9	5868,51	0,15	80,0
Máximo promedio mensual	262,3	5868,51	0,15	230,9
Área B				
Precipitación (mm/mes)	mm/mes	Área (m2)	Coeficiente	Q (m3/mes)
Mínimo promedio mensual	90,9	2773,03	0,15	37,8
Máximo promedio mensual	262,3	2773,03	0,15	109,1

Como se puede observar la cantidad máxima promedio de lixiviados que se generan es de 230,9 m3/mes para el área A y de 109,1 m3/mes para el área B. Esto es un caudal muy bajo de lixiviados, por lo que el vertimiento a la quebrada es muy bajo. Adicionalmente los resultados de laboratorio arrojaron que la composición de los lixiviados está bajo los limites permisibles, por lo que la contaminación aportada a la quebrada sería baja.

Debido a los anteriores resultados, sumado a las acciones a realizar se proyecta que los lixiviados se mantendrán dentro de estos niveles, sin embargo el monitoreo se realiza con el fin de determinar el comportamiento de los lixiviados controlando que estos no se salgan de los parámetros permitidos, en caso de que esto ocurriera se debe observar el comportamiento durante el tiempo del proyecto y si persisten los resultados, se debe realizar un estudio para la construcción de obras de conservación con el fin de recoger los lixiviados y tratarlos, sin embargo por el comportamiento presentado hasta el momento eso no es necesario.

PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO

De acuerdo con el Plan Nacional de Restauración, el monitoreo es el proceso para identificar y medir mediante indicadores la respuesta del ecosistema y la gestión de las prácticas de la recuperación, este constituye la base para evaluar el progreso hacia los objetivos de la implementación del presente plan planteado, además permite realizar una toma de decisiones de acuerdo a la efectividad, costos y aplicabilidad de las diferentes estrategias ejecutadas.

Es recomendable seleccionar de dichos sistemas de referencia un conjunto de criterios e indicadores que permitan realizar comparaciones y que además representen para el proceso de restauración, el más alto nivel de funcionamiento, estructura y composición para un plazo determinado. Los criterios seleccionados se convierten en los múltiples estados ideales de restablecimiento de un ecosistema (Ramirez, Aguilar, calle, & Cabrera, 2015).

Indicadores biofísicos para el monitoreo de la restauración ecológica

	Indicadores biofísicos		
	Protección del suelo y fertilidad	Estructura de la vegetación	Autenticidad biológica
Corto plazo	Aumento en la cobertura del suelo con plantas vivas o residuos vegetales	Sobrevivencia de las plantas sembradas	Aumento en la cobertura, biomasa o abundancia de plantas nativas o reducción de la cobertura, abundancia o biomasa de plantas exóticas.
Mediano plazo	Aumento en la materia orgánica, carbono orgánico, actividad biológica, estabilidad de agregados o retención de humedad en el suelo	Sobrevivencia de plantas sembradas. Cambios en la distribución diamétrica y de alturas de la vegetación, área basal, cobertura de dosel, densidad de estratos foliares, densidad de tallos	Cambio en el número de especies nativas que se establecen a partir de la regeneración natural. Reclutamiento de plantas con grandes semillas.

		y volumen total de vegetación	
largo plazo	Cambios en los parámetros físicos y químicos del suelo	Cambios en la distribución diamétrica y de alturas de la vegetación, área basal, densidad de estratos foliares, densidad de tallos y volumen total de vegetación	Reemplazo de especies pioneras y secundarias por especies tolerantes a la sombra. Aumento en el número de especies de plantas epífitas y lianas

Fuente: Cipav,2015

Así mismo una forma de monitorear la restauración ecológica a corto plazo es el empleo de parámetros como la supervivencia, estado fitosanitario, crecimiento y reclutamiento. Muñoz , Avella, Diaz, y Torres (2019) proponen una metodologia empleando los parametros mencionados en diferentes frecuencias.

