



Propuestas Eco-RRD

TERRITORIOS MINEROS

Guía para la implementación de proyectos de Reducción de Riesgos de Desastres
basado en Ecosistemas con énfasis en territorios mineros.

Caso de implementación en el municipio de Marmato - Caldas

Contenido

Prólogo	Pag. 3
----------------------	--------

Contexto	Pag. 5
-----------------------	--------

sobre SbN, Eco-RRD
y la actividad minera

• Gestión del Riesgo de Desastre basada en Ecosistemas (Eco-RRD)	Pag. 6
• Posibles afectaciones asociadas a la actividad minera	Pag. 6

Proyectos	Pag. 8
------------------------	--------

tipo de Reducción del Riesgo de Desastres
basados en Ecosistemas (ECO-RRD)

• Mapa de Convenciones de las Fichas Descriptivas de los Proyectos tipo Eco-RRD	Pag. 10
• Co-beneficios potenciales de los Proyectos Eco-RRD	Pag. 11
• Fichas Descriptivas de los Proyectos tipo Eco-RRD	Pag. 12

• <i>Ficha Proyecto Eco-RRD 1</i> Espacios que protegen la vida: Creación de áreas protegidas y otras zonas de conservación públicas y privadas para salvaguardar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.	Pag. 12
---	---------

• <i>Ficha Proyecto Eco-RRD 2</i> Recuperar la vida: Manejo, restauración y recuperación de suelos degradados por minería con enfoque participativo.	Pag. 14
---	---------

• <i>Ficha Proyecto Eco-RRD 3</i> Zonas verdes para el bienestar: Estrategias de restauración y conservación en áreas urbanas y en expansión, potenciales puntos de encuentro comunitarios.	Pag. 16
---	---------

• <i>Ficha Proyecto Eco-RRD 4</i> Buenas prácticas agropecuarias: Sistemas silvopastoriles y agroforestales para la recuperación de áreas degradadas.	Pag. 18
--	---------

• <i>Ficha Proyecto Eco-RRD 5</i> Protegiendo las riberas de los ríos: Barreras verdes e híbridas en zonas de ribera y márgenes de quebradas y ríos para control de inundación y erosión.	Pag. 20
--	---------

• <i>Ficha Proyecto Eco-RRD 6</i> Agua para todas y todos: Manejo, restauración y recuperación de humedales y cuencas abastecedoras con enfoque participativo.	Pag. 22
---	---------

• <i>Ficha Proyecto Eco-RRD 7</i> Soluciones naturales para estabilizar terrenos: Bioingeniería e infraestructura híbrida (verde/azul y gris) para la estabilización de taludes y reducción de la erosión.	Pag. 24
--	---------

• <i>Ficha Proyecto Eco-RRD 8</i> Limpieza natural de suelos y aguas: Biorremediación para la reducción de la contaminación.	Pag. 26
--	---------

• <i>Ficha Proyecto Eco-RRD 9</i> Convirtiendo residuos en oportunidades: Gestión integral de residuos para un futuro sostenible.	Pag. 28
---	---------

• <i>Ficha Proyecto Eco-RRD 10</i> Aprovechando cada gota: Siembra, cosecha y recolección de agua.	Pag. 30
--	---------

Metodología	Pag. 32
--------------------------	---------

de Selección, Priorización e Implementación
de Proyectos Eco-RRD

Caso de implementación	Pag. 35
-------------------------------------	---------

de Intervenciones ECO-RRD en el municipio de
Marmato, Caldas

Conclusiones y	Pag. 45
-----------------------------	---------

lecciones aprendidas

Bibliografía	Pag. 47
---------------------------	---------

Bases de datos	Pag. 49
-----------------------------	---------

o repositorios SbN

Insumos varios	Pag. 49
-----------------------------	---------

para SbN



Prólogo

El Ministerio de Minas y Energía, a través de su Oficina de Asuntos Ambientales y Sociales, y el Grupo de Investigación y Laboratorio de Monitoreo Ambiental (GLIMA), adscrito a la Escuela Ambiental de la Facultad de Ingenierías de la Universidad de Antioquia, a través de la Corporación Académica Ambiental, celebraron el convenio interadministrativo GGC-1001-2024 con el objetivo de fortalecer los procesos de gestión del riesgo de desastres en zonas priorizadas del municipio de Marmato (Caldas). Dicho convenio se enmarca en la “Política de Gestión de Riesgo de Desastres del Sector Minero-Energético” (MinMinas, 2021) (MinMinas y PNUD, 2022).

Gracias a este convenio, se han implementado tres intervenciones comunitarias bajo el enfoque de Eco-RRD (Reducción del Riesgo basada en Ecosistemas) y se han reforzado las capacidades técnicas de las comunidades a través de espacios formativos centrados en la elaboración de proyectos, bajo metodología MGA, entorno a la reducción del riesgo y la variabilidad y el cambio climático, entre otros temas. Además, se instalaron y actualizaron tecnológicamente cinco estaciones automáticas hidrometeorológicas —tres climatológicas y dos limnigráficas—, con el fin de mejorar el monitoreo del riesgo en el municipio y la región.

La presente guía surge como parte de este convenio interadministrativo y se espera que sirva para facilitar la implementación y replicabilidad de proyectos Eco-RRD en territorios con presencia de actividad minera. Aunque su enfoque principal son estos territorios, su contenido puede adaptarse a otros contextos donde se presenten amenazas recurrentes o condiciones de riesgo asociadas a conflictos socio-ambientales. Se espera que esta guía contribuya al fortalecimiento de la gestión del riesgo y al beneficio de la biodiversidad y sus bienes y servicios ecosistémicos.

El contenido de la guía inicia con un contexto sobre los temas claves abordados: Soluciones basadas en la Naturaleza SbN, Gestión del Riesgo de Desastre basada en Ecosistemas Eco-RRD y la actividad minera. Continúa con una Propuesta de Proyectos tipo de Reducción del Riesgo de Desastres basados en Ecosistemas (ECO-RRD) elaborada a partir de una extensa revisión bibliográfica que permitió priorizar/agrupar en diez proyectos tipo a través de fichas descriptivas lo encontrado en esta información secundaria. Posteriormente se presenta una Metodología para la Implementación de Proyectos Eco-RRD con la gran característica de recursos-tiempo limitado, pero con gran apertura de participación comunitaria. Por último se desglosa la aplicación de la metodología a través del desarrollo de un proyecto (sumatoria de iniciativas comunitarias) bajo enfoque Eco-RRD en el municipio de Marmato-Caldas y se finaliza con Conclusiones y lecciones aprendidas.



Propuestas Eco-RRD con énfasis en territorios mineros

Guía para la implementación de proyectos de Reducción de Riesgos de Desastres basado en Ecosistemas Eco-RRD con énfasis en territorios mineros

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA

Ministro de Minas y Energía
Edwin Palma Egea

Jefe de Oficina de Asuntos Ambientales y Sociales OAAS
María Fernanda Páez Hernández

Coordinadora ambiental OAAS y Supervisora del Convenio
María Fernanda Ramírez López

Profesional OAAS - Apoyo técnico a la supervisión del convenio
Elsa Lorena Sánchez Gómez

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Director Corporación Académica Ambiental
Jairo León Zapata Martínez

Coordinador Grupo de Investigación y Laboratorio de Monitoreo Ambiental G-LIMA
Mauricio Andrés Correa Ochoa

Supervisora técnica
Karen Margarita Rodríguez Marengo

Director del Convenio
Primitivo Hernández Almanza

Apoyo a la dirección del convenio
Sergio Restrepo Mejía

Profesional en Eco-RRD
Carolina García Londoño

Profesional social
Lina María Cano Jaramillo

Profesional en hidrología
Leidy Yohana Carvajal Noriega

Profesional social
Daniela Lopera Echeverri

Profesional en telecomunicaciones
Álvaro Alfredo Alean Vanegas

Profesional administrativo
Sindy Jakeline Arcila Jaramillo

Elaborado por:

Universidad de Antioquia - Corporación Académica Ambiental
Grupo de Investigación y Laboratorio de Monitoreo Ambiental G-LIMA
Dirección: Calle 70 N°52-72, Edificio de Extensión Universidad de Antioquia, oficina 708
Teléfono: [+57] 604 219 8512
grupoglima@udea.edu.co

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la comunidad de las instituciones educativas del municipio de Marmato, en particular a las de Cabras, El Llano y San Juan, así como al equipo técnico de la Alcaldía de Marmato, a los representantes de las asociaciones mineras y de las Junta de los Acueductos Veredales del municipio.

Finalmente, agradecemos por el apoyo incondicional de las integrantes de AMAFROG (Asociación de Mujeres Afrodescendientes de El Guamal), de la Empresa Ingeniería Viva y demás personas que aportaron en la materialización de este gran reto.

Autoras

Carolina García Londoño
Elsa Lorena Sánchez Gómez

Productor de Contenido

Juan David Zuluaga Londoño
Carlos Mario Botero Gómez

Diseño y diagramación

Diana Marcela Velásquez Ríos

Fotografías

Jovanny Uribe Berrío
Néstor Gómez Gómez

Esta publicación se ha realizado en el marco del Convenio GGC-1001-2024 "Aunar esfuerzos técnicos y financieros para fortalecer los procesos de gestión del riesgo de desastres en territorios priorizados para el municipio de Marmato - Caldas." entre la Corporación Académica Ambiental a través del Grupo de Investigación G-Lima de la Universidad de Antioquia y el Ministerio de Minas y Energía.

El contenido es responsabilidad exclusiva de las autoras y no refleja necesariamente la opinión de la Universidad de Antioquia ni del Ministerio de Minas y Energía.

"García-Londoño, C. y Sánchez-Gómez, E. (2025) Guía para la implementación de proyectos de Reducción de Riesgos de Desastres basado en Ecosistemas Eco-RRD con énfasis en territorios mineros. Convenio GGC-1001-2024. Universidad de Antioquia y Ministerio de Minas y Energía, 2025"

© Universidad de Antioquia y Ministerio de Minas y Energía, 2025

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y divulgación de material contenido en este documento para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización del titular de los derechos de autor, siempre que se cite claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento para fines comerciales.

No comercializable - Distribución gratuita



Contexto

sobre SbN, Eco-RRD y la actividad minera

Contexto sobre SbN, Eco-RRD y la actividad minera

Cuando las personas modifican los procesos naturales se pueden desencadenar amenazas con graves consecuencias para las sociedades y sus economías, generando eventos potencialmente destructivos. Se prevé, además, que la variabilidad y el cambio climático aumente tanto la frecuencia como la magnitud de estos eventos (UNISDR, 2015). Esto resulta particularmente relevante en territorios mineros, donde las actividades extractivas generan altos impactos sociales y ambientales, configurando condiciones de amenazas y riesgos complejos de gestionar.

Para hacer frente a estas problemáticas, se requieren medidas integrales que integren enfoques desde la gestión del riesgo y de adaptación al cambio climático. Entre ellas destacan las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), definidas como “acciones para proteger, gestionar de manera sostenible y restaurar ecosistemas naturales o modificados, a fin de abordar desafíos sociales de manera eficaz y adaptable, al tiempo que se promueve el bienestar humano y se generan beneficios para la biodiversidad” (UICN, 2016).

Aunque algunos aún ven confusiones en su definición y aplicaciones, Sowińska-Świerkosz y García (2022) identifican cuatro acciones que todas las SbN tienen en común:

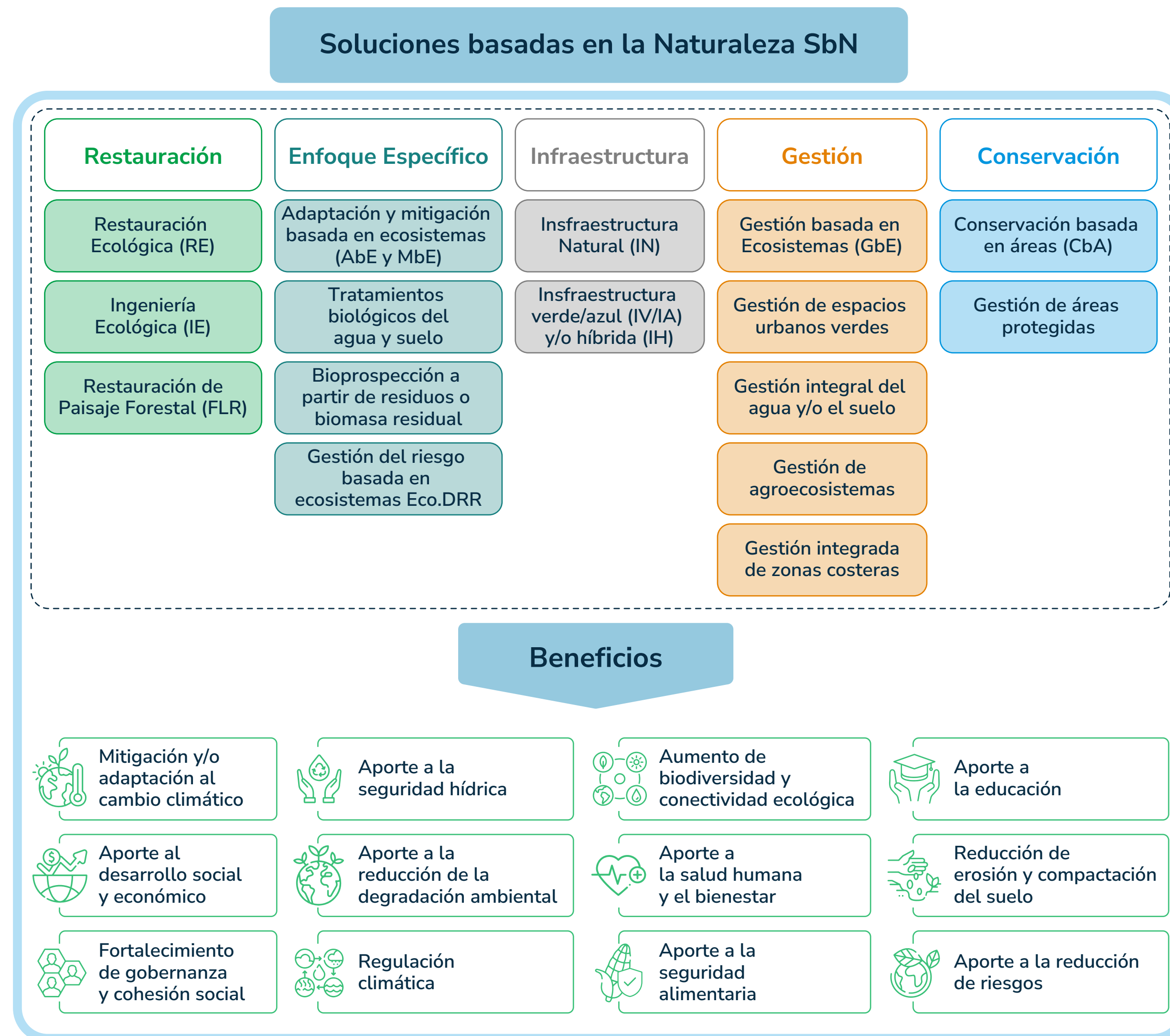
1. Se inspiran y se potencian en la naturaleza.
2. Abordan desafíos sociales o contribuyen a resolver problemas.
3. Ofrecen múltiples servicios y beneficios, incluyendo la ganancia de biodiversidad.
4. Son altamente eficaces y eficientes en términos económicos.

Las SbN se consideran un concepto “sombrija” que reúne enfoques aplicados desde hace décadas. Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), se agrupan en cinco categorías, determinadas por los objetivos principales de cada intervención (Figura 1).

Las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), al favorecer la salud y el equilibrio de los ecosistemas, suelen reducir el riesgo de desastres asociados a su deterioro. Incluso, suelen tener costos de implementación más bajos que las soluciones tradicionales de infraestructura gris (Debele et al., 2019; Mori-Clement y Zapata, 2023). Además, al reforzar los mecanismos de resiliencia social, ecológica y de gobernanza, las SbN aumentan la resiliencia y capacidad de los ecosistemas para enfrentar amenazas, tanto naturales como socio-naturales, incluyendo aquellas relacionadas con el cambio climático (Monty et al., 201; Turner et al., 2022).

Por otra parte, aunque la Reducción del Riesgo de Desastres (RRD) y la Adaptación al Cambio Climático (ACC) se basan en marcos conceptuales distintos, están fuertemente relacionadas. Mientras la RRD se centra en minimizar el impacto de desastres en la sociedad, la ACC se orienta a la adaptación ante los efectos del cambio climático, que a menudo incrementan el riesgo de desastres (Nehren et al., 2021).

Figura 1. Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) como concepto sombrilla



Fuente: Adaptado de García-Londoño et al. 2023

Gestión del Riesgo de Desastre basada en Ecosistemas (Eco-RRD)

Uno de los enfoques englobados dentro de las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), es la Gestión o Reducción del Riesgo de Desastre basada en Ecosistemas (Eco-RRD) que consiste en el “uso sustentable, la conservación y la restauración de los ecosistemas para disminuir los riesgos de desastres y promover un desarrollo sostenible y resiliente” (Estrella y Saalismaa, 2013). Este enfoque articula la gestión de la biodiversidad, la gestión de riesgos, la adaptación a la variabilidad y cambio climático, lo cual incluye también la gestión ambiental para la reducción de impactos de actividades extractivas como la minería.

Existen múltiples casos de Eco-RRD en los que se emplean diversas acciones para la mejora de coberturas vegetales empleando especies de plantas con características que ayudan a proteger contra amenazas naturales y socio-naturales, como avenidas/flujos torrenciales, movimientos en masa, erosión y socavación de riberas y costas, inundaciones, incendios, sequías, tsunamis y erupciones volcánicas (Sudmeier-Rieux et al., 2021). Estas han demostrado su eficacia en diversos ecosistemas: costeros, montañosos, forestales, ribereños/humedales, agroecosistemas, urbanos y áridos. En ciertos casos, sobre todo en contextos urbanos, las soluciones Eco-RRD pueden combinarse con estructuras de ingeniería gris tradicional para aumentar su eficiencia y adaptarse mejor a las condiciones del entorno, en lo que se denomina infraestructura híbrida (Woods-Ballard et al., 2015).

Posibles afectaciones asociadas a la actividad minera

Un ecosistema natural robusto y saludable es esencial para reducir el riesgo de desastres, por lo que la degradación ambiental contribuye en muchos casos a aumentar las condiciones de amenaza y riesgo, así como la exposición y vulnerabilidad ante eventos naturales y socio-naturales, incluyendo eventos asociados a la variabilidad y cambio climático.

Cuando las actividades mineras se desarrollan sin planificación, ni control adecuados y por fuera de los requerimientos ambientales, se afectan los ecosistemas generando así escenarios de riesgo de origen socio-natural y antrópico. Según el IIAP (2012), algunas consecuencias de la minería mal gestionada incluyen: Aumento de erosión y pérdida de suelo; Contaminación de suelos y cuerpos de agua; Pérdida de biodiversidad y del recurso hídrico; Disminución de la productividad agropecuaria; Riesgo de sequía y desabastecimiento; Aumento del riesgo de desastres e Impactos socioculturales.