Monitoreo de la restauración ecológica a corto plazo

PARÁMETRO	INDICADOR	FRECUENCIA	JUSTIFICACIÒN
Supervivencia	1.Porcentaje (%) de supervivencia de especies e individuos sembrados	Trimestral hasta los dos años y en adelante semestral	Permite construir curvas de supervivencia en el tiempo y refleja susceptibilidad de las especies a las condiciones de hábitat y del manejo dado en el tratamiento de restauración
Estado fitosanitario	2.Porcentaje de individuos asociados a cinco categorías de afectación adaptación. Nivel 0: Afectación 0% Nivel 1: Afectación < 25% Nivel 2: Afectación entre 25 y 50 % Nivel	Trimestral hasta los dos años y en adelante semestral	Permite detectar y explicar afectaciones al desempeño

	3: Afectación entre 50 y 75% Nivel 4: Afectación >75%		
Crecimiento	3.Incremento en altura de especies e individuos sembrados o tasa de crecimiento	semestral los primeros dos años y en adelante anual.	Permite evaluar directamente el establecimiento y la posible persistencia de las plantas sembradas
	4.Incremento en DAP de especies e individuos sembrados o tasa de crecimiento	semestral los primeros dos años y en adelante anual.	Permite verificar el desarrollo adecuado de los individuos cuando se analiza junto con la altura.

Fuente: (Ramirez, Aguilar, calle, & Cabrera, 2015).

Adicional a los indicadores anteriores también se tienen en cuenta los indicadores de gestión los cuales evalúan:

INDICADOR	FRECUENCIA	JUSTIFICACIÓN
5.Completitud del establecimiento de cercas en % con las barrera cortafuego	Anual	Permite medir el % de cumplimiento en cuanto al aislamiento para reducir riesgos de incendio
6.Cantidad de mantenimientos	Anual	Permite medir el % de cumplimiento de las

		actividades que favorecen la recuperación ecológica
7.Establecimiento de señalización	Anual	Permite medir el porcentaje de gestión en el cumplimiento de la señalización
8. Cantidad de lixiviados	Mensual en los periodos de lluvias	Permite monitorear los m3/mes de los lixiviados
9.Composición de lixiviados	Dos veces al año, en los meses con mayor lluvia	Permite monitorear que los lixiviados estén dentro de los límites permisibles

La siguiente tabla presenta los indicadores en relación con los programas, metas y resultados esperados:

Objetivos específicos (programas)	Meta	Resultado esperado	Indicador #
1. Aportar a la rehabilitación de las áreas de relleno a través del establecimiento de cobertura vegetal	Asegurar el desarrollo de la cobertura vegetal establecida con el fin que perdure en el tiempo	Una supervivencia del 90% en las áreas de relleno Un crecimiento de 1 a 2m según especie a los 3 años.	1, 2, 3, 4
2. Establecer un corredor biológico contiguo a las áreas de relleno	Incrementar la densidad de individuos de especies nativas	Una supervivencia del 95% Un crecimiento de 1 a 2 m según Especie a los 3 años	1, 2, 3, 4
3. Prevenir desastres y accidentes dentro de las áreas del relleno	Delimitar y aislar el 100 % de las áreas de relleno, con el fin de disminuir riesgos de desastres o accidentes	Cercado total de las áreas de relleno.	5

Objetivos específicos (programas)	Meta	Resultado esperado	Indicador #
	Señalizar las áreas de relleno con el fin de informar la presencia de peligro en las áreas del relleno	La señalización total de las áreas de relleno	7
4. Monitorear los lixiviados generados por el relleno	Revisar que se esté bajo los límites permisibles	Mantenerse dentro de los límites permisibles	8, 9

Metodología para el monitoreo

Debido a que el área a sembrar es pequeña se realizará la medición al 100% de los individuos sembrados en los diferentes programas.

Como primera medida se deberá georreferenciar con la ayuda de un GPS las áreas sembradas. Se deberá asignar un numero consecutivo a cada árbol con el fin de identificarlos para realizarles el posterior seguimiento.

Se deberá realizar una medición inicial una vez sembrados los árboles, para esto se tendrán en cuenta los siguientes datos:

- Nombre de la especie, tanto científico como común.
- La altura en metros de cada uno de los individuos evaluados, la cual se mide desde la base hasta el ápice del árbol o la parte final de la copa.
- Estado fitosanitario, revisando el vigor de los individuos, la presencia de patógenos y su grado de afectación en caso de haberlos.
- Para las posteriores mediciones se adicionará a lo anterior la medición del DAC es decir el diámetro a la altura del cuello a 0,30 cm de la base del árbol.

Para el monitoreo del aislamiento se realizará la verificación inicial del cerramiento evaluando la presencia de las 4 líneas de alambre de púas y el 100% de la cerca midiendo el perímetro total realizado, para las evaluaciones posteriores se realizará la verificación por medio de observación la permanencia de la cerca en buen estado. Adicionalmente se verificará la presencia de las barreras cortafuegos. Para la señalización se realizará la

verificación por medio de observación comprobando la presencia de las vallas de información y las señales de seguridad.

- **Presentación de los informes**

Los informes deben contener información sobre las características generales del área, aspectos físicos, registros fotográficos de las medidas implementadas y actividades de recuperación ejecutadas; superficie intervenida con sus fechas, estado de las cercas, estado de las vallas informativas, cantidad de individuos y especies utilizadas y cartografía con escala de salida gráfica al detalle de la localización y delimitación de las áreas intervenidas.

Adicionalmente se debe presentar un informe de monitoreo según la frecuencia estipulada para cada indicador, presentando los resultados obtenidos como por ejemplo número de individuos, número de especies, reporte del estado fitosanitario, alturas y DAC o DAP según correspondan. Así como los resultados de la gestión realizada y los resultados del programa 4 de monitoreo de lixiviados.

- Cronograma general

ACTIVIDAD	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
Aislamiento				
Establecimiento				
Mantenimiento				
Vallas informativas				
Cálculo de lixiviados				
Análisis composición de lixiviados				
Monitoreo aislamiento				
Monitoreo de estado de individuos				
Monitoreo vallas				

BIBLIOGRAFIA

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Plan nacional de restauracion.* Bogotá.

Alcaldia de la Tebaida. (2013). *Ficha básica Municipal, municipio de la Tebaida,Quindio.*

Bradshaw. (1997). Restoration of mine lands using natural processes. *Ecological Engineering*.

Camacho, S. E. (2016). Procesos de restauraciòn ecologica : perspectivas y alcances.

Clewell, A., & Aronson, J. (2007). *Ecological restoration: Principles, vaklues and structuru an emerging profession.* Washington, D.C. Island press.

Corbin , J., & Holl, K. (2012). Applied nucleation as a forest restoration strategy. *Forest Ecology & management*.

CRQ. (2019). *SIGAM La Tebaida.* Armenia: CRQ.

Fundacion Natura. (2013). *Proyecto de implementación de diseños de restauraciónecológica en nacimientos, franjas de infiltración y rondas de la quebrada Hoya del Ramo,en el cerro de Juan Rey, Parque Ecológico Distrital de Montaña Entre Nubes. Bogotá D.C.*

Jane Maria Franco de Oliveira, D. R.-V. (s.f.). Leguminosas como elementos de produccion de fitomasa y nutrientes en el area de la capoeira,Roraima.

Muñoz , L., Avella, A., Diaz, J., & Torres, S. (2019). Monitoreo de la restauración ecológica en un bosque seco. *Caldasia*, 77.

Oliveira, D. (1999). Leguminosas como elementos de produccion de fitomasa y nutrientes en el area de la capoeira,Roraima. *EMBRAPA*.

PGAAM. (2010). *Plan de gestion ambiental y agropecuario de la Tebaida.*

Ramirez, w., Aguilar, M., calle, z., & Cabrera, M. (2015). *Introducción al monitoreo en la restauración ecológica.*

Rodrigez , G., & Velasco, J. (2008). Estudio morfologico,Histologico y estructural de la nodulacion de Frnkia-Morello pubescens H. y B.ex Willdenow, (Myricaceae)"in situ".

Torres, D. (2010). Plan de gestión agropecuario y ambiental del municipio de la Tebaida. Alcaldía de la Tebaida, Departamento del Quindío.

UICN. (2016). *Restauración funcional del paisaje rural: Manual de tecnicas.*