En zonas con procesos de minería no titulada y sin proceso de formalización, la falta de planificación y articulación con el ordenamiento territorial tiende a aumentar las condiciones de amenaza y riesgo. En esas zonas son comunes los movimientos en masa por manejo inadecuado de depósitos de estériles, así como los flujos de escombros y flujos torrenciales. Son frecuentes también la subsidencia o hundimientos por la excavación de túneles subterráneos, así como las explosiones e incendios por la manipulación deficiente de combustibles y explosivos, y los accidentes por la circulación de maquinaria pesada en vías no adecuadas. Además, a pesar de la prohibición legal del uso de mercurio (Ley 1658 de 2013), este se emplea todavía en muchos procesos de minería no formalizada, afectando a poblaciones, ecosistemas y recursos vitales como el hídrico.

Además, la extracción y beneficio de minerales como oro y plata, entre otros, demanda grandes volúmenes de agua, provocando estrés hídrico —especialmente en temporadas secas— y tiende a incrementar la deforestación para utilizar la madera en el proceso de construcción y reforzamiento de túneles. A esto se suma la contaminación de fuentes hídricas por drenajes ácidos, sedimentos, metales pesados, cianuro, aceites, solventes y otros químicos utilizados en la minería, que generan cambios en las propiedades físico-químicas de ríos y quebradas (Ángel-Marín y Alvear-Narváez, 2013; MinEnergía et al., 2023).

Durante los procesos de beneficio, la falta de cumplimiento de las normas técnico-ambientales, en particular por el mal manejo de las aguas residuales, genera impactos en los cuerpos de agua, en el suelo por erosión, además de afectaciones en el aire por liberación de material particulado proveniente de los molinos. En cuanto a la gestión de residuos sólidos, las plantas de beneficio y las Unidades de Producción Minera (UPM) a menudo no cuentan con sistemas adecuados para el manejo de residuos peligrosos, lo que agrava la contaminación de suelos y aguas (Medio Ambiente Ingeniería, 2017; ANM, 2024).

En la Política de Gestión de Riesgo de Desastres del Sector Minero-Energético se identifican 117 escenarios de riesgo distribuidos en los subsectores de hidrocarburos, minería y energía (MinMinas y PNUD, 2022). Aunque existen ejemplos de buenas prácticas en algunas empresas mineras, en Colombia históricamente han prevalecido malas prácticas que generan pasivos ambientales, pérdida de bienes y servicios ecosistémicos y configuran condiciones de amenaza y riesgo que se materializan en desastres.

La minería titulada y en procesos de formalización suele respetar más las normas, pero aún presenta deficiencias en la adopción de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), las cuales se podrían implementar mediante compensaciones ambientales que incluyan gobernanza inclusiva y generen beneficios sociales y ecosistémicos. Al respecto, el Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del Sector Minero Energético 2050 - (PIGCCme) (CIAT et al., 2021) insta a ampliar las acciones de adaptación y resiliencia climática, más allá de las compensaciones tradicionales, integrando proyectos de SbN que fortalezcan comunidades y ecosistemas, y reduzcan riesgos en los territorios.

El World Bank (2021) destaca que las SbN pueden contribuir a reducir los riesgos en zonas mineras mediante la restauración de áreas degradadas, la mejora de los medios de vida, el aumento de la seguridad hídrica y la adaptación al cambio climático. Además, las SbN suelen ser más asequibles que la infraestructura gris y ofrecen múltiples beneficios colaterales. Sin embargo, la incidencia de SbN en el sector minero aún es limitada. Esta guía busca, precisamente, fomentar proyectos que reduzcan riesgos y mejoren las condiciones socioambientales en los territorios mineros, alineados con los compromisos de desarrollo sostenible y resiliencia climática.



Proyectos

tipo de Reducción del Riesgo de Desastres
basados en Ecosistemas (ECO-RRD)

Proyectos tipo de Reducción del Riesgo de Desastres basados en Ecosistemas (ECO-RRD)

La literatura internacional presenta una amplia variedad de experiencias desde el enfoque Eco-RRD (Reducción del Riesgo de Desastres basados en Ecosistemas) impulsadas desde distintos enfoques y líneas de investigación. Sin embargo, gran parte de estas prácticas, así como de la documentación sobre Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), se centra en el Norte Global (Sudmeier-Rieux et al., 2021).

En esta sección se proponen “Proyectos Tipo” de Eco-RRD aplicables en territorios con actividad minera a nivel global donde se presenten condiciones de amenazas como movimientos en masa, avenidas torrenciales, inundaciones o sequías, teniendo en cuenta la relación con los impactos ambientales de la actividad minera, tanto en superficie como en profundidad.

Cada Proyecto Tipo integra diversas acciones/medidas SbN, las cuales se refieren a intervenciones tanto físicas, como sociales que mejoran la reducción de condiciones de amenaza y riesgo, calidad ambiental y generan beneficios sociales, contribuyendo además a la adaptación al cambio climático. Para su selección, se tomaron como referencia múltiples compendios nacionales e internacionales (Debele et al., 2023; van Wesenbeeck et al., 2017; Convention on Biological Diversity, 2018; Figueroa-Arango, 2020; Somarakis et al., 2019; Kumar et al., 2021; Nieto, 2021; Meza y Rodríguez, 2022; MADS et al., 2023; Gonzalez-Ollauri et al., 2023; Banco Mundial, 2021; Svensson-Gonfrier et al., 2024).

Las acciones SbN se agruparon en varias tipologías, basadas en autores como IIAvH (2021), Rinaudo-Mannucci (2019), Nieto (2021), Rincón-Díaz y Arteaga-Morales (2022), Mori-Clement y Zapata (2023) y UNDRR (2023). Estas tipologías incluyen:

1. Bioprospección a partir de residuos o biomasa residual
2. Fortalecimiento de capacidades y/o diversificación de medios de vida locales (bioeconomía)
3. Gestión de agroecosistemas
4. Gestión de áreas naturales protegidas
5. Gestión de espacios verdes urbanos
6. Gestión integrada del agua y del suelo
7. Infraestructura natural (verde/azul) y/o híbrida
8. Restauración y conservación ecosistémica
9. Tratamientos biológicos de aguas y suelos

En la siguiente tabla se presentan estas acciones/medidas SbN, organizadas de acuerdo con cada tipología e indicando las siglas que se emplearán en las fichas descriptivas de los Proyectos Tipo.

Acciones SbN agrupadas según su tipología

Tipología	Acciones/Medidas SbN	Siglas
Bioprospección a partir de residuos o biomasa residual	• Biodigestión de residuos orgánicos	Biodiges
	• Elaboración de biofertilizantes, abonos (ejemplo mediante compostaje con pacas digestoras) y bioinsumos para control biológico de plagas y enfermedades	Bioferti
	• Enriquecimiento del suelo y mejora de su biodiversidad	Enriqu.suel
	• Uso de acondicionadores inorgánicos de suelos (carbón, cal, vermiculita, etc.)	Acon.suel
Fortalecimiento de las capacidades y/o diversificación de la bioeconomía	• Bancos de semillas y Centros de germinación	Banco.sem
	• Educación ambiental	Educa.amb
	• Fortalecimiento de capacidades locales para el manejo integrado de los ecosistemas	Forta.cap
	• Gobernanza inclusiva	Gober.inc
	• Monitoreo comunitario del clima y/o de los ecosistemas	Monitoreo
	• Viveros	Viveros
	• Huertos de alimentos	Huerta.al
	• Huertos leñeros	Huert.Leñ
	• Turismo cultural y restaurativo	Turismo
Gestión de agroecosistemas	• Agroforestería	Agrofores
	• Árboles dispersos en potreros	Arbol.disp
	• Arreglos silvopastoriles (cercas vivas, barreras rompevientos, bancos mixtos de forraje)	Arr.silvop
	• Jagüeyes y reservorios de agua multipropósito (acueducto ganadero)	Reser.agua
	• Pasturas mejoradas	Pasto.mej
	• Rotación de potreros o cultivos	Rot.cul-pot
	• Sistemas de abrevaderos eficientes	Abrev.efic
Gestión de áreas naturales protegidas	• Figuras de protección de áreas para la conservación	Fig.protec
	• Incentivos para la conservación	Incentivo
Gestión de espacio urbano verde	• Espacios verdes para la recreación	Esp.verde
	• Jardines urbanos para polinizadores	Jardin.urb
	• Mobiliario urbano verde (con materiales naturales como piedras y/o madera)	Mobilurb
Gestión integrada de agua y/o el suelo	• Atrapa niebla	Atr.niebla
	• Canales o zanjas de drenaje a curvas de nivel con cobertura vegetal, acequias	Canales
	• Gestión de humedales construidos o artificiales	Gest.humed
	• Siembra de agua	Siembra.ag
	• Sistemas de riego con agua de lluvia por aspersión y goteo	Sist.riego
Infraestructura natural (verde/azul) y/o híbrida	• Biomantos	Biomanto
	• Elementos de SUDS - Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (cuneta verde, alcorque vivo, cuencas de infiltración, jardines de lluvia, humedal lineal, zanja de bioretención, dren y franja filtrante, pavimentos permeables, jardines móviles, estanques de detención, tanques subterráneos para la recolección de agua, techos y fachadas verdes, etc.)	Elem.SUDS
	• Obras de bioingeniería para estabilización de taludes, control de erosión y control de drenajes (trinchos, terrazas de contención, fajinas vivas, disipadores hidráulicos, entre otros)	Bioingen
Restauración y conservación ecosistémica	• Cauces renaturalizados	Cauce.ren
	• Conservación de ecosistemas	Consv.ecos
	• Creación de corredores ecológicos mediante conexión de áreas verdes	Corred.eco
	• Franjas de vegetación multifuncionales	Franj.mult
	• Protección, reforestación, restauración y/o recuperación con especies nativas y funcionales priorizadas	Prot.rest
	• Recuperación de cuencas abastecedoras	Recup.ccas
	• Revegetación de taludes	Reve.talud
Tratamientos biológicos de aguas y suelos	• Biofiltración y biorremediación de suelos y aguas	Biofl.bior
	• Enriquecimiento del suelo y mejora de su biodiversidad	Enriqu.suel
	• Sistemas sépticos para tratamiento de aguas residuales	Sist.sept

Mapa de Convenciones de las Fichas Descriptivas de los Proyectos tipo Eco-RRD

Cada uno de los elementos de los Proyectos Tipo Eco-RRD se reúnen en una ficha descriptiva que facilita su comprensión e implementación. A continuación se describen los elementos de las Fichas descriptivas, así como las convenciones asociadas.

Enfoque Principal de Gestión de Riesgos

Establece el aporte principal del Proyecto tipo a la gestión de riesgos



Integral



Restauración y recuperación de ecosistemas



Reducción de la amenaza



Fortalecimiento de actores de gestión de riesgos

Ecosistemas

Indica los principales ecosistemas en los que podría ser aplicado el proyecto tipo



Bosques



Páramos



Cultivos



Pastizales



Sabanas



Urbano



Ríos y quebradas



Humedales, lagos y ciénagas

Tipo de actor

Propone los actores que deben ser involucrados en el desarrollo y/o financiación del Proyecto tipo



Organizaciones de la Sociedad Civil



Gobierno / Sector público



Sector privado



Academia: Universidades, Inst. de Investigación e Inst. Educativas



Comunidad



Cooperación internacional

Co-beneficios

Indica los beneficios colaterales o co-beneficios que suelen generarse debido a la implementación del Proyecto tipo y las acciones SbN asociadas



Aporte a la reducción de riesgos



Aporte a la seguridad hídrica



Aporte al desarrollo social y económico



Regulación climática



Fortalecimiento de gobernanza y cohesión social



Aporte a la educación



Aumento de biodiversidad y conectividad ecológica



Aporte a la reducción de la degradación ambiental



Aporte a la salud humana y el bienestar



Reducción de erosión y compactación del suelo



Aporte a la seguridad alimentaria



Mitigación y/o adaptación al cambio climático

Escala

Indica la(s) escala(s) de territorio a la cual se suele aplicar.



Cuenca



Regional



Puntual

Amenazas reducidas

Indica la(s) amenaza(s) que pueden ser reducidas gracias a la implementación del proyecto tipo o las acciones SbN asociadas



Movimientos en masa



Erosión



Sequía y escasez de agua



Inundación



Vendavales



Contaminación



Incendios forestales



Avenidas torrenciales



Derrames

Etapas del proceso minero en que se pueden implementar

Señala las etapas del proceso minero en que puede implementarse el Proyecto tipo y sus acciones SbN asociadas



Exploración



Explotación



Construcción y montaje



Beneficio y transformación



Cierre e integración al territorio

Proyectos Tipo y sus co-beneficios potenciales

Los beneficios colaterales o co-beneficios potenciales de cada Proyecto tipo Eco-RRD se basan en el Estándar Global para Soluciones basadas en la Naturaleza (UICN, 2020) y otras fuentes (van Wesenbeeck et al., 2017; Convention on Biological Diversity, 2018; Figueroa Arango, 2020; European Commission et al., 2021; Banco Mundial, 2021). Estos co-beneficios incluyen:



Aporte a la reducción de riesgos

Contribución mediante la disminución de la exposición, la amenaza y/o la vulnerabilidad.



Aporte al desarrollo social y económico

Fomento de emprendimientos locales, generación de empleo, diversificación económica y mejora de medios de vida.



Fortalecimiento de gobernanza y cohesión social

Impulso de la participación ciudadana y colaboración entre distintos actores.



Aumento de biodiversidad y conectividad ecológica

Recuperación de especies y creación de corredores que faciliten la conectividad de ecosistemas.



Aporte a la salud humana y el bienestar

Mejora de la calidad de vida y disminución de factores que afectan la salud.



Aporte a la seguridad alimentaria

Creación o fortalecimiento de fuentes de alimentos nutritivos, mejorando las condiciones para su producción, transporte y distribución.



Aporte a la seguridad hídrica

Preservación o recuperación de la disponibilidad y calidad del agua en cuencas abastecedoras, evitando conflictos por el recurso.



Regulación climática

Contribución a la estabilización del clima local, mediante la regulación de la temperatura y el ciclo del agua.



Aporte a la reducción de la degradación ambiental

Minimización de la pérdida de cobertura vegetal y de otros procesos de deterioro del entorno natural.



Aporte a la educación

Generación de espacios de intercambio de conocimientos, formación de líderes ambientales y sensibilización de la comunidad.



Reducción de erosión y compactación del suelo

Conservación y recuperación del suelo mediante la restauración de la cobertura vegetal, evitando su desgaste y pérdida de nutrientes.



Mitigación y/o adaptación al cambio climático

Captura de carbono a través de la cobertura vegetal y acciones para adaptarse a las condiciones climáticas cambiantes y fortalecer la resiliencia climática.



Ficha proyecto Eco-RRD 1 / **PARTE A**

Espacios que protegen la vida: Creación de áreas protegidas y otras zonas de conservación públicas y privadas para salvaguardar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.



Descripción

La creación de áreas protegidas —tanto públicas (como las del SINAP, SIRAP, SIMAP y las OMEC) como privadas— busca conservar la biodiversidad y asegurar el uso sostenible de los recursos naturales.

Estas áreas permiten la conservación y uso sostenible de los bienes y servicios ecosistémicos, aportando además a la construcción del tejido social mediante el desarrollo o fortalecimiento de procesos educativos y de sensibilización ambiental y promueven un turismo responsable y sostenible (García et al. 2021).

Para lograrlo, se requiere la participación de actores de múltiples sectores: gobierno (nacional, regional y local), sector privado, comunidades, organizaciones de la sociedad civil, instituciones académicas y centros de investigación. Esta cooperación permite evaluar constantemente el estado de la biodiversidad y ajustar las estrategias de conservación (Kamalebo & JCCN, 2024).

La financiación puede provenir de incentivos económicos y/o comerciales que apoyan la conservación, restauración de ecosistemas y producción sostenible (IIAP, 2012; García et al., 2021; García & GIZ, 2023). Ejemplos destacados en Colombia son el Certificado de Incentivo Forestal (CIF), los Pagos por Servicios Ambientales (PSA) y los bonos de carbono (MinAgricultura, 2020; MADS, 2021a).

En zonas mineras, estas áreas de conservación son especialmente útiles para proteger las partes altas de las cuencas y restaurar las zonas medias y bajas, reduciendo así el riesgo de inundaciones, sequías o movimientos en masa como deslizamientos. Además, pueden formar parte de las acciones de compensación ambiental que las empresas mineras deben cumplir.

Enfoque Principal de Gestión de Riesgos



Integral

Escala



Cuenca



Regional



Puntual

Ecosistemas



Bosques



Páramos



Cultivos



Pastizales



Sabanas



Urbano



Ríos y quebradas



Humedales, lagos y ciénagas

Tipo de actor



Organizaciones de la Sociedad Civil



Gobierno / Sector público



Sector privado



Academia: Universidades, Inst. de Investigación e Inst. Educativas



Comunidad



Cooperación internacional

Co-beneficios



Aporte a la reducción de riesgos



Aporte a la seguridad hídrica



Aporte al desarrollo social y económico



Regulación climática



Fortalecimiento de gobernanza y cohesión social



Aporte a la educación



Aumento de biodiversidad y conectividad ecológica



Aporte a la reducción de la degradación ambiental



Aporte a la salud humana y el bienestar



Reducción de erosión y compactación del suelo



Aporte a la seguridad alimentaria



Mitigación y/o adaptación al cambio climático

Amenazas reducidas



Movimientos en masa



Erosión



Sequía y escasez de agua



Inundación



Vendavales



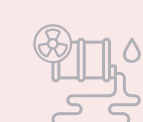
Contaminación



Incendios forestales



Avenidas torrenciales



Derrames

Etapas del proceso minero en que se pueden implementar



Exploración



Explotación



Construcción y montaje



Beneficio y transformación



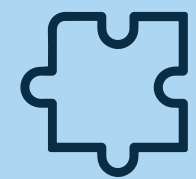
Cierre e integración al territorio

Ficha proyecto Eco-RRD 1 / **PARTE B**

Espacios que protegen la vida

Acciones SbN Potenciales

Bioprospección a partir de residuos o biomasa residual Biodiges Bioferti Enriqu.suel ✓ Acon.suel ✓	Gestión de espacio urbano verde Esp.verde Jardin.urb Mobil.urb
Fortalecimiento de las capacidades y/o diversificación de la bioeconomía Banco.sem Educa.amb ✓ Forta.cap ✓ Gober.inc ✓ Monitoreo ✓ Viveros ✓ Huerta.al Huert.leñ ✓ Turismo ✓	Gestión integrada de agua y/o el suelo Atr.niebla Canales ✓ Gest.humed ✓ Siembra.ag ✓ Sist.riego ✓
Gestión de agroecosistemas Agrofores ✓ Arbol.disp Arr.silvop ✓ Reser.agua ✓ Pasto.mej ✓ Rot.cul-pot ✓ Abrev.efic ✓	Infraestructura natural (verde/azul) y/o híbrida Biomanto Elem.SUDS Bioingen
Gestión de áreas naturales protegidas Fig.protec ✓ Incentivo ✓	Restauración y conservación ecosistémica Cauce.ren Consv.ecos ✓ Corred.eco ✓ Franj.mult Prot.rest ✓ Recup.ccas ✓ Reve.talud ✓
	Tratamientos biológicos de aguas y suelos Biofl.bior Enriq.suel ✓ Sist.sept ✓



Retos de implementación

- Compromiso sostenido:** requieren continuidad en el monitoreo y seguimiento, lo que implica mantener la motivación de múltiples actores.
- Altos recursos necesarios:** demandan personal capacitado, herramientas técnicas y financiamiento estable.
- Coordinación compleja:** es esencial alinear intereses diversos y evitar conflictos sobre el uso de la tierra y el acceso a recursos.
- Dependencia financiera externa:** el financiamiento internacional o de donantes puede ser inestable.
- Influencias externas nocivas:** las actividades mineras y agropecuarias cercanas pueden impactar negativamente los ecosistemas protegidos.



Propuestas de abordaje de los retos

- Gobernanza local inclusiva:** involucrar activamente a las comunidades en la toma de decisiones.
- Modelos financieros sostenibles:** combinar fondos externos con aportes locales para asegurar la continuidad.
- Conectividad entre áreas protegidas:** crear redes de protección que fortalezcan la resiliencia de los ecosistemas.
- Capacitación y fortalecimiento local:** mejorar las habilidades de las comunidades para gestionar y evaluar sus recursos.
- Legislación y control efectivo:** contar con leyes claras, hacerlas cumplir y combatir la ilegalidad para proteger las áreas.

Estos beneficios y soluciones muestran que, aunque gestionar áreas protegidas implica retos, es posible superarlos con estrategias adecuadas y el compromiso de todos los involucrados.

Ejemplos

★ Red Hábitat de Reservas Naturales Privadas, Argentina. (Fundación Hábitat & Desarrollo, 2016)

★ Reserva forestal de Yoko, República Democrática del Congo. (Kamalebo & JCCN, 2024)

★ Áreas protegidas para la conservación de la empresa Continental Gold en Buriticá con apoyo de y comunidades mediante Pagos por Servicios Ambientales. (Asociación Colombiana de Minería, 2019)

Ficha proyecto Eco-RRD 2 / **PARTE A**

Recuperar la vida: Manejo, restauración y recuperación de suelos degradados por minería con enfoque participativo



Descripción

La minería, especialmente la de superficie, suele afectar las propiedades físicas y químicas del suelo, dejándolo inerte o sin vida. Para recuperarlo, es necesario devolverle la capa orgánica, reintroduciendo vegetación, preferiblemente nativa y fitorreparadora de suelo para además evitar la erosión. De ser posible, combinar estas labores con actividades productivas sostenibles, como el uso de madera certificada o la obtención de productos no maderables, por ejemplo, miel (Corantioquia, 2014).

La regeneración de la cobertura vegetal puede darse de manera natural (Valois-Cuesta et al. 2022) o asistida, con plantación directa o usando plántulas del propio bosque, preferiblemente al terminar la actividad minera (WWF, WFU/CEES & CINCIAS, 2019).

Se puede iniciar creando “cinturones verdes” que aporten a aumentar la disponibilidad de agua, proteger el suelo y fomentar corredores biológicos de conectividad ecosistémica (IIAP, 2012; MADS et al., 2023).

Para mejorar las condiciones del suelo se emplean abonos preferentemente orgánicos, obtenidos de leguminosas, desechos de cosecha, estiércoles y restos domésticos (García et al., 2021). Estos incrementan la materia orgánica, los microorganismos y los nutrientes, reforzando la autonomía local, la seguridad alimentaria y la economía familiar. Además, se pueden aplicar enmiendas como el biocarbón obtenido por pirólisis para mejorar la fertilidad (WWF, WFU/CEES & CINCIAS, 2019).

La creación de viveros asegura la reproducción de las especies vegetales necesarias y sirve de espacio educativo. Involucrar a las comunidades en la toma de decisiones y gestión de estos procesos fortalece la gobernanza local y garantiza mayor continuidad.

Para financiar estas acciones, se pueden usar incentivos a la conservación como el Certificado de Incentivo Forestal - CIF y los Pagos por Servicios Ambientales - PSA (IIAP, 2012; García et al., 2021; García & GIZ, 2023; MinAgricultura, 2020; MADS, 2021a).

Aplica a cualquier territorio cuyos ecosistemas hayan sido afectados por actividades mineras, donde la recuperación del suelo y los ecosistemas contribuye a reducir los riesgos ante amenazas naturales y socio-naturales y promueve un entorno más resiliente y sostenible.

Enfoque Principal de Gestión de Riesgos

Integral

Ecosistemas

- Bosques
- Páramos
- Cultivos
- Pastizales
- Sabanas
- Urbano
- Ríos y quebradas
- Humedales, lagos y ciénagas

Tipo de actor

- Organizaciones de la Sociedad Civil
- Gobierno / Sector público
- Sector privado
- Academia: Universidades, Inst. de Investigación e Inst. Educativas
- Comunidad
- Cooperación internacional

Amenazas reducidas

- Movimientos en masa
- Erosión
- Sequía y escasez de agua
- Inundación
- Vendavales
- Contaminación
- Incendios forestales
- Avenidas torrenciales
- Derrames

Escala

- Cuenca
- Regional
- Puntual

Co-beneficios

- Aporte a la reducción de riesgos
- Aporte a la seguridad hídrica
- Aporte al desarrollo social y económico
- Regulación climática
- Fortalecimiento de gobernanza y cohesión social
- Aporte a la educación
- Aumento de biodiversidad y conectividad ecológica
- Aporte a la reducción de la degradación ambiental
- Aporte a la salud humana y el bienestar
- Reducción de erosión y compactación del suelo
- Aporte a la seguridad alimentaria
- Mitigación y/o adaptación al cambio climático

Etapas del proceso minero en que se pueden implementar

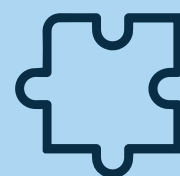
- Exploración
- Explotación
- Construcción y montaje
- Beneficio y transformación
- Cierre e integración al territorio

Ficha proyecto Eco-RRD 2 / **PARTE B**

Recuperar la vida

Acciones SbN Potenciales

Bioprospección a partir de residuos o biomasa residual Biodiges Bioferti ✓ Enriqu.suel ✓ Acon.suel ✓	Gestión de espacio urbano verde Esp.verde Jardin.urb Mobil.urb
Fortalecimiento de las capacidades y/o diversificación de la bioeconomía Banco.sem ✓ Educa.amb ✓ Forta.cap ✓ Gober.inc ✓ Monitoreo ✓ Viveros ✓ Huerta.al Huert.leñ Turismo ✓	Gestión integrada de agua y/o el suelo Atr.niebla Canales ✓ Gest.humed ✓ Siembra.ag ✓ Sist.riego
Gestión de agroecosistemas Agrofores Arbol.disp Arr.silvop ✓ Reser.agua ✓ Pasto.mej ✓ Rot.cul-pot ✓ Abrev.efic ✓	Infraestructura natural (verde/azul) y/o híbrida Biomanto ✓ Elem.SUDS Bioingen ✓
Gestión de áreas naturales protegidas Fig.protec Incentivo ✓	Restauración y conservación ecosistémica Cauce.ren Consv.ecos ✓ Corred.eco ✓ Franj.mult ✓ Prot.rest ✓ Recup.ccas ✓ Reve.talud ✓
	Tratamientos biológicos de aguas y suelos Biofl.bior Enriqu.suel ✓ Sist.sept



Retos de implementación

- Condiciones adversas del ecosistema:** suelos compactados, contaminados con metales pesados, mercurio o cianuro, y pérdida de especies clave.
- Altos costos y sostenibilidad:** intervenciones costosas, prolongadas y con la necesidad de asegurar su mantenimiento a largo plazo.
- Descoordinación y desconfianza:** la falta de confianza y sincronía entre distintos actores limita la efectividad de la restauración.
- Déficit en gobernanza:** deficiencia en la aplicación de la normativa, corrupción y debilidad institucional dificultan el éxito de las acciones.
- Limitaciones económicas:** las pequeñas empresas mineras carecen de recursos técnicos y financieros para emprender procesos de restauración.
- Burocracia compleja:** los trámites y requisitos para acceder a incentivos de conservación resultan complicados para las comunidades rurales y las pequeñas empresas.
- Falta de vínculo social:** sin mejoras tangibles en la vida cotidiana (empleo, servicios, alternativas sostenibles), la comunidad percibe los esfuerzos con escepticismo.
- Desconocimiento sobre biodiversidad:** la falta de información en las comunidades locales disminuye su motivación y participación.



Propuestas de abordaje de los retos

- Formación y sensibilización:** incluir talleres, charlas y actividades educativas sobre temas socioambientales para fortalecer el conocimiento y la participación.
- Alianzas multisectoriales:** fomentar la colaboración entre instituciones académicas, sociedad civil y otros sectores, para intercambiar saberes, gestionar recursos y capacitar actores clave.
- Tecnologías adaptadas y sostenibles:** emplear métodos de restauración ecológica adecuados al contexto local, combinándolos con alternativas productivas que beneficien a la comunidad.
- Monitoreo y ajuste:** realizar evaluaciones periódicas para corregir a tiempo cualquier inconveniente, como la baja supervivencia de especies vegetales.
- Preservación del ecosistema:** evitar la introducción de especies exóticas que alteren la dinámica natural del entorno.
- Participación comunitaria:** involucrar a las comunidades en todas las etapas, valorando su saber tradicional y garantizando mejoras palpables en su calidad de vida.
- Gobernanza inclusiva:** fortalecer la transparencia, la equidad y el cumplimiento de la ley, mejorando la coordinación y la confianza entre los actores involucrados.

Ejemplos

★ Restauración en Perú, Madre de Dios. (WWF, WFU/CEES & CINCIA, 2019)

★ Restauración natural en Chocó, Colombia. (Valois-Cuesta et al. 2022)

★ Restauración asistida con Acacia Mangium en Antioquia con Corantioquia. (Corantioquia, 2014)

★ Programa de Incentivos Forestales PROBOSQUE de Guatemala. (García & GIZ, 2023)

Ficha proyecto Eco-RRD 3 / **PARTE A**

Zonas verdes para el bienestar: Estrategias de restauración y conservación en áreas urbanas y en expansión, potenciales puntos de encuentro comunitarios.



Descripción

Las ciudades pueden recuperar áreas degradadas o sin uso, transformándolas en zonas verdes para el disfrute. Esto puede implicar intervenciones paisajísticas, manejo del agua y la implementación de elementos inmobiliarios y movilidad sostenible. También es posible integrar soluciones híbridas que combinan vegetación y estructuras en concreto, tales como franjas filtrantes, jardines de lluvia y pavimentos permeables, propias de los Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible - SUDS (Woods-Ballard et al., 2015; DNP y MinAmbiente, 2018). En zonas con cuerpos de agua, se pueden restaurar y renaturalizar sus cauces.

Estos espacios verdes son clave para mitigar el efecto isla de calor en la ciudad y aportar a la adaptación al cambio climático, ya que la vegetación proporciona sombra, refresca el entorno por evapotranspiración, mejora la calidad del aire, mejoran la infiltración de aguas lluvias y reducen la escorrentía (Rincón-Díaz y Arteaga-Morales, 2022). Cuando el espacio es limitado y predomina el cemento, se pueden instalar jardineras verticales que, a bajo costo, aporten sombra, aire más limpio y un refugio para la biodiversidad urbana (UNaLab, 2022).

Para asegurar que estas áreas se conviertan en espacio público, es necesario implementar los respectivos instrumentos normativos de gestión del suelo (Nieto, 2021). Estas soluciones resultan especialmente valiosas en zonas urbanas afectadas por actividad minera, donde son frecuentes la degradación del suelo, la subsidencia y la alteración del régimen hídrico.

Además de su valor ambiental, las zonas verdes pueden funcionar como puntos de encuentro seguros en eventos como sismos o deslizamientos, enmarcadas en estrategias de preparación para la respuesta. En suma, la creación de estas áreas mejora la calidad de vida, la resiliencia y la cohesión social en las ciudades.

Enfoque Principal de Gestión de Riesgos



Integral

Escala



Cuenca



Regional



Puntual

Ecosistemas



Bosques



Páramos



Cultivos



Pastizales



Sabanas



Urbano



Ríos y quebradas



Humedales, lagos y ciénagas

Tipo de actor



Organizaciones de la Sociedad Civil



Gobierno / Sector público



Sector privado



Academia: Universidades, Inst. de Investigación e Inst. Educativas



Comunidad



Cooperación internacional

Co-beneficios



Aporte a la reducción de riesgos



Aporte a la seguridad hídrica



Aporte al desarrollo social y económico



Regulación climática



Fortalecimiento de gobernanza y cohesión social



Aporte a la educación



Aumento de biodiversidad y conectividad ecológica



Aporte a la reducción de la degradación ambiental



Aporte a la salud humana y el bienestar



Reducción de erosión y compactación del suelo



Aporte a la seguridad alimentaria



Mitigación y/o adaptación al cambio climático

Amenazas reducidas



Movimientos en masa



Erosión



Sequía y escasez de agua



Inundación



Vendavales



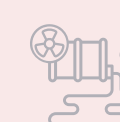
Contaminación



Incendios forestales



Avenidas torrenciales



Derrames

Etapas del proceso minero en que se pueden implementar



Exploración



Explotación



Construcción y montaje



Beneficio y transformación



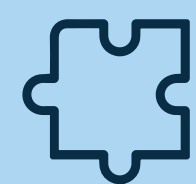
Cierre e integración al territorio

Ficha proyecto Eco-RRD 3 / **PARTE B**

Zonas verdes para el bienestar

Acciones SbN Potenciales

Bioprospección a partir de residuos o biomasa residual Biodiges Bioferti Enriq.suel ✓ Acon.suel ✓	Gestión de espacio urbano verde Esp.verde ✓ Jardin.urb ✓ Mobil.urb ✓
Fortalecimiento de las capacidades y/o diversificación de la bioeconomía Banco.sem Educa.amb ✓ Forta.cap ✓ Gober.inc ✓ Monitoreo ✓ Viveros ✓ Huerta.al ✓ Huert.leñ Turismo ✓	Gestión integrada de agua y/o el suelo Atr.niebla Canales ✓ Gest.humed ✓ Siembra.ag ✓ Sist.riego
Gestión de agroecosistemas Agrofores ✓ Arbol.disp Arr.silvop Reser.agua Pasto.mej Rot.cul-pot Abrev.efic ✓	Infraestructura natural (verde/azul) y/o híbrida Biomanto Elem.SUDS ✓ Bioingen ✓
Gestión de áreas naturales protegidas Fig.protec Incentivo	Restauración y conservación ecosistémica Cauce.ren ✓ Consv.ecos ✓ Corred.eco ✓ Franj.mult Prot.rest ✓ Recup.ccas ✓ Reve.talud ✓
	Tratamientos biológicos de aguas y suelos Biofl.bior ✓ Enriq.suel ✓ Sist.sept ✓



Retos de implementación

- Limitación de espacio:** encontrar terrenos disponibles es un desafío en ciudades densamente pobladas.
- Expansión desorganizada:** la falta de una planificación integral dificulta unir e interconectar las áreas verdes.
- Presión inmobiliaria:** los intereses económicos pueden desplazar la creación o el mantenimiento de zonas verdes.
- Suelos contaminados:** restaurar terrenos degradados requiere inversiones elevadas y conocimientos especializados.
- Exclusión social:** un diseño poco inclusivo puede restringir el acceso a ciertos grupos, generando desigualdad.
- Falta de accesibilidad:** no siempre se ubican en áreas con fácil acceso, limitando su disfrute por la población más vulnerable.
- Descoordinación entre actores:** la falta de entendimiento y colaboración retrasa las iniciativas.
- Percepción como costo:** las zonas verdes suelen verse como un gasto, en lugar de valorarse como inversiones con beneficios futuros.



Propuestas de abordaje de los retos

- Prevenir la gentrificación:** tomar medidas para que la población local no sea desplazada al crearse nuevos espacios verdes.
- Accesibilidad e inclusión:** diseñar áreas abiertas a todas las personas, incluyendo quienes tienen discapacidades, y fomentar su uso por la comunidad.
- Participación y colaboración:** involucrar a gobiernos, urbanistas, sociedad civil, empresas y comunidades, promoviendo una visión compartida y una planificación integral.
- Intervenciones verdes móviles:** implementar jardines portátiles y elementos móviles que lleven los beneficios de la vegetación a distintos puntos de la ciudad.
- Modelos financieros sostenibles:** buscar fuentes de financiamiento a largo plazo, como alianzas público-privadas, que reconozcan el valor ambiental, social y económico de las zonas verdes.

Ejemplos

★ Parque Schansbroek, zona minera abandonada Bélgica. (Green4Grey, 2020; European Commission et al. 2021)

★ Humedal Mayorquín y Gran Malecón, Barranquilla. (UNEP, 2024)



Ficha proyecto Eco-RRD 4 / **PARTE A**

Buenas prácticas agropecuarias: Sistemas silvopastoriles y agroforestales para la recuperación de áreas degradadas

Descripción

Las buenas prácticas en el sector pecuario y agrícola integran diversos enfoques sostenibles que mejoran la producción y generan beneficios para los ecosistemas. Entre estas se destacan la forestería comunitaria - o manejo forestal sostenible, así como los sistemas silvopastoriles y agroforestales que combinan árboles con cultivos y ganado, promoviendo la biodiversidad, la fertilidad del suelo y la resiliencia ante la variabilidad climática.

La forestería comunitaria implica que las comunidades gestionen sus bosques con criterios ambientales, legales, económicos y sociales, aportando a la conservación de su cultura y fortaleciendo su autonomía (MADS, 2022). Por su parte, los sistemas agroforestales y silvopastoriles equilibran la relación entre suelo, agua, plantas, ganado y biodiversidad, reduciendo la compactación y la erosión del suelo y mejorando la infiltración del agua, mientras se mejoran las condiciones de salud de los animales (UNEP & CTCN, 2023). Estas prácticas incluyen labranza mínima, rotación de cultivos, uso de abonos verdes y disposición estratégica de árboles para aumentar la disponibilidad de forraje y la estabilidad ecológica (CityAdapt, 2022; AgroSavia, 2023).

La agroecología añade otras herramientas como la diversificación de cultivos, el uso de variedades locales, bioinsumos, control biológico de plagas y la mejora de suelos mediante compostaje o recarbonización. Estas prácticas crean agroecosistemas más productivos, resilientes al clima y menos dependientes de insumos externos, ofreciendo una canasta de productos de mayor valor agregado y reduciendo la vulnerabilidad ante sequías, plagas u otros riesgos (García et al., 2021; Meza y Rodríguez, 2022).

El desarrollo de buenas prácticas agropecuarias, incluyendo la diversificación agrícola aumenta la resiliencia ante la variación climática y ante los riesgos de mercado y también reduce el riesgo de pérdida total de cultivos debido a amenazas tales como sequía, plagas, entre otros.

En zonas mineras, el producto del aprovechamiento forestal sostenible puede emplearse para estabilizar túneles someros de minería subterránea. Además, el sector minero puede sumarse como actor clave en la implementación de estas prácticas.

Enfoque Principal de Gestión de Riesgos



Restauración y recuperación de ecosistemas



Fortalecimiento de actores de gestión de riesgos

Ecosistemas



Bosques



Páramos



Cultivos



Pastizales



Sabanas



Urbano



Ríos y quebradas



Humedales, lagos y ciénagas

Tipo de actor



Organizaciones de la Sociedad Civil



Gobierno / Sector público



Sector privado



Academia: Universidades, Inst. de Investigación e Inst. Educativas



Comunidad



Cooperación internacional

Amenazas reducidas



Movimientos en masa



Erosión



Sequía y escasez de agua



Inundación



Vendavales



Contaminación



Incendios forestales



Avenidas torrenciales



Derrames

Escala



Cuenca



Regional



Puntual

Co-beneficios



Aporte a la reducción de riesgos



Aporte a la seguridad hídrica



Aporte al desarrollo social y económico



Regulación climática



Fortalecimiento de gobernanza y cohesión social



Aporte a la educación



Aumento de biodiversidad y conectividad ecológica



Aporte a la reducción de la degradación ambiental



Aporte a la salud humana y el bienestar



Reducción de erosión y compactación del suelo



Aporte a la seguridad alimentaria



Mitigación y/o adaptación al cambio climático

Etapas del proceso minero en que se pueden implementar



Exploración



Explotación



Construcción y montaje



Beneficio y transformación



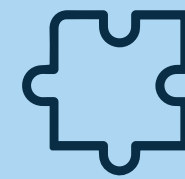
Cierre e integración al territorio

Ficha proyecto Eco-RRD 4 / **PARTE B**

Buenas prácticas agropecuarias

Acciones SbN Potenciales

Bioprospección a partir de residuos o biomasa residual Biodiges ✓ Bioferti ✓ Enriqu.suel ✓ Acon.suel ✓	Gestión de espacio urbano verde Esp.verde Jardin.urb Mobil.urb
Fortalecimiento de las capacidades y/o diversificación de la bioeconomía Banco.sem ✓ Educa.amb ✓ Forta.cap ✓ Gober.inc ✓ Monitoreo ✓ Viveros ✓ Huerta.al ✓ Huert.leñ ✓ Turismo ✓	Gestión integrada de agua y/o el suelo Atr.niebla ✓ Canales ✓ Gest.humed ✓ Siembra.ag ✓ Sist.riego
Gestión de agroecosistemas Agrofores ✓ Arbol.disp ✓ Arr.silvop ✓ Reser.agua ✓ Pasto.mej ✓ Rot.cul-pot ✓ Abrev.efic ✓	Infraestructura natural (verde/azul) y/o híbrida Biomanto Elem.SUDS Bioingen
Gestión de áreas naturales protegidas Fig.protec Incentivo ✓	Restauración y conservación ecosistémica Cauce.ren Consv.ecos ✓ Corred.eco ✓ Franj.mult ✓ Prot.rest ✓ Recup.ccas ✓ Reve.talud ✓
	Tratamientos biológicos de aguas y suelos Biofl.bior ✓ Enriq.suel Sist.sept



Retos de implementación

- Suelos empobrecidos:** requieren asesoría técnica y seguimiento continuo.
- Selección de especies:** elegir las plantas adecuadas es complejo, ya que deben adaptarse al clima, suelo y a la interacción con otras especies.
- Equilibrio productivo-ecológico:** conciliar la rentabilidad con la restauración del suelo demanda una gestión cuidadosa.
- Resistencia al cambio:** algunos productores dudan en adoptar enfoques que generen beneficios a mediano o largo plazo.
- Conflictos por recursos:** la introducción de sistemas sostenibles puede crear tensiones por el uso de agua, tierra u otros insumos.
- Altos costos iniciales:** la inversión en infraestructura y capacitación no siempre es asequible.
- Colaboración multisectorial:** la recuperación del suelo necesita la coordinación entre diversos actores, incluyendo gobiernos, ONGs y comunidades.



Propuestas de abordaje de los retos

- Selección de especies adecuadas:** optar por plantas nativas o adaptadas al entorno local.
- Desarrollo integral de la cadena de valor:** incluir producción, transformación y venta de productos locales.
- Formación y soporte técnico:** ofrecer capacitaciones constantes en manejo y monitoreo.
- Educación y sensibilización:** destacar los beneficios económicos, culturales y ambientales a largo plazo.
- Mecanismos de financiamiento:** establecer créditos, subsidios o pagos por servicios ecosistémicos que apoyen la transición.
- Investigación local e innovación:** impulsar el estudio de técnicas adaptadas al contexto regional.
- Colaboración multisectorial:** alinear esfuerzos entre autoridades, organizaciones y comunidades.
- Monitoreo de impacto:** evaluar periódicamente el avance para ajustar estrategias y garantizar resultados positivos.

Ejemplos

★ Manejo forestal comunitario en Remedios, Antioquia. (Yepes Quintero et al. 2019)

★ Sistema agrosilvopastoril rotativo de la Compañía Minera de Metais, Minas Gerais, Brasil. (Iglesias et al. 2011)

Ficha proyecto Eco-RRD 5 / **PARTE A**

Protegiendo las riberas de los ríos: Barreras verdes e híbridas en zonas de ribera y márgenes de quebradas y ríos para control de inundación y erosión



Descripción

Los humedales, lagos, quebradas y ríos actúan como barreras naturales que disminuyen la velocidad del agua, reduciendo el riesgo de inundaciones (Meza y Rodríguez, 2022). La creación o restauración de barreras verdes en las llanuras aluviales consiste en sembrar árboles y otras plantas que absorben el exceso de agua y promueven la infiltración, disminuyendo la cantidad de agua que viaja por el cauce hacia la parte baja de la cuenca, protegiendo así las áreas detrás de la barrera donde usualmente se ubican zonas urbanas, agropecuarias o mineras.

En algunas zonas, se combinan soluciones tradicionales como muros de cemento con intervenciones vegetales, creando barreras híbridas que no solo reducen inundaciones y erosión, sino que pueden aprovecharse como espacios recreativos. En entornos rurales, las intervenciones suelen ser más naturales.

Las barreras se suelen acompañar de intervenciones de bioingeniería para estabilizar los márgenes, tales como drenajes, fajinas vivas, filtros vegetales, esteras de terraplén y terrazas, entre otros (Downs y Cooperación Suiza, 2013; UNaLab, 2022).

Estas soluciones ayudan a estabilizar las riberas, previniendo la erosión y el colapso del terreno. Además, la vegetación contribuye a la biorremediación, degradando contaminantes y mejora de la calidad del agua, algo especialmente útil en áreas donde la minería ha alterado la calidad hídrica (Ríos, 2019). Al combinar estrategias vegetales con estructuras más tradicionales, se logran sistemas resilientes y multifuncionales que mejoran la calidad de vida, protegen la infraestructura y aportan al equilibrio ecológico.

Enfoque Principal de Gestión de Riesgos



Restauración y recuperación de ecosistemas



Reducción de la amenaza

Ecosistemas



Bosques



Páramos



Cultivos



Pastizales



Sabanas



Urbano



Ríos y quebradas



Humedales, lagos y ciénagas

Tipo de actor



Organizaciones de la Sociedad Civil



Gobierno / Sector público



Sector privado



Academia: Universidades, Inst. de Investigación e Inst. Educativas



Comunidad



Cooperación internacional

Amenazas reducidas



Movimientos en masa



Erosión



Sequía y escasez de agua



Inundación



Vendavales



Contaminación



Incendios forestales



Avenidas torrenciales



Derrames

Escala



Cuenca



Regional



Puntual

Co-beneficios



Aporte a la reducción de riesgos



Aporte a la seguridad hídrica



Aporte al desarrollo social y económico



Regulación climática



Fortalecimiento de gobernanza y cohesión social



Aporte a la educación



Aumento de biodiversidad y conectividad ecológica



Aporte a la reducción de la degradación ambiental



Aporte a la salud humana y el bienestar



Reducción de erosión y compactación del suelo



Aporte a la seguridad alimentaria



Mitigación y/o adaptación al cambio climático

Etapas del proceso minero en que se pueden implementar



Exploración



Explotación



Construcción y montaje



Beneficio y transformación



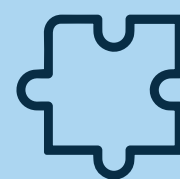
Cierre e integración al territorio

Ficha proyecto Eco-RRD 5 / **PARTE B**

Protegiendo las riberas de los ríos

Acciones SbN Potenciales

Bioprospección a partir de residuos o biomasa residual Biodiges Bioferti Enriqu.suel ✓ Acon.suel ✓	Gestión de espacio urbano verde Esp.verde ✓ Jardin.urb ✓ Mobil.urb ✓
Fortalecimiento de las capacidades y/o diversificación de la bioeconomía Banco.sem Educa.amb ✓ Forta.cap ✓ Gober.inc ✓ Monitoreo ✓ Viveros Huerta.al Huert.leñ Turismo ✓	Gestión integrada de agua y/o el suelo Atr.niebla Canales Gest.humed ✓ Siembra.ag Sist.riego
Gestión de agroecosistemas Agrofores Arbol.disp Arr.silvop Reser.agua Pasto.mej Rot.cul-pot Abrev.efic	Infraestructura natural (verde/azul) y/o híbrida Biomanto Elem.SUDS ✓ Bioingen ✓
Gestión de áreas naturales protegidas Fig.protec ✓ Incentivo ✓	Restauración y conservación ecosistémica Cauce.ren Consv.ecos ✓ Corred.eco ✓ Franj.mult ✓ Prot.rest ✓ Recup.ccas ✓ Reve.talud ✓
	Tratamientos biológicos de aguas y suelos Biofl.bior Enriq.suel ✓ Sist.sept



Retos de implementación

- Incertidumbre hidrodinámica:** las dinámicas cambiantes de ríos y quebradas dificultan la planificación.
- Selección de especies vegetales:** escoger plantas apropiadas exige conocimiento técnico y condiciones locales favorables.
- Costumbres locales:** las prácticas tradicionales y el desconocimiento sobre las barreras verdes pueden complicar su aceptación.
- Conflictos por uso del suelo:** algunas comunidades perciben estas barreras como una limitación a sus actividades económicas.
- Altos costos:** la implementación en zonas remotas o de difícil acceso implica mayores inversiones.
- Falta de incentivos:** sin estímulos financieros, es difícil motivar a productores y gestores a invertir en estas soluciones.
- Descoordinación institucional:** la falta de consenso entre autoridades locales, ambientales y comunidades entorpece los proyectos.
- Enfoque limitado:** sin estrategias integrales de manejo de cuencas, las barreras no alcanzan su máximo potencial.



Propuestas de abordaje de los retos

- Diseño adaptativo:** crear barreras flexibles que se ajusten a las condiciones locales y a cambios futuros.
- Temporalidad adecuada:** realizar las intervenciones en épocas propicias, asegurando un mejor arraigo de la vegetación.
- Plazos realistas:** considerar el tiempo requerido para que las plantas alcancen su pleno efecto protector.
- Demostración de beneficios:** mostrar resultados concretos (menores daños por inundaciones, mejor calidad del agua) para ganar apoyo comunitario.
- Financiamiento sostenible:** implementar mecanismos como pagos por servicios ecosistémicos o alianzas público-privadas.
- Educación y sensibilización:** informar a las comunidades sobre los beneficios sociales, ambientales y económicos para motivar su participación activa.

Ejemplos

★ Restauración de manglares para protección contra inundaciones en North Yakarta, Indonesia. (Khotimah & Rahmawati, 2024)

★ Valle Gudbrandsdalen en Noruega. (European Commission et al. 2021)



Ficha proyecto Eco-RRD 6 / **PARTE A**

Agua para todas y todos: Manejo, restauración y recuperación de humedales y cuencas abastecedoras con enfoque participativo

Descripción

Para proteger los humedales, mantener y recuperar las fuentes de agua que abastecen los acueductos, es necesario aplicar estrategias que aporten a recuperar el régimen hídrico, mientras se genera bienestar social y económico de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas (UNEP & CTCN, 2023). Los humedales son ecosistemas claves cuyas características naturales permiten la acumulación de agua formando suelos especiales y albergando plantas y animales que se adaptan a estas condiciones (Burbano Girón et al. 2020).

Dentro de las acciones que puede involucrar se encuentran el manejo y restauración de vegetación para mejorar la conectividad hidroecológica, mejorar la infiltración, favorecer la recarga de acuíferos, mantener una lámina constante de agua para aumentar la disponibilidad de agua, mejorar la calidad del suelo, proveer sombra y actuar a manera de barreras rompevientos (MADS et al. 2023). Otras acciones incluyen remoción de contaminantes, control de actividades agrícolas sobre cuerpos de agua; vinculación de actividades turísticas y recreativas y otras acciones para reducir la vulnerabilidad de los pobladores locales por medio de acciones que contribuyan a mejorar sus medios de vida.

Una de las principales acciones es recuperar la vegetación alrededor de ríos y humedales, lo que ayuda a que el agua se filtre mejor en el suelo reduciendo el riesgo de inundaciones, mientras que a su vez se recargan los acuíferos y se mantiene el nivel del agua, aumentando su disponibilidad en época de sequía (Rincón-Díaz y Arteaga-Morales, 2022). Esto, a su vez, mejora la calidad del suelo, brinda sombra, reduce los vientos fuertes y disminuye la contaminación. Además, al cuidar estas áreas, se pueden establecer actividades turísticas y recreativas que beneficien a las comunidades locales, al mismo tiempo que se protege la naturaleza (MADS et al. 2023).

En zonas urbanas, se pueden combinar espacios verdes con una variedad de medidas de ingeniería suave e infraestructura verde diseñadas para el control de inundaciones (WIPO, 2022).

Estas intervenciones aportan a asegurar un suministro de agua más constante y de mejor calidad, previenen problemas en épocas de lluvia o sequía, y promueven el bienestar de las comunidades, la protección de la biodiversidad y la resiliencia ante el cambio climático, particularmente necesario en zonas con actividad minera, donde suele haber una alta demanda del recurso hídrico.

Hay muchos enfoques asociados a este tipo de acciones, tales como Gestión integrada del recurso hídrico y zonas de conectividad hidroecológica, Rehabilitación hídrica, Manejo integrado del agua en cuencas (MADS et al. 2023), Gestión natural del agua (Rinaudo-Mannucci, 2019), Gestión Natural de Inundaciones (WIPO, 2022), Manejo Integral de Recursos Hídricos MIRH (UNEP & CTCN, 2023), entre otros.

Enfoque Principal de Gestión de Riesgos

 Restauración y recuperación de ecosistemas	 Fortalecimiento de actores de gestión de riesgos
--	--

Ecosistemas

 Bosques	 Páramos
 Cultivos	 Pastizales
 Sabanas	 Urbano
 Ríos y quebradas	 Humedales, lagos y ciénagas

Tipo de actor

 Organizaciones de la Sociedad Civil
 Gobierno / Sector público
 Sector privado
 Academia: Universidades, Inst. de Investigación e Inst. Educativas
 Comunidad
 Cooperación internacional

Escala

 Cuenca	 Regional	 Puntual
--	--	---

Co-beneficios

 Aporte a la reducción de riesgos	 Aporte a la seguridad hídrica
 Aporte al desarrollo social y económico	 Regulación climática
 Fortalecimiento de gobernanza y cohesión social	 Aporte a la educación
 Aumento de biodiversidad y conectividad ecológica	 Aporte a la reducción de la degradación ambiental
 Aporte a la salud humana y el bienestar	 Reducción de erosión y compactación del suelo
 Aporte a la seguridad alimentaria	 Mitigación y/o adaptación al cambio climático

Amenazas reducidas

 Movimientos en masa	 Erosión	 Sequía y escasez de agua
 Inundación	 Vendavales	 Contaminación
 Incendios forestales	 Avenidas torrenciales	 Derrames

Etapas del proceso minero en que se pueden implementar

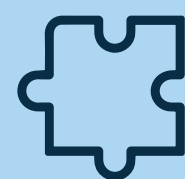
 Exploración	 Explotación
 Construcción y montaje	 Beneficio y transformación
 Cierre e integración al territorio	

Ficha proyecto Eco-RRD 6 / **PARTE B**

Agua para todas y todos

Acciones SbN Potenciales

<p>Bioprospección a partir de residuos o biomasa residual</p> <ul style="list-style-type: none"> Biodiges Bioferti Enriq.suel ✓ Acon.suel ✓ 	<p>Gestión de espacio urbano verde</p> <ul style="list-style-type: none"> Esp.verde ✓ Jardin.urb ✓ Mobil.urb ✓
<p>Fortalecimiento de las capacidades y/o diversificación de la bioeconomía</p> <ul style="list-style-type: none"> Banco.sem ✓ Educa.amb ✓ Forta.cap ✓ Gober.inc ✓ Monitoreo ✓ Viveros Huerta.al ✓ Huert.leñ Turismo ✓ 	<p>Gestión integrada de agua y/o el suelo</p> <ul style="list-style-type: none"> Atr.niebla Canales ✓ Gest.humed ✓ Siembra.ag ✓ Sist.riego
<p>Gestión de agroecosistemas</p> <ul style="list-style-type: none"> Agrofores Arbol.disp Arr.silvop Reser.agua Pasto.mej Rot.cul-pot Abrev.efic 	<p>Infraestructura natural (verde/azul) y/o híbrida</p> <ul style="list-style-type: none"> Biomanto Elem.SUDS ✓ Bioingen
<p>Gestión de áreas naturales protegidas</p> <ul style="list-style-type: none"> Fig.protec ✓ Incentivo ✓ 	<p>Restauración y conservación ecosistémica</p> <ul style="list-style-type: none"> Cauce.ren Consv.ecos ✓ Corred.eco ✓ Franj.mult Prot.rest ✓ Recup.ccas ✓ Reve.talud
	<p>Tratamientos biológicos de aguas y suelos</p> <ul style="list-style-type: none"> Biofl.bior Enriq.suel ✓ Sist.sept ✓



Retos de implementación

- Restricciones legales:** intervenir en terrenos privados puede ser difícil, aunque la gestión del riesgo lo justifique.
- Seguimiento y evaluación:** medir el impacto real de las acciones puede requerir tiempo, recursos y experiencia.
- Recuperación integral:** lograr la restauración completa implica abordar aspectos hídricos, calidad del agua y ecosistemas afectados, por ejemplo, por la minería.
- Conciencia limitada:** muchos habitantes de zonas mineras desconocen cómo la salud de humedales y cuencas influye en su propio bienestar.
- Dependencia de recursos externos:** si los proyectos dependen de fondos externos, pueden no ser sostenibles a largo plazo.
- Altos costos:** requieren inversiones en tecnología, personal especializado y monitoreo constante.
- Gestión fragmentada:** sin coordinación entre autoridades, comunidades, mineras y otros actores, es difícil alcanzar resultados duraderos.
- Competencia por recursos hídricos:** cuando minería, agricultura y hogares compiten por el agua, la planificación es más compleja.



Propuestas de abordaje de los retos

- Educación y sensibilización:** involucrar a las comunidades, explicarles la importancia de estos ecosistemas y fomentar su participación.
- Participación genuina:** Escuchar las necesidades de las personas locales y adaptarse a su realidad para que se sumen a las iniciativas.
- Incentivos económicos:** ofrecer apoyos financieros que faciliten el cambio hacia prácticas más sostenibles.
- Financiamiento sostenible:** crear mecanismos para conseguir recursos estables, garantizando la continuidad a largo plazo.
- Gobernanza fortalecida:** establecer normas claras y responsabilidades compartidas, asegurando que todos cumplan su parte.
- Gestión participativa del agua:** equilibrar el desarrollo económico con la conservación del agua, involucrando a todos los usuarios de este recurso.

Ejemplos

★ Cuenca Lukaya, República Democrática del Congo. (UNEP, 2016)

★ Manejo integrado de la microcuenca del Arroyo Paladines, La Guajira conjuntamente entre la empresa Cerrejón y comunidades locales. (González Calderón et al. 2018)

Ficha proyecto Eco-RRD 7 / **PARTE A**

Soluciones naturales para estabilizar terrenos: Bioingeniería e infraestructura híbrida (verde/azul y gris) para la estabilización de taludes y reducción de la erosión



Descripción

La bioingeniería —o infraestructura verde— utiliza principalmente materiales de origen natural, como plantas y madera, en la construcción de obras para el manejo de drenajes y la estabilización de superficies inclinadas como taludes (Downs y Cooperación Suiza, 2013; Universidad Católica de Colombia, 2016). Con esta técnica, se busca proteger laderas, terraplenes y otras estructuras frente a la erosión, además de ralentizar y canalizar las aguas de escorrentía para evitar la erosión y la saturación de suelos responsables de la generación de los movimientos en masa (García et al. 2021).

La infraestructura verde puede aportar a crear redes de zonas naturales y seminaturales planificadas de forma estratégica, diseñadas y gestionadas para la prestación de múltiples servicios ecosistémicos (UNEP & CTCN, 2023).

La llamada “infraestructura azul” incluye obras enfocadas en el manejo del agua, como disipadores en madera que captan el flujo y reducen su velocidad (García et al. 2021). Cuando las soluciones verdes y azules se combinan con elementos tradicionales de infraestructura gris, forman infraestructura híbrida que ofrece un mayor abanico de beneficios ambientales (UNEP & CTCN, 2023). Ejemplos de estos métodos de bioingeniería son terrazas, barreras vivas, cultivos en curvas de nivel, diques de sedimentación y muros naturales. En zonas con graves problemas de erosión, se pueden frenar cárcavas o dunas de arena mediante coberturas vegetales y barreras de plantas, reduciendo el desgaste del suelo y protegiendo la biodiversidad (Meza y Rodríguez, 2022).

La bioingeniería con infraestructura verde, azul y/o híbrida pueden convertirse en una alternativa viable y sostenible para estabilizar taludes, reducir la erosión y mejorar las condiciones ambientales en zonas mineras.

Enfoque Principal de Gestión de Riesgos



Reducción de la amenaza

Escala



Cuenca



Regional



Puntual

Ecosistemas



Bosques



Páramos



Cultivos



Pastizales



Sabanas



Urbano



Ríos y quebradas



Humedales, lagos y ciénagas

Tipo de actor



Organizaciones de la Sociedad Civil



Gobierno / Sector público



Sector privado



Academia: Universidades, Inst. de Investigación e Inst. Educativas



Comunidad



Cooperación internacional

Co-beneficios



Aporte a la reducción de riesgos



Aporte a la seguridad hídrica



Aporte al desarrollo social y económico



Regulación climática



Fortalecimiento de gobernanza y cohesión social



Aporte a la educación



Aumento de biodiversidad y conectividad ecológica



Aporte a la reducción de la degradación ambiental



Aporte a la salud humana y el bienestar



Reducción de erosión y compactación del suelo



Aporte a la seguridad alimentaria



Mitigación y/o adaptación al cambio climático

Amenazas reducidas



Movimientos en masa



Erosión



Sequía y escasez de agua



Inundación



Vendavales



Contaminación



Incendios forestales



Avenidas torrenciales



Derrames

Etapas del proceso minero en que se pueden implementar



Exploración



Explotación



Construcción y montaje



Beneficio y transformación



Cierre e integración al territorio

Ficha proyecto Eco-RRD 7 / **PARTE B**

Soluciones naturales para estabilizar terrenos

Acciones SbN Potenciales

Bioprospección a partir de residuos o biomasa residual	
Biodiges	
Bioferti	
Enriqu.suel	
Acon.suel	

Fortalecimiento de las capacidades y/o diversificación de la bioeconomía	
Banco.sem	
Educa.amb	✓
Forta.cap	✓
Gober.inc	✓
Monitoreo	
Viveros	
Huerta.al	✓
Huert.leñ	
Turismo	

Gestión de agroecosistemas	
Agrofores	
Arbol.disp	
Arr.silvop	
Reser.agua	
Pasto.mej	
Rot.cul-pot	
Abrev.efic	

Gestión de áreas naturales protegidas	
Fig.protec	
Incentivo	

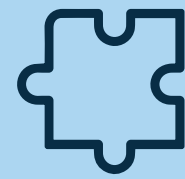
Gestión de espacio urbano verde	
Esp.verde	
Jardin.urb	
Mobil.urb	

Gestión integrada de agua y/o el suelo	
Atr.niebla	
Canales	✓
Gest.humed	✓
Siembra.ag	
Sist.riego	

Infraestructura natural (verde/azul) y/o híbrida	
Biomanto	✓
Elem.SUDS	✓
Bioingen	✓

Restauración y conservación ecosistémica	
Cauce.ren	✓
Consv.ecos	✓
Corred.eco	
Franj.mult	
Prot.rest	✓
Recup.ccas	✓
Reve.talud	✓

Tratamientos biológicos de aguas y suelos	
Biofl.bior	
Enriq.suel	
Sist.sept	



Retos de implementación

- ✚ **Condiciones ambientales adversas:** en zonas mineras el suelo suele estar muy degradado, con baja fertilidad y erosión avanzada.
- ✚ **Complejidad técnica:** diseñar soluciones que combinen infraestructura natural (verde/azul) y estructuras grises requiere un alto nivel de especialización.
- ✚ **Presión sobre el uso del suelo:** el uso intensivo de la tierra para la minería puede reducir el espacio disponible para proyectos de bioingeniería.
- ✚ **Condiciones socioeconómicas:** la dependencia de la minería no formalizada y la falta de recursos técnicos y financieros dificultan la adopción de estas prácticas.
- ✚ **Falta de conocimiento y sensibilización:** pocas personas conocen los beneficios de la bioingeniería en términos de seguridad y sustentabilidad.
- ✚ **Desafíos de gobernanza y coordinación:** sin acuerdos claros entre autoridades, mineros y comunidades, las intervenciones pueden verse afectadas por la desconfianza.
- ✚ **Acceso limitado a recursos financieros y tecnológicos:** los costos iniciales y la poca disponibilidad de equipos especializados frenan la implementación.
- ✚ **Gestión de permisos:** conseguir autorizaciones ambientales y técnicas puede demorar e incrementar la complejidad del proyecto.
- ✚ **Seguimiento y mantenimiento:** la falta de capacidades locales para conservar las obras híbridas compromete su efectividad a largo plazo.

Ejemplos

★ Bioingeniería en presas de cola de mina a cielo abierto de níquel en Moa, Cuba. (Portal Minero, 2012; Hernández-Columbié y Guardado-Lacaba, 2014)



Propuestas de abordaje de los retos

- 💡 **Adaptación técnica y ambiental:** diseñar soluciones que integren vegetación autóctona y estructura gris en áreas críticas.
- 💡 **Articulación con la minería no formalizada:** crear acuerdos de cooperación e incentivos para mineros, promoviendo prácticas sostenibles y posibles vías de formalización.
- 💡 **Fortalecimiento socioeconómico:** impulsar actividades complementarias (agroforestería, ecoturismo) y ofrecer financiamiento (créditos, subsidios, alianzas público-privadas).
- 💡 **Educación y sensibilización:** capacitar a comunidades y productores en bioingeniería, destacando los beneficios para su seguridad y calidad de vida.
- 💡 **Gobernanza participativa y coordinación:** formar comités locales de gestión de riesgos y promover la transparencia para generar confianza.
- 💡 **Generación de confianza y apoyo comunitario:** involucrar a la población desde la planificación, demostrando beneficios inmediatos y de largo plazo.
- 💡 **Monitoreo y sostenibilidad:** crear sistemas de evaluación continua, ajustando las intervenciones según resultados y fomentando la participación de los actores locales.

★ Hidrosiembra para la restauración de suelos producto de actividades mineras: Zamora Chinchipe, Ecuador. (Romero Cando y Rivera Carrión, 2020)

Ficha proyecto Eco-RRD 8 / **PARTE A**

Limpieza natural de suelos y aguas:
Biorremediación para la reducción de la contaminación



Descripción


La biorremediación es una técnica que aprovecha organismos vivos (bacterias, plantas, hongos, algas o enzimas) para transformar contaminantes en sustancias menos dañinas, limpiando así suelos y aguas (Ríos, 2019; FAO, 2021). Este proceso puede ser natural —cuando los ecosistemas ya poseen la capacidad de degradar o retener ciertos contaminantes—, asistido o híbrido, combinando tratamientos convencionales (como plantas de tratamiento) con ecosistemas vegetales que eliminan sustancias químicas o bacterianas antes de que alcancen aguas abajo (Pavlidis y Karasali, 2020).

Las soluciones van desde el uso de humedales naturales, a técnicas de biorremediación mediante uso de microorganismos (biopelículas bacterianas) o el uso de enzimas para tratar aguas contaminadas superficiales y subterráneas poco profundas (Meza y Rodríguez, 2022).






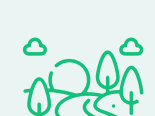
En muchas regiones, ecosistemas naturales o contruidos con vegetación adecuada (por ejemplo, cañaverales o juncos) se utilizan para filtrar y retener ya sea metales pesados como mercurio o nutrientes y contaminantes orgánicos peligrosos en altas concentraciones, tales como Nitrógeno total (NT), fósforo total (PT), nitrato (NO3), amoníaco (NH4), ortofosfato (PO4) y cloro (Cl-). Los lodos tratados se pueden utilizar en agricultura o construcción, representando nueva materia prima y no residuos, aportando así a la economía circular de la zona. De esta manera se evita que los lodos no tratados se viertan al medio ambiente y se recupera la calidad del agua y del suelo.

En contextos mineros, la biorremediación cobra especial importancia para el tratamiento de drenajes ácidos de minas y la remoción de metales tóxicos, ya que este sector libera sustancias que pueden afectar a los ecosistemas y la salud humana (Vásquez et al., 2016; Patiño, 2024). La investigación en países como Colombia y Ecuador demuestra cómo bacterias (*Lysinibacillus sphaericus*), algas y microbios especializados pueden reducir significativamente la contaminación, ofreciendo soluciones viables para la recuperación de las zonas afectadas.

Enfoque Principal de Gestión de Riesgos

 **Restauración y recuperación de ecosistemas**




Ecosistemas

- | | |
|--|---|
|  Bosques |  Páramos |
|  Cultivos |  Pastizales |
|  Sabanas |  Urbano |
|  Ríos y quebradas |  Humedales, lagos y ciénagas |

Tipo de actor

-  Organizaciones de la Sociedad Civil
-  Gobierno / Sector público
-  Sector privado
-  Academia: Universidades, Inst. de Investigación e Inst. Educativas
-  Comunidad
-  Cooperación internacional

Escala

-  Cuenca  Regional  Puntual

Co-beneficios

- | | |
|---|---|
|  Aporte a la reducción de riesgos |  Aporte a la seguridad hídrica |
|  Aporte al desarrollo social y económico |  Regulación climática |
|  Fortalecimiento de gobernanza y cohesión social |  Aporte a la educación |
|  Aumento de biodiversidad y conectividad ecológica |  Aporte a la reducción de la degradación ambiental |
|  Aporte a la salud humana y el bienestar |  Reducción de erosión y compactación del suelo |
|  Aporte a la seguridad alimentaria |  Mitigación y/o adaptación al cambio climático |

Amenazas reducidas

- | | | |
|--|---|--|
|  Movimientos en masa |  Erosión |  Sequía y escasez de agua |
|  Inundación |  Vendavales |  Contaminación |
|  Incendios forestales |  Avenidas torrenciales |  Derrames |

Etapas del proceso minero en que se pueden implementar

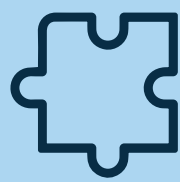
- | | |
|--|--|
|  Exploración |  Explotación |
|  Construcción y montaje |  Beneficio y transformación |
|  Cierre e integración al territorio | |

Ficha proyecto Eco-RRD 8 / **PARTE B**

Limpieza natural de suelos y aguas

Acciones SbN Potenciales

<p>Bioprospección a partir de residuos o biomasa residual</p> <ul style="list-style-type: none"> Biodiges ✓ Bioferti ✓ Enriqu.suel ✓ Acon.suel 	<p>Gestión de espacio urbano verde</p> <ul style="list-style-type: none"> Esp.verde Jardin.urb Mobil.urb
<p>Fortalecimiento de las capacidades y/o diversificación de la bioeconomía</p> <ul style="list-style-type: none"> Banco.sem Educa.amb ✓ Forta.cap ✓ Gober.inc Monitoreo Viveros Huerta.al Huert.leñ Turismo 	<p>Gestión integrada de agua y/o el suelo</p> <ul style="list-style-type: none"> Atr.niebla Canales ✓ Gest.humed ✓ Siembra.ag Sist.riego
<p>Gestión de agroecosistemas</p> <ul style="list-style-type: none"> Agrofores Arbol.disp Arr.silvop Reser.agua Pasto.mej Rot.cul-pot Abrev.efic 	<p>Infraestructura natural (verde/azul) y/o híbrida</p> <ul style="list-style-type: none"> Biomanto Elem.SUDS ✓ Bioingen
<p>Gestión de áreas naturales protegidas</p> <ul style="list-style-type: none"> Fig.protec ✓ Incentivo ✓ 	<p>Restauración y conservación ecosistémica</p> <ul style="list-style-type: none"> Cauce.ren Consv.ecos ✓ Corred.eco Franj.mult Prot.rest ✓ Recup.ccas Reve.talud
	<p>Tratamientos biológicos de aguas y suelos</p> <ul style="list-style-type: none"> Biofl.bior ✓ Enriqu.suel ✓ Sist.sept ✓



Retos de implementación

- Contaminación severa:** los altos niveles de metales pesados y químicos dificultan la eficacia de la biorremediación y generan residuos peligrosos tras su absorción.
- Condiciones geográficas y climáticas complejas:** terrenos difíciles o climas extremos complican la aplicación, supervisión y sostenibilidad de estos proyectos.
- Limitaciones técnicas y conocimiento local:** se requieren habilidades y tecnologías especializadas que muchas veces no están disponibles en las comunidades mineras.
- Resistencia comunitaria:** sin beneficios económicos o sociales inmediatos, puede haber poca aceptación de la biorremediación.
- Disponibilidad y costo de insumos:** el acceso a microorganismos, enzimas o especies vegetales específicas puede resultar limitado o costoso.
- Marco regulatorio y gobernanza:** normativas ambientales débiles y falta de coordinación entre instituciones frenan el cumplimiento de estándares y la normatividad.
- Dependencia financiera:** la dependencia de donaciones o fondos externos pone en riesgo la continuidad del proyecto a largo plazo.
- Fragmentación institucional:** la descoordinación entre autoridades ambientales, mineras y locales dificulta iniciativas conjuntas.
- Compromiso a largo plazo:** la biorremediación necesita seguimiento constante y resultados visibles que suelen tardar en llegar.
- Competencia por el uso del suelo y el agua:** estas zonas también se usan para agricultura, ganadería o urbanización, lo que genera conflictos de interés.

Ejemplos

★ Biorremediación de efluentes metalúrgicos mediante el uso de microalgas de la Amazonía. (Vela-García et al. 2019)

★ Tratamiento de drenajes ácidos de minas (DAM) empleando bacterias en biorreactores de pequeño tamaño. (Vásquez et al. 2016)

★ Uso de bacterias *Lysinibacillus sphaericus* para absorber Hg de escala nanométrica. (Paéz et al. 2019)

★ Tratamiento de lodos en humedales con vegetación de juncales en Mojkovac, Montenegro en una zona cercana al casco urbano donde se desarrollaba previamente actividad minera de extracción de plomo y zinc. (Cross et al. 2021)



Propuestas de abordaje de los retos

- Diagnóstico inicial exhaustivo:** identificar los tipos de contaminantes y mapear las áreas que requieren atención prioritaria.
- Adaptación de tecnologías locales:** emplear organismos y métodos autóctonos y económicos, ajustados a las condiciones ambientales y culturales.
- Capacitación técnica:** ofrecer formación en biorremediación y monitoreo a las comunidades y actores involucrados.
- Participación comunitaria:** incluir a las comunidades desde el diseño hasta la evaluación, resaltando los beneficios sociales y ambientales.
- Incentivos económicos:** implementar pagos por servicios ecosistémicos, subsidios o proyectos productivos sostenibles en áreas recuperadas.
- Acceso a insumos:** establecer alianzas con universidades y proveedores para garantizar la disponibilidad de microorganismos, enzimas o plantas.
- Fortalecimiento regulatorio:** crear normas claras y promover la coordinación entre entes locales, regionales y nacionales.
- Financiamiento sostenible:** diversificar las fuentes de recursos y fomentar iniciativas de ecoturismo o agricultura regenerativa que financien el mantenimiento del proceso.
- Monitoreo y mejora continua:** desarrollar sistemas de seguimiento que permitan ajustar las técnicas e identificar nuevas necesidades de intervención.
- Soluciones integrales:** integrar la biorremediación con planes de restauración de suelos y cuencas más amplios, sumando esfuerzos en distintas áreas, articulándolo a compensaciones ambientales, cierres y post-cierres de minas..
- Gestión de conflictos:** facilitar el diálogo para equilibrar las necesidades de la minería, la agricultura y el uso doméstico del agua y del suelo, articulándolo a compensaciones ambientales, cierres y post-cierres de minas.

Ficha proyecto Eco-RRD 9 / **PARTE A**



Convirtiendo residuos en oportunidades: Gestión integral de residuos para un futuro sostenible

Descripción

La gestión integral de residuos abarca todas las acciones necesarias para manejar los desechos de manera sostenible, desde reducir su generación hasta su disposición final (MADS, 2021b). Este enfoque promueve la prevención de la contaminación, la separación en la fuente, el reciclaje, la reutilización y la valorización de materiales, generando beneficios sociales y ambientales mientras se previenen riesgos como la contaminación del agua o el suelo.

Muchas de estas acciones se relacionan con Reducción de Riesgos de Desastres con enfoque ecosistémico (Eco-DRR) al mejorar la salud de los ecosistemas, generar bienestar de las comunidades y reducir impactos como la contaminación del agua o el suelo e inundaciones por obstrucción de cauces. Ejemplos de ello incluyen humedales artificiales para tratar aguas residuales, biorremediación con plantas acuáticas o microorganismos, y la incorporación de tecnologías emergentes como la pirólisis, la digestión anaeróbica y la biofiltración (Cross et al., 2021).

La participación comunitaria puede variar según la complejidad de los sistemas. Por ejemplo, en Etiopía, las mismas comunidades gestionan plantas de tratamiento basadas en cobertura vegetal (WASTE, 2024). Además, existen alternativas como la bioconstrucción con materiales reciclados, por ejemplo ladrillos de plástico extruido, que permiten edificar de manera segura y energéticamente eficiente (Conceptos plásticos, 2022). Esto contribuye a una economía circular, donde residuos pasan de ser basura a convertirse en recursos con valor comercial o ambiental aportando ingresos a las comunidades locales, tanto con la generación de un subproducto, como por su participación en las acciones de reciclaje (Meza y Rodríguez, 2022).

En el contexto minero, la gestión integral de residuos cobra especial relevancia para el tratamiento de lodos, drenajes ácidos y desechos sólidos, tales como estériles, derivados de la actividad extractiva. De esta forma, la gestión integral de residuos no solo reduce la contaminación sino que también impulsa nuevas oportunidades productivas y fortalece el desarrollo sostenible en las zonas mineras y rurales.

Enfoque Principal de Gestión de Riesgos



Reducción de la amenaza



Fortalecimiento de actores de gestión de riesgos

Ecosistemas



Bosques



Páramos



Cultivos



Pastizales



Sabanas



Urbano



Ríos y quebradas



Humedales, lagos y ciénagas

Tipo de actor



Organizaciones de la Sociedad Civil



Gobierno / Sector público



Sector privado



Academia: Universidades, Inst. de Investigación e Inst. Educativas



Comunidad



Cooperación internacional

Amenazas reducidas



Movimientos en masa



Erosión



Sequía y escasez de agua



Inundación



Vendavales



Contaminación



Incendios forestales



Avenidas torrenciales



Derrames

Escala



Cuenca



Regional



Puntual

Co-beneficios



Aporte a la reducción de riesgos



Aporte a la seguridad hídrica



Aporte al desarrollo social y económico



Regulación climática



Fortalecimiento de gobernanza y cohesión social



Aporte a la educación



Aumento de biodiversidad y conectividad ecológica



Aporte a la reducción de la degradación ambiental



Aporte a la salud humana y el bienestar



Reducción de erosión y compactación del suelo



Aporte a la seguridad alimentaria



Mitigación y/o adaptación al cambio climático

Etapas del proceso minero en que se pueden implementar



Exploración



Explotación



Construcción y montaje



Beneficio y transformación



Cierre e integración al territorio

Ficha proyecto Eco-RRD 9 / **PARTE B**

Convirtiendo residuos en oportunidades

Acciones SbN Potenciales

Bioprospección a partir de residuos o biomasa residual	
Biodiges	✓
Bioferti	✓
Enriqu.suel	✓
Acon.suel	

Fortalecimiento de las capacidades y/o diversificación de la bioeconomía	
Banco.sem	
Educa.amb	✓
Forta.cap	✓
Gober.inc	✓
Monitoreo	
Viveros	✓
Huerta.al	✓
Huert.leñ	✓
Turismo	✓

Gestión de agroecosistemas	
Agrofores	
Arbol.disp	
Arr.silvop	
Reser.agua	
Pasto.mej	
Rot.cul-pot	
Abrev.efic	

Gestión de áreas naturales protegidas	
Fig.protec	
Incentivo	

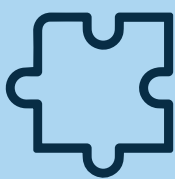
Gestión de espacio urbano verde	
Esp.verde	
Jardin.urb	
Mobil.urb	✓

Gestión integrada de agua y/o el suelo	
Atr.niebla	
Canales	
Gest.humed	✓
Siembra.ag	
Sist.riego	

Infraestructura natural (verde/azul) y/o híbrida	
Biomanto	
Elem.SUDS	
Bioingen	

Restauración y conservación ecosistémica	
Cauce.ren	
Consv.ecos	✓
Corred.eco	
Franj.mult	
Prot.rest	
Recup.ccas	
Reve.talud	

Tratamientos biológicos de aguas y suelos	
Biofl.bior	✓
Enriq.suel	✓
Sist.sept	✓



Retos de implementación

- ✚ **Falta de sensibilización y cultura ambiental:** las comunidades locales y actores clave a menudo desconocen los impactos negativos de la mala gestión de residuos en los ecosistemas y en el aumento del riesgo de desastres.
- ✚ **Gestión deficiente de residuos sólidos:** infraestructura inadecuada para la recolección, clasificación y disposición de residuos en municipios mineros, lo que favorece la acumulación en ríos, quebradas y suelos vulnerables.
- ✚ **Resistencia al cambio:** actores locales y sectores productivos pueden mostrar poca disposición para adoptar prácticas sostenibles debido a costos iniciales, falta de incentivos o hábitos profundamente arraigados.
- ✚ **Residuos de minería:** la minería genera residuos industriales complejos, incluyendo químicos tóxicos, cuya gestión requiere tecnologías avanzadas y una planificación específica para evitar la contaminación de suelos y aguas.
- ✚ **Acceso limitado a tecnología e innovación:** falta de disponibilidad y acceso a tecnologías sostenibles para el manejo, tratamiento y valorización de residuos en contextos locales.
- ✚ **Falta de incentivos económicos:** los municipios con minería no formalizada suelen carecer de mecanismos financieros que promuevan la reducción, reutilización y reciclaje de residuos.
- ✚ **Carencia de políticas claras:** ausencia de marcos regulatorios específicos o de coordinación interinstitucional para integrar la gestión de residuos en estrategias de reducción de riesgos basados en ecosistemas (Eco-RRD).
- ✚ **Conflictos de uso del suelo:** los vertederos informales y la acumulación de residuos suelen competir con áreas prioritarias para la restauración ecológica o la conservación de ecosistemas clave.
- ✚ **Impacto socioeconómico:** proyectos de reducción de residuos pueden percibirse como una amenaza para ciertos sectores de economía no formalizada que dependen del manejo de residuos o minería, generando tensiones sociales.
- ✚ **Condiciones socioeconómicas complejas:** municipios con pobreza, informalidad laboral y alta dependencia de actividades extractivas enfrentan mayores dificultades para priorizar la gestión de residuos frente a otras necesidades urgentes.
- ✚ **Cambio climático:** condiciones climáticas extremas pueden exacerbar los impactos de los residuos en los ecosistemas, como la obstrucción de drenajes o la acumulación en márgenes de ríos, aumentando el riesgo de inundaciones y deslizamientos.

Ejemplos

★ Nature-Based Solution for Wastewater Treatment Project in Ethiopia. (Sileshi, 2018; Cross et al. 2021)



Propuestas de abordaje de los retos

- 💡 **Educación y sensibilización:** desarrollar campañas comunitarias para fomentar la cultura de las 3R (reducir, reutilizar, reciclar) y destacar los beneficios ambientales y socioeconómicos.
- 💡 **Infraestructura adecuada y tecnologías sostenibles:** crear sistemas accesibles de recolección, clasificación y tratamiento de residuos con tecnologías como compostaje y biodigestores.
- 💡 **Incentivos económicos:** implementar programas de pago por servicios ecosistémicos y promover proyectos de bioeconomía y economía circular para generar ingresos a partir de los residuos implementando un plan de continuidad de toda la cadena de valor.
- 💡 **Gestión de residuos mineros:** diseñar planes específicos para el manejo de residuos industriales y peligrosos, incluyendo tecnologías limpias en la minería.
- 💡 **Políticas y gobernanza inclusiva:** fortalecer la normativa local y establecer mesas de trabajo intersectoriales para coordinar acciones con comunidades y empresas.
- 💡 **Participación comunitaria:** involucrar activamente a las comunidades en todas las etapas de los proyectos e integrar conocimientos tradicionales en la gestión de residuos.
- 💡 **Monitoreo y evaluación:** crear sistemas para medir el impacto de las prácticas de gestión de residuos y ajustar estrategias según los resultados.
- 💡 **Innovación y financiamiento:** fomentar alianzas público-privadas, explorar bonos verdes y fondos de compensación ambiental para financiar los proyectos.
- 💡 **Restauración de áreas degradadas:** aplicar técnicas de biorremediación y reforestación en vertederos informales y áreas afectadas por residuos.
- 💡 **Manejo integrado de cuencas:** incorporar la gestión de residuos en planes de manejo de cuencas para reducir riesgos y proteger ecosistemas clave.

★ Conceptos plásticos (2022). Construyendo un futuro sostenible a partir de los residuos plásticos. Obtenido de <https://conceptosplasticos.com/>

Ficha proyecto Eco-RRD 10 / **PARTE A**



Aprovechando cada gota: Siembra, cosecha y recolección de agua

Descripción

La “siembra de agua” es una práctica de origen ancestral que consiste en recolectar y filtrar el agua de la lluvia o de escorrentía superficial, para almacenarla y usarla cuando más se necesite (Ricra et al., 2022). Este proceso puede hacerse mediante zanjas de infiltración, reservorios subterráneos, lagos artificiales, jardines de lluvia, humedales construidos o Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible - SUDS. Así, se aumenta la recarga de acuíferos, se aprovecha el agua en épocas de sequía y se reduce el riesgo de inundaciones en temporadas de lluvia intensa.

En zonas urbanas, los elementos SUDS para gestión del agua se pueden incorporar en diseños urbanos innovadores y multifuncionales y al mismo tiempo apoyar la gestión del agua mediante la reducción del riesgo de inundaciones y la reutilización del agua para riego. Por ejemplo, se pueden instalar tanques subterráneos para recolección de agua así como techos que capten el agua pluvial, permitiendo su uso para limpieza, riego o descarga de sanitarios (Noticias Ambientales, 2022). Además, existen soluciones híbridas, como los “techos húmedos” que combinan vegetación y humedales artificiales para tratar aguas residuales y regular el flujo de lluvia. Estas prácticas ayudan a enfriar el ambiente, filtrar contaminantes y ofrecer zonas verdes que enriquecen la biodiversidad (UNaLab, 2022).

Los humedales artificiales, por ejemplo, pueden recoger y purificar las aguas grises (provenientes de duchas y lavamanos) o el agua de lluvia, reduciendo costos en comparación con otras formas de tratamiento. Por otra parte, estanques de detención secos o tanques subterráneos almacenan grandes volúmenes de agua tras aguaceros intensos, retrasando su liberación al sistema de drenaje y disminuyendo el riesgo de inundaciones. Los tanques pueden construirse debajo de espacios abiertos como parques, campos deportivos, rotondas o plazas públicas, y se pueden cubrir con pavimentos permeables o sustratos de suelo con vegetación.

La incorporación de estas soluciones en el diseño urbano o rural no solo previene inundaciones y sequías, sino que también impulsa la calidad de vida, la biodiversidad y el uso eficiente del agua. Estas estrategias aprovechan cada gota, demuestran cómo la innovación y las prácticas ancestrales pueden unirse para enfrentar los desafíos hídricos actuales.

En proyectos mineros, se podría incluir el diseño de reservorios y la incorporación de estrategias de reutilización del agua, considerando la alta demanda que genera la actividad sobre el recurso hídrico.

Enfoque Principal de Gestión de Riesgos



Restauración y recuperación de ecosistemas



Reducción de la amenaza

Ecosistemas



Bosques



Páramos



Cultivos



Pastizales



Sabanas



Urbano



Ríos y quebradas



Humedales, lagos y ciénagas

Tipo de actor



Organizaciones de la Sociedad Civil



Gobierno / Sector público



Sector privado



Academia: Universidades, Inst. de Investigación e Inst. Educativas



Comunidad



Cooperación internacional

Escala



Cuenca



Regional



Puntual

Co-beneficios



Aporte a la reducción de riesgos



Aporte a la seguridad hídrica



Aporte al desarrollo social y económico



Regulación climática



Fortalecimiento de gobernanza y cohesión social



Aporte a la educación



Aumento de biodiversidad y conectividad ecológica



Aporte a la reducción de la degradación ambiental



Aporte a la salud humana y el bienestar



Reducción de erosión y compactación del suelo



Aporte a la seguridad alimentaria



Mitigación y/o adaptación al cambio climático

Amenazas reducidas



Movimientos en masa



Erosión



Sequía y escasez de agua



Inundación



Vendavales



Contaminación



Incendios forestales



Avenidas torrenciales



Derrames

Etapas del proceso minero en que se pueden implementar



Exploración



Explotación



Construcción y montaje



Beneficio y transformación



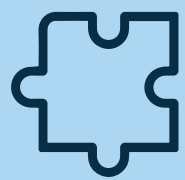
Cierre e integración al territorio

Ficha proyecto Eco-RRD 10 / **PARTE B**

Aprovechando cada gota

Acciones SbN Potenciales

Bioprospección a partir de residuos o biomasa residual Biodiges Bioferti Enriq.suel Acon.suel	Gestión de espacio urbano verde Esp.verde ✓ Jardin.urb Mobil.urb
Fortalecimiento de las capacidades y/o diversificación de la bioeconomía Banco.sem Educa.amb ✓ Forta.cap ✓ Gober.inc ✓ Monitoreo ✓ Viveros Huerta.al ✓ Huert.leñ Turismo ✓	Gestión integrada de agua y/o el suelo Atr.niebla ✓ Canales ✓ Gest.humed ✓ Siembra.ag ✓ Sist.riego ✓
Gestión de agroecosistemas Agrofores ✓ Arbol.disp Arr.silvop ✓ Reser.agua ✓ Pasto.mej Rot.cul-pot Abrev.efic ✓	Infraestructura natural (verde/azul) y/o híbrida Biomanto Elem.SUDS ✓ Bioingen
Gestión de áreas naturales protegidas Fig.protec Incentivo	Restauración y conservación ecosistémica Cauce.ren ✓ Consv.ecos ✓ Corred.eco ✓ Franj.mult Prot.rest ✓ Recup.ccas ✓ Reve.talud
	Tratamientos biológicos de aguas y suelos Biofl.bior Enriq.suel Sist.sept



Retos de implementación

- Degradación ambiental y alteración hidrológica:** impactos de la minería en el suelo y la dinámica del agua dificultan la implementación de sistemas efectivos.
- Limitaciones técnicas e infraestructurales:** falta de tecnología adecuada y de infraestructura local para recolección, almacenamiento y distribución del agua.
- Baja conciencia y resistencia comunitaria:** limitado reconocimiento del valor de los ecosistemas y resistencia al cambio de prácticas tradicionales.
- Conflictos por el uso del agua:** alta demanda de agua por parte de minería, agricultura e industria, generando tensiones.
- Gobernanza fragmentada:** descoordinación entre actores locales y falta de regulación clara para proyectos de gestión hídrica.
- Restricciones económicas:** altos costos iniciales para la instalación, financiamiento limitado y dependencia de recursos externos sin sostenibilidad garantizada.
- Acceso limitado a terrenos adecuados:** restricciones legales y sociales para intervenir terrenos privados o concesionados a la minería.
- Impactos del cambio climático:** variabilidad en la disponibilidad de agua y aumento de eventos extremos.
- Falta de capacidades locales:** escasez de conocimientos técnicos para el diseño, implementación y mantenimiento de los sistemas de manejo de agua.
- Conflictos sociales y legales:** disputas por recursos hídricos y tensiones asociadas a la actividad minera dificultan la implementación comunitaria.

Ejemplos

★ **Lagunas artificiales para gestión de agua de lluvia** por parte de la empresa **Carrejón**, explotación de carbón, La Guajira, Colombia. (Carrejón, 2021)



Propuestas de abordaje de los retos

- Restauración ambiental:** mejorar suelos y reforestar zonas afectadas, recuperando la capacidad de los ecosistemas para retener y filtrar agua.
- Transferencia de tecnología adecuada:** diseñar sistemas sencillos y de bajo costo (cisternas modulares, zanjas de infiltración) adaptados a las condiciones locales.
- Educación y sensibilización:** formar a las comunidades sobre los beneficios sociales, ambientales y económicos de la gestión responsable del agua.
- Resolución de conflictos por el uso del agua:** crear mesas de diálogo que incluyan a actores mineros, agrícolas y comunitarios para acordar una distribución justa.
- Fortalecimiento de la gobernanza:** elaborar normas claras, con apoyo institucional, y fomentar la participación ciudadana y la transparencia en la toma de decisiones.
- Financiamiento sostenible:** establecer fondos ambientales, pagos por servicios ecosistémicos y alianzas público-privadas para mantener los proyectos a largo plazo.
- Facilitación del acceso a terrenos:** negociar acuerdos con propietarios y concesionarios, respaldados en los beneficios sociales y ambientales de la siembra y cosecha de agua.
- Adaptación al cambio climático:** incluir estrategias de almacenamiento en temporadas de lluvia, además de tecnologías para tratar y reutilizar aguas residuales.
- Capacitación técnica:** impulsar programas de formación para que las comunidades aprendan a diseñar y operar sistemas de cosecha de agua.
- Gestión integral y colaborativa:** emprender proyectos piloto con la participación de actores mineros, agricultores y comunidades locales, demostrando los beneficios concretos de estas soluciones.

★ **SUDS en el Estadio Wanda Metropolitano**, Madrid, España en zona de antigua explotación de sepiolita. (Fisac y Perales-Momparler, 2019)

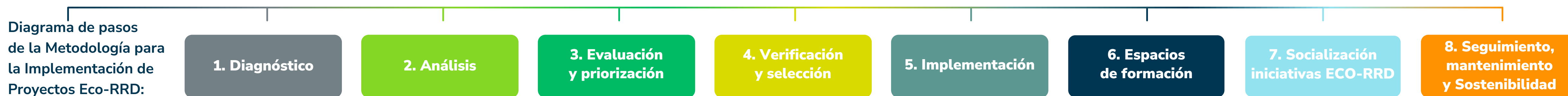


Metodología

de Selección, Priorización e
Implementación de Proyectos Eco-RRD

3.0. Metodología para la Implementación de Proyectos Eco-RRD

Posterior al análisis de la información secundaria recopilada en los 10 Proyectos tipo, desarrollados en el capítulo anterior, se establece esta metodología desarrollada para facilitar el proceso de implementación de proyectos o intervenciones Eco-RRD, diseñada para condiciones de recursos y tiempo limitados, en contextos con alta complejidad socioambiental, tales como territorios mineros.



PASO 1. DIAGNÓSTICO

Objetivo: Describir el contexto territorial, incluyendo las características generales y socioambientales del territorio; las amenazas presentes; los principales factores de vulnerabilidad y elementos expuestos; las características de la actividad minera y demás actividades productivas y los impactos socio-ambientales de dichas actividades.

Actividades:

- Revisión de información secundaria.
- Visitas de campo.
- Reuniones con actores locales clave.

PASO 2. ANÁLISIS

Objetivo: Priorizar las amenazas a reducir con Eco-RRD. identificar las zonas críticas a nivel de riesgos y determinar los actores locales clave.

Actividades:

- Priorización de amenazas.
- Zonificación del territorio.
- Mapeo de actores de gestión de riesgos.

PASO 3. EVALUACIÓN Y PRIORIZACIÓN

Objetivo: Definir propuestas de proyectos o intervenciones con enfoque Eco-RRD y seleccionar las más factibles.

Actividades:

- Identificación participativa de propuestas de intervenciones Eco-RRD.
- Evaluación para la ponderación según criterios con escala Likert (puntaje de 1-5):

Criterio 1. Amenazas potencialmente: Mayor puntaje a mayor cantidad de amenazas potencialmente reducidas debido a la intervención realizada.

Criterio 2. Co-beneficios socio-naturales: Mayor puntaje a mayor cantidad de beneficios potencialmente generados por la intervención.

Criterio 3. Aporte de los ecosistemas: Mayor puntaje a mayor aporte a la mejora de ecosistemas respecto a sus condiciones actuales.

Criterio 4. Presupuesto estimado: Mayor puntaje a menor costo estimado de la intervención. Se asigna el valor 1 si el costo estimado supera el presupuesto establecido.

Criterio 5. Viabilidad técnica y social: Mayor puntaje a mayor viabilidad de la implementación de la intervención, teniendo en cuenta las características físicas y sociales del territorio, tales como: orden público, acceso al sitio, logística en la compra, entrega y utilización de los insumos, permisos requeridos, complejidad técnica entre otras.

Criterio 6. Tiempo de ejecución: Mayor puntaje a menor tiempo estimado para preparación y ejecución de la intervención. Se asigna un valor de 1 si el tiempo total estimado supera el plazo máximo del proyecto.

Criterio 7. Participación diversa: Mayor puntaje a mayor diversidad en la participación de actores de múltiples sectores, entidades u organizaciones, tales como instituciones educativas; entidades de gobierno; representantes de actividades económicas; organizaciones de la sociedad civil, academia, entre otros.

Criterio 8. Beneficiarios comunitarios: Mayor puntaje a mayor cantidad potencial de habitantes beneficiados, directa e indirectamente, por la implementación de la intervención.

Criterio 9. Continuidad en el tiempo: Mayor puntaje a mayor potencial de continuidad de la intervención en el tiempo, considerando factores como la apropiación social de la intervención por parte de las comunidades vecinas para asegurar sostenibilidad.

Criterio 10. Replicabilidad en otras zonas: Mayor puntaje a mayor potencial de que la intervención sea replicada en otras partes del territorio.

3.0. Metodología para la Implementación de Proyectos Eco-RRD



PASO 4. VERIFICACIÓN Y SELECCIÓN

Objetivo: Validar las propuestas priorizadas y seleccionar la(s) que implementarán, articulando acciones en los diferentes sitios a intervenir.

Actividades:

- Panel de expertos locales y externos.
- Visitas de campo para verificación in situ de cada propuesta.
- Elaboración de la ficha descriptiva del proyecto Eco-RRD.

PASO 5. IMPLEMENTACIÓN

Objetivo: Ejecutar las intervenciones Eco-RRD seleccionadas.

Actividades:

- Preparación del área a intervenir.
- Trámites de permisos de acceso e intervención, si aplica.
- Compra de insumos y materiales.
- Ejecución de acciones, contratadas y voluntarias.

PASO 6. ESPACIOS DE FORMACIÓN

Objetivo: Promover el aprendizaje y el fortalecimiento colectivo de capacidades.

Actividades:

- Encuentros participativos de intercambio de saberes.
- Curso, diplomado, charlas sobre elaboración de proyectos Eco-RRD y sus posibles fuentes de financiación.

PASO 7. SOCIALIZACIÓN INICIATIVAS ECO-RRD

Objetivo: Difundir los resultados para promover la apropiación comunitaria y fomentar la replicabilidad de las intervenciones en otros territorios.

Actividades:

- Espacios de divulgación y comunicación de las intervenciones.
- Publicación de artículos científicos y divulgativos, así como otros elementos comunicativos.

8. SEGUIMIENTO, MANTENIMIENTO Y SOSTENIBILIDAD

Objetivo: Asegurar la continuidad de las intervenciones en el largo plazo.

Actividades:

- Elaboración de planes de seguimiento y mantenimiento.
- Construcción conjunta de acuerdos y compromisos.
- Gestión de recursos y generación de alianzas con actores locales y regionales.



Caso de implementación de Intervenciones ECO-RRD en el municipio de Marmato, Caldas

Ficha descriptiva / **PARTE A**

Proyecto Eco-RRD.

Red de viveros de Instituciones Educativas de Marmato - Caldas



Descripción:

- La co-creación de una red de viveros de plantas nativas en tres instituciones educativas de las zonas norte, centro y sur de Marmato - Caldas busca fortalecer la resiliencia ante amenazas como movimientos en masa, inundaciones, sequías y eventos de origen socio-natural, antrópico e incluso NATECH (riesgos tecnológicos derivados de desastres naturales). Esta estrategia permite integrar el conocimiento ambiental y el enfoque de gestión del riesgo desde temprana edad, fomentando el arraigo territorial y la conciencia por la restauración ecológica.
- El proceso incluyó diversas acciones concretas de intervención, tales como la construcción de terrazas y escaleras mediante técnicas de bioingeniería, instalación de señalización para huertos de plantas medicinales, y la dotación con materiales, herramientas y especies vegetales nativas adaptadas a las condiciones locales, tales como Guayacán Manizaleño, Nacedero, Leucaena, Guayacán Rosado y Algarrobo. Asimismo, se implementó un sistema de recolección y aprovechamiento de agua lluvia a través de redes de drenaje para garantizar el riego sostenible de los viveros.
- Como parte de las acciones de restauración ecológica, se llevó a cabo la siembra de especies nativas en las zonas inestables de la quebrada Pantanos del sector La Plata, en la Vereda Echandía, con el fin de apoyar ese proceso de sucesión ecológica pasiva en la zona e inactivar el proceso erosivo expuesto que se tenía en el lugar.
- El proyecto contó con la participación de docentes, directivos, estudiantes y población general, quienes, junto al acompañamiento del gobierno municipal, contribuyeron a la construcción colectiva del conocimiento. Se realizaron cuatro Encuentros de intercambio de saberes, en los cuales se definió colaborativamente un Plan de Trabajo y se establecieron acuerdos clave para el funcionamiento de la Red de Viveros. Además, se brindó formación certificable por la Universidad de Antioquia en formulación de proyectos ambientales, fortaleciendo las capacidades locales y promoviendo la replicabilidad y sostenibilidad de la iniciativa a través de la gestión de recursos y alianzas futuras.

- Durante la implementación de las iniciativas se brindó un acompañamiento técnico continuo, lo cual permitió resolver de manera oportuna las dudas y desafíos surgidos en el desarrollo de cada proceso. Este acompañamiento fue clave para fortalecer las capacidades locales y asegurar la correcta ejecución de las acciones. Como parte de este proceso, se apoyó la implementación de una red de riego automatizada basada en la plataforma Arduino en las instituciones educativas de El Llano (Zona Centro) y General Ramón Marín (Zona Sur), promoviendo el uso de tecnologías apropiadas para la sostenibilidad ambiental. Además, en la I.E. Cabras (Zona Norte), se diseñó una estrategia para la propagación de plantas medicinales utilizadas ancestralmente por la comunidad, con el objetivo de preservar el conocimiento tradicional y reforzar el vínculo cultural con el territorio.

Enfoque Principal de Gestión de Riesgos



Restauración y recuperación de ecosistemas



Reducción de la amenaza

Ecosistemas



Bosques



Páramos



Cultivos



Pastizales



Sabanas



Urbano



Ríos y quebradas



Humedales, lagos y ciénagas

Tipo de actor



Organizaciones de la Sociedad Civil



Gobierno / Sector público



Sector privado



Academia: Universidades, Inst. de Investigación e Inst. Educativas



Comunidad



Cooperación internacional

Escala



Cuenca



Regional



Puntual

Co-beneficios



Aporte a la reducción de riesgos



Aporte a la seguridad hídrica



Aporte al desarrollo social y económico



Regulación climática



Fortalecimiento de gobernanza y cohesión social



Aporte a la educación



Aumento de biodiversidad y conectividad ecológica



Aporte a la reducción de la degradación ambiental



Aporte a la salud humana y el bienestar



Reducción de erosión y compactación del suelo



Aporte a la seguridad alimentaria



Mitigación y/o adaptación al cambio climático

Amenazas reducidas



Movimientos en masa



Erosión



Sequía y escasez de agua



Inundación



Vendavales



Contaminación



Incendios forestales



Avenidas torrenciales



Derrames

Etapas del proceso minero en que se pueden implementar



Exploración



Explotación



Construcción y montaje



Beneficio y transformación



Cierre e integración al territorio

Ficha descriptiva / **PARTE B**

Proyecto Eco-RRD.

Red de viveros de Instituciones Educativas de Marmato - Caldas

Acciones SbN Potenciales

Bioprospección a partir de residuos o biomasa residual	
Biodiges	
Bioferti	✓
Enriqu.suel	✓
Acon.suel	✓

Fortalecimiento de las capacidades y/o diversificación de la bioeconomía	
Banco.sem	✓
Educa.amb	✓
Forta.cap	✓
Gober.inc	✓
Monitoreo	✓
Viveros	✓
Huerta.al	✓
Huert.leñ	
Turismo	✓

Gestión de agroecosistemas	
Agrofores	
Arbol.disp	
Arr.silvop	
Reser.agua	
Pasto.mej	
Rot.cul-pot	
Abrev.efic	

Gestión de áreas naturales protegidas	
Fig.protec	
Incentivo	

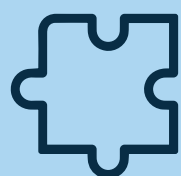
Gestión de espacio urbano verde	
Esp.verde	
Jardin.urb	
Mobil.urb	

Gestión integrada de agua y/o el suelo	
Atr.niebla	
Canales	✓
Gest.humed	✓
Siembra.ag	
Sist.riego	✓

Infraestructura natural (verde/azul) y/o híbrida	
Biomanto	
Elem.SUDS	
Bioingen	✓

Restauración y conservación ecosistémica	
Cauce.ren	✓
Consv.ecos	✓
Corred.eco	
Franj.mult	
Prot.rest	✓
Recup.ccas	✓
Reve.talud	✓

Tratamientos biológicos de aguas y suelos	
Biofl.bior	
Enriq.suel	
Sist.sept	



Retos de implementación

- Coordinación compleja:** La variedad de actores, con intereses y expectativas diferentes, dificulta la articulación de esfuerzos.
- Condiciones adversas del territorio:** La elevada degradación de suelos, fuentes hídricas y biodiversidad es resultado de procesos acumulativos que aumentan la vulnerabilidad y dificultan las intervenciones.
- Conflictos por recursos:** La introducción de ráticas sostenibles puede generar tensiones con las actividades productivas predominantes, como la minería, debido al uso compartido de agua, tierra y otros bienes.
- Condiciones socioeconómicas complejas:** La alta dependencia en las actividades extractivas y la informalidad laboral generan resistencia a enfoques ecosistémicos que ofrecen beneficios en el mediano y largo plazo.
- Gestión de permisos:** Cuando las acciones se llevan a cabo en predios privados o en zonas con infraestructura vial, obtener autorizaciones puede ser complicado y demorado.
- Seguimiento y evaluación:** Medir el impacto real de una enfoque Eco-RRD requiere tiempo, recursos y experiencia, especialmente complejo en proyectos de corta duración.



Propuestas de abordaje de los retos

- Gobernanza local inclusiva multisectorial:** Fomentar la participación de comunidades y diversos sectores en todas las fases del proceso, favoreciendo la coordinación, el empoderamiento y la confianza entre los actores, lo que impulsa la sostenibilidad y al replicabilidad.
- Formación para el fortalecimiento local:** Mejorar las capacidades de gestión y evaluación de proyectos y recursos en la comunidad, promoviendo el conocimiento, la sensibilización y la participación activa en las decisiones que transforman su entorno.
- Diseño adaptativo:** Impulsar la investigación y la innovación con métodos autóctonos y de bajo costo, alineados con el contexto cultural y ambiental, integrando el saber local para el diseño y mantenimiento de las iniciativas.
- Monitoreo y sostenibilidad:** Evaluar de manera continua y participativa, incorporando el conocimiento tradicional, ajustando las acciones según los resultados y compartiendo logros con toda la comunidad.
- Demostración de beneficios:** Mostrar tanto los logros inmediatos como los de largo plazo (reducción de daños por inundaciones, mejor calidad del agua) para evidenciar el valor de las intervenciones.
- Gestión de residuos mineros:** Integrar el manejo de residuos industriales y peligrosos con tecnologías limpias en la minería, fortaleciendo el enfoque Eco-RRD.
- Modelos financieros sostenibles:** Buscar alianzas público-privadas y otras fuentes de financiamiento (créditos, subsidios) que reconozcan la importancia de estas iniciativas y aseguren su continuidad a largo plazo.

Ejemplo de aplicación de la Metodología de proyectos Eco-RRD en el municipio de Marmato, Caldas

En el marco del Convenio Interadministrativo GGC-1001-2024 entre el Ministerio de Minas y Energía y el Grupo GLIMA de la Universidad de Antioquia, se implementaron en el municipio de Marmato varias intervenciones Eco-RRD siguiendo la metodología descrita anteriormente. A pesar de contar con un presupuesto limitado de COP 97,5 millones (USD 22.000) y un tiempo de ejecución de 10 semanas, los resultados evidenciaron la efectividad de la metodología, incluso en contextos socioambientales complejos como son los territorios con desarrollos de actividades mineras, ya sea tituladas, en formalización o aquellas que no lo son.

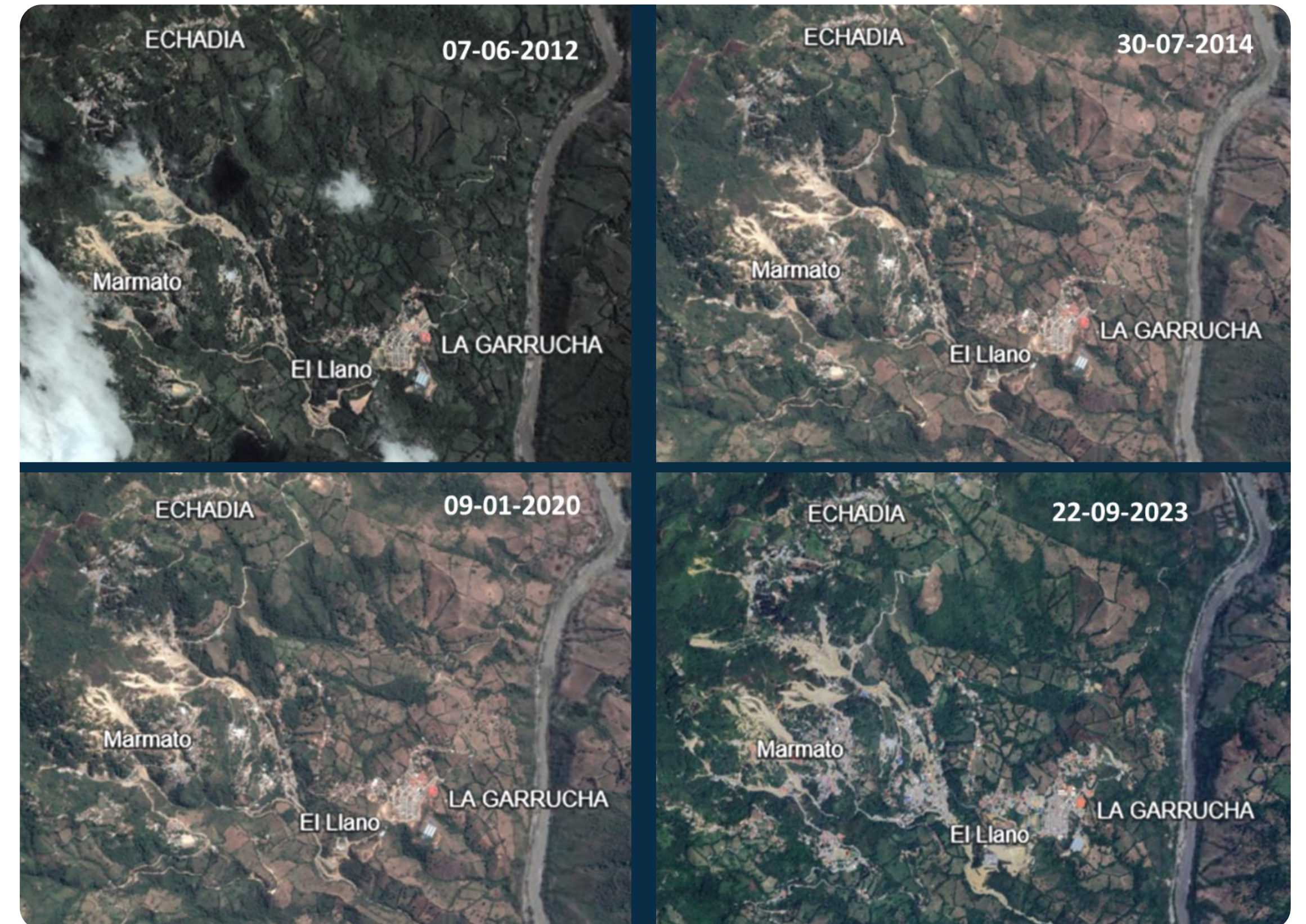
A continuación se describe el desarrollo de cada paso aplicado de la metodología propuesta.

PASO 1. DIAGNÓSTICO

El municipio de Marmato, ubicado en el departamento de Caldas, cuenta con cerca de 8.500 habitantes cuya principal actividad económica es la minería subterránea de oro, practicada desde hace más de 500 años. Gran parte de esta minería es no formalizada, lo cual genera fuertes impactos socioambientales, como deslizamientos y flujos por mal manejo de estériles en una zona naturalmente inestable (SGC, 2022).

El proceso se inició revisando información sobre el municipio de Marmato y realizando visitas de campo y encuentros de socialización, que permitieron comprender las dinámicas sociales, económicas y culturales del territorio. Estos encuentros facilitaron la identificación de actores clave, incluyendo gobierno local, instituciones educativas, asociaciones mineras, juntas de acción comunal y juntas administradoras de acueductos.

Entre los principales escenarios de riesgo se destacan deslizamientos, subsidencia, flujos de escombros, incendios forestales y el desabastecimiento hídrico (CMGRD de Marmato, 2024). Estas problemáticas subrayan la urgencia de implementar intervenciones Eco-RRD para reducir riesgos y fortalecer la resiliencia del municipio.



La compilación de imágenes de satélite del centro de Marmato obtenidas con GoogleEarth del 2012 a 2023 evidencia una clara aceleración entre 2020 y 2023 en los procesos erosivos, pérdida de cobertura vegetal y deposición de estériles asociados a la actividad minera.

PASO 2. ANÁLISIS



Foto aérea de la Quebrada Cascabel en Marmato Centro

Durante el análisis se identificó tres **principales** amenazas susceptibles de ser reducidas mediante intervenciones **Eco-RRD en Marmato**:

- 🔍 **Deslizamientos de origen natural:** No se incluyeron los asociados al mal manejo de estériles, pues la minería en esas zonas sigue activa y afectaría cualquier intervención.
- 🔍 **Flujos de escombros y flujos torrenciales** en quebradas y afluentes (registrados históricamente como “avenidas torrenciales”).
- 🔍 **Sequía y desabastecimiento hídrico:** Principalmente por el uso excesivo del recurso hídrico en la actividad de beneficio de minerales.

Se considera que las **Eco-RRD** podrían reducir estas amenazas al **augmentar la cobertura vegetal**, generando más **infiltración**, mejor **protección del agua** y mayor **estabilización del suelo**.

Considerando las características **ambientales, sociales y culturales** del territorio, se dividió al municipio en **tres zonas** (Norte, Centro y Sur) buscando un **amplio** cubrimiento de las intervenciones. Las **zonas críticas** a nivel de riesgo coinciden en gran medida con los sectores de **extracción minera activa**, donde no es viable hacer Eco-RRD. Por ello, se optó por trabajar en otras áreas —como **cuencas abastecedoras e instituciones educativas**— que, aunque solo están expuestas a la amenaza por desabastecimiento hídrico, su intervención genera un **alto potencial de beneficios y reducción de riesgos priorizados y analizados**.

Finalmente, los **actores territoriales** activos en el proyecto se agruparon en cuatro categorías o sectores:



Educativos



Administrativos



Organizaciones de la sociedad civil



Demás actores locales

PASO 3. EVALUACIÓN Y PRIORIZACIÓN

Durante cuatro talleres participativos realizados en distintas zonas de Marmato, se ofreció una introducción básica sobre Eco-RRD y se invitó a los actores territoriales asistentes —representantes de diversos sectores del municipio— a proponer intervenciones Eco-RRD basadas en su conocimiento del territorio.

Cada propuesta fue luego calificada en una escala Likert del 1 al 5 por los asistentes, obteniéndose un total de 17 propuestas de intervenciones agrupadas en:

7

Restauraciones de cuencas

2

Creación o fortalecimiento de viveros

2

Recolecciones de aguas lluvia

5

Obras de bioingeniería para estabilización de taludes o manejo de aguas

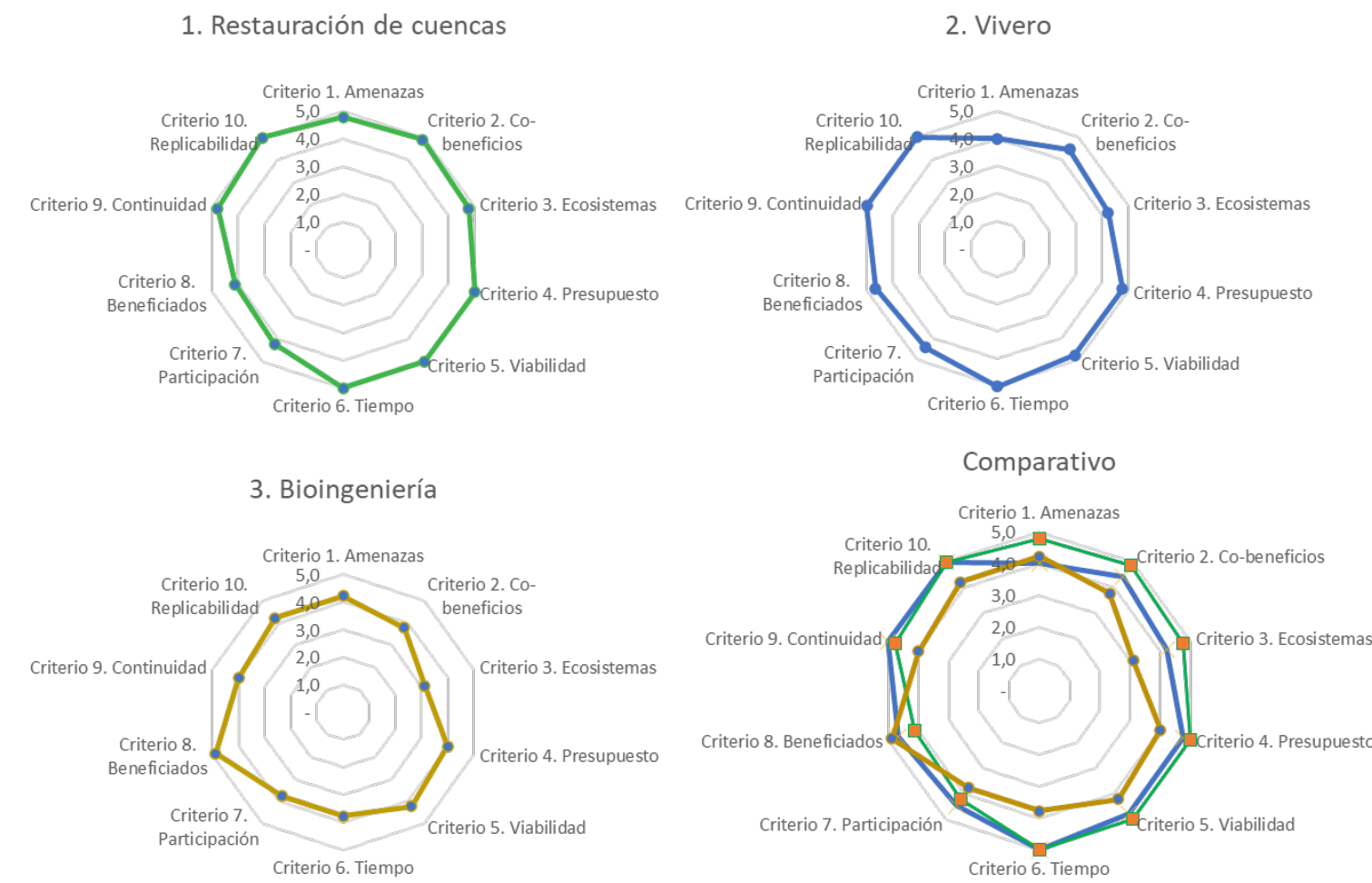
1

Punto de encuentro verde

Tras la identificación y calificación en los talleres, los profesionales del convenio también evaluaron cada propuesta de intervención, para luego promediar las puntuaciones de los 10 criterios. Con base en estos promedios, se estableció el orden de prioridad, eligiéndose las propuestas con mayor promedio en cada tipo de intervención para garantizar mayor representatividad y diversidad en las acciones implementadas.



PASO 4. VERIFICACIÓN Y SELECCIÓN



Prototipo de Sistema de riego automático IE El Llano



Medición de terrazas en vivero IE Cabras



Tras realizar visitas de campo, se descartaron algunas propuestas que, a pesar de obtener un puntaje alto, resultaron inviables por limitaciones de **tiempo, presupuesto o poca pertinencia** siendo solo uno de los 10 criterios para intervenciones Eco-RRD.

Las propuestas con mejor evaluación incluyeron acciones de **restauración**, seguidas por la **creación y/o fortalecimiento de viveros** en instituciones educativas, la **recolección de aguas lluvias y las obras de bioingeniería**. Considerando los resultados y las visitas de campo, se priorizaron tres propuestas para ejecutar durante el convenio:

- ✓ **Restauración de cuencas en la Vereda Echandía - La Plata, Quebrada El Pantano (Zona Norte)**
Calificación: **4.8/5**
- ✓ **Establecimiento de una Red de viveros en instituciones educativas con sistemas de riego basados en agua de lluvia (Zona Norte, Centro y Sur)**
Viveros: Calificación 4.6/5
Red de drenaje con agua lluvia : Calificación 4.2/5
- ✓ **Obra de bioingeniería en la Institución Educativa Cabras (sustituyendo la obra inicial en vías, inviable en el tiempo disponible) (Zona Norte)**
Calificación: **3.6/5**

En los gráficos se muestra la calificación promedio de los 10 criterios para cada intervención priorizada. Todas alcanzaron puntajes de 4 o más, salvo en algunos ítems de la obra de bioingeniería (co-beneficios, aporte a los ecosistemas, tiempo y participación), cuyos valores oscilaron entre **3.1 y 3.8**, manteniéndose aún en niveles favorables. Es importante anotar que la **cantidad de beneficiarios** de la obra de bioingeniería se calificó con 5 inicialmente, pues se contemplaba realizarla en una vía principal, beneficiando a la mayoría de la población de **Marmato**.

Por otro lado, se destaca que la **red de viveros** tiene un gran potencial para **reducir múltiples amenazas** y abordar diversos factores de vulnerabilidad. Las **acciones de siembra** que se lleven a cabo desde estos viveros pueden reducir movimientos en masa, inundaciones y desabastecimiento hídrico, al tiempo que contribuyen a la **variabilidad y cambio climático**. Además, este tipo de intervención promueve la **educación ambiental**, fortalece la **gobernanza**, mejora la **cohesión social** y puede incidir positivamente en la **salud humana**, la seguridad alimentaria, la **seguridad hídrica** y la **reducción de la degradación ambiental**.

PASO 5. IMPLEMENTACIÓN

Las intervenciones Eco-RRD desarrolladas en Marmato - Caldas incluyeron una acción de restauración de márgenes de quebrada y la creación de una red de viveros en instituciones educativas que incluye sistemas de riego y obras de bioingeniería.

Preparación de la ejecución

- ✓ Selección y compra de materiales
- ✓ Trámite de permisos de acceso y de desarrollo de obras
- ✓ Limpieza de los sitios de intervención

Red de viveros

Se crearon o fortalecieron tres viveros en las instituciones educativas: IE Cabras (Zona Norte), IE El Llano (Zona Centro) e IE General Ramón Marín (Zona Sur). Este proceso incluyó:

- ✓ Construcción y acondicionamiento de estructuras en los tres viveros.
- ✓ Desarrollo de obras de bioingeniería en terrazas y escaleras en la IE Cabras.
- ✓ Señalización de plantas medicinales en el huerto de la IE Cabras.
- ✓ Instalación de dos redes de drenaje para la recolección de agua de lluvia: una en la IE El Llano y otra en la IE San Juan. En la IE El Llano, profesores y estudiantes desarrollaron un sistema de riego automático con sensores de humedad y tecnología Arduino.

El trabajo de bioingeniería se ejecutó en colaboración con la empresa Ingeniería Viva, mientras que la construcción y adecuación de los viveros se adelantó con la Asociación de Mujeres Afrodescendientes de El Guamal (AMAFROG), aportando su experiencia en viveros comunitarios.

Para reutilizar materiales de la actividad minera cuya disposición inadecuada genera fuertes impactos en el territorio, se utilizó madera de desecho en la señalización de plantas y material estéril como roca triturada para reforzar las escaleras de la IE Cabras.

Restauración de márgenes de quebrada

En la parte alta de la Quebrada El Pantano, cuyas márgenes son inestables y propensas a desprendimientos, se sembraron 30 árboles de 5 especies nativas (guayacán de Manizales, nacedero, leucaena, guayacán rosado y algarrobo), distribuidos a lo largo de 30 metros en ambas orillas. Estas labores de reforestación se llevaron a cabo con el apoyo de Ingeniería Viva, contribuyendo a la estabilización de los suelos y protección de los cauces.



Viveros de las IE de Cabras y El Llano.



Proceso de construcción de viveros en la IE de San Juan y obras de bioingeniería de terrazas en la IE Cabras.



Siembra en las márgenes de la Quebrada El Pantano.



Reutilización de materiales desechados por la actividad minera.

PASO 6. ESPACIOS DE FORMACIÓN

Para fomentar la apropiación comunitaria, se realizaron cuatro encuentros de intercambio de saberes en las instituciones educativas, con acceso libre para toda la población. Estas jornadas fueron lideradas por los docentes de cada institución, quienes definieron los temas centrales de conversación y aprendizaje:

- ✓ **Lombricultivos**
Liderado por docentes de la IE El Llano.
- ✓ **Jardines de plantas medicinales**
Liderado por docentes de la IE Cabras.
- ✓ **Creación y mantenimiento de viveros comunitarios** *Liderado por docentes de la IE General Ramón Marín (San Juan), en colaboración con la empresa de servicios públicos de Caldas (CHECH).*
- ✓ **Construcción de escaleras con técnicas de bioingeniería**
Liderado por la empresa Ingeniería Viva con docentes de la IE Cabras.

Adicionalmente, se ofreció un curso de 24 horas sobre elaboración de proyectos basado en la metodología de Marco Lógico, con el fin de fortalecer las capacidades de los participantes en la planeación y gestión de proyectos sostenibles con enfoque de Soluciones basadas en la Naturaleza SbN (Eco-RRD).



Intercambio de saberes sobre viveros comunitarios IE General Ramón Marín.



Intercambio de saberes sobre lombricultivos IE El Llano.

Intercambio de saberes sobre bioingeniería IE Cabras.



Intercambio de saberes sobre plantas medicinales IE Cabras.

PASO 7. SOCIALIZACIÓN DE LAS INTERVENCIONES ECO-RRD

Tras finalizar la implementación de las intervenciones **Eco-RRD**, se llevaron a cabo encuentros de **socialización** dirigidos a representantes de las instituciones educativas, del gobierno departamental y del gobierno local. Estos espacios permitieron:

- ✓ Presentar los **avances y logros** de las intervenciones.
- ✓ Dar a conocer los retos enfrentados P+y las **lecciones** aprendidas.
- ✓ Fomentar la **colaboración** entre los diferentes niveles de gobierno y la comunidad.



PASO 8. SEGUIMIENTO, MANTENIMIENTO Y SOSTENIBILIDAD

Para **garantizar la continuidad** de las intervenciones Eco-RRD a largo plazo, se puso especial énfasis en la **apropiación** por parte de la comunidad local, recalcando que los proyectos pertenecen a la comunidad y no a las entidades ejecutoras (Ministerio de Minas y Energía y Universidad de Antioquia).

Buscando asegurar la sostenibilidad de las intervenciones se realizaron las siguientes actividades:

- ✓ Las intervenciones Eco-RRD se implementaron en las instituciones educativas, integrándolas a los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE) y planes escolares de GRD, especialmente en las instituciones con énfasis agropecuario (San Juan y Cabras).
- ✓ Se diseñó un **Plan de Trabajo para el año 2025** de forma **participativa** estableciendo un **cronograma** de acciones para monitorear y dar continuidad a las intervenciones Eco-RRD desde los docentes de las instituciones educativas.
- ✓ Se realizó un **recorrido** por las diferentes intervenciones Eco-RRD, con representantes de la Alcaldía de Marmato y de la Oficina de Gestión de Riesgos y la Secretaría de Medio Ambiente del Departamento de Caldas. En una **reunión** posterior se plantearon compromisos para gestionar recursos que garanticen el **seguimiento y mantenimiento** de los proyectos, así como la **replicación** de las otras propuestas Eco-RRD realizadas por la comunidad, buscando articularlas a programas del plan municipal y departamental de GRD y desarrollo.

Propuestas para el monitoreo y replicación de las intervenciones Eco-RRD

- 1 **Integrar acciones** sencillas de seguimiento en los planes de trabajo y/o acción de las entidades públicas y educativas locales.
- 2 **Gestionar recursos** por parte de las entidades regionales y locales para apoyar el seguimiento de las intervenciones ya ejecutadas e implementar nuevas intervenciones.
- 3 **Difundir regularmente** los avances de las intervenciones en redes sociales y canales de comunicación municipales, departamentales y de las entidades ejecutoras (Ministerio de Minas y Energía y Universidad de Antioquia).
- 4 **Involucrar nuevos socios** en la red de viveros (p. ej., Corpocaldas, CHEC-EPM, AMAFROG), para



Conclusiones y lecciones aprendidas

Conclusiones y lecciones aprendidas

Falta de referentes en zonas mineras

Existe poca documentación sobre **Eco-RRD y SbN** aplicadas en contextos mineros activos. La mayoría de experiencias se reportan en la fase de cierre minero y no se incluye al sector minero en las clasificaciones de SbN por sectores económicos.

Vinculación de aliados estratégicos del territorio

Para el caso de Marmato, la vinculación desde el inicio de las **instituciones educativas** potencia la **continuidad** de las intervenciones, ya que involucran a docentes, estudiantes y familias, incidiendo así en distintas generaciones de habitantes del territorio.

Integración con la bioeconomía

Generar cadenas de valor para los productos de las Eco-RRD implementadas **fortalece las capacidades** de las comunidades locales e impulsa la **gobernanza y la sostenibilidad** de las intervenciones.

Articulación de economía circular

La implementación de proyectos Eco-RRD en territorios mineros aporta la posibilidad de incorporar residuos de la actividad minera a nuevos ciclos, reutilizando materiales que de lo contrario serían desechados.

Intervenciones más allá de la zona de explotación

En territorios mineros, las Eco-RRD pueden implementarse en zonas de **relevancia ecosistémica o social** (cuencas abastecedoras, márgenes de drenajes, centros poblados), generando así múltiples beneficios para el territorio sin necesidad de intervenir directamente en las zonas de minería activa.

Gestión de predios privados

Al intervenir cuencas abastecedoras, a menudo se requieren permisos de los dueños de los respectivos predios. No obstante, su intervención puede **reducir amenazas** y contribuir a la **conservación de ecosistemas** beneficiando a múltiples habitantes del territorio.

Compromiso institucional

La participación activa de entes gubernamentales locales y regionales permite **alinear** estas acciones con **planes de gobierno**, generando opciones de **financiamiento** y asistencia técnica.

Formación participativa

Fomenta la **apropiación** de las intervenciones y la construcción de una **red sólida** que facilite la continuidad y replicación de las intervenciones.

Diseño específico al contexto territorial

Las intervenciones Eco-RRD deben responder a las **características locales** manteniendo una **visión integral** a largo plazo mediante la inclusión de **diversas acciones SbN**, articulando conocimiento **técnico-científico** con saberes **tradicionales y étnicos**.

Acciones SbN transversales

Aplican para casi todo tipo de proyecto Eco-RRD, incluyen: gobernanza inclusiva, educación ambiental, fortalecimiento de capacidades locales, monitoreo comunitario, turismo cultural y restaurativo, estudios de factores de riesgo y de ecosistemas, y acciones de reforestación, restauración y/o recuperación con especies nativas y funcionales priorizadas

Acompañamiento técnico

Es esencial para el éxito de las Eco-RRD; puede provenir de gobiernos, organizaciones de la sociedad civil, instituciones académicas y centros de investigación.

Partir desde la premisa “construir sobre lo construido”

Reconocer procesos ya existentes en los territorios a intervenir, reforzarlos y complementarlos en las apuestas del enfoque Eco-RRD.

Participación comunitaria y alianzas multiactor

Favorecen la generación de **confianza**, la identificación de **objetivos comunes**, la adaptación de las soluciones al territorio y la **apropiación comunitaria**, clave para la sostenibilidad de las acciones.

Participación de actores locales claves

Las instituciones educativas son entidades claves para asegurar la sostenibilidad y replicabilidad de proyectos Eco-RRD, así como la articulación imparcial de diferentes actores. El relevo generacional dado en dichas instituciones las convierte en espacios propicios para desarrollar proyectos de Eco-RRD en contextos de alta actividad minera.

Factores como contexto territorial complejo, presupuesto y tiempo limitado

Estos, no impiden la implementación exitosa de intervenciones Eco-RRD, siempre que exista una **planificación estructurada** y se asegure la **participación activa** de los actores locales.

BIBLIOGRAFÍA

AgroSavia (2023). Sistemas silvopastoriles una alternativa para nutrir su ganado y proteger el medio ambiente. Junio 9, 2023.

<https://www.agrosavia.co/noticias/sistemas-silvopastoriles-una-alternativa-para-nutrir-su-ganado-y-proteger-el-medio-ambiente>

Agencia Nacional de Minería ANM (2024) Caracterización actividad minera municipio de Marmato, Caldas." Informe de avance. 26 p.

Ángel Marín, G. y Alvear Narváez, D. (2013) Análisis del impacto ecosistémico en la zona de influencia de la microcuenca de la quebrada Cascabel por afectación al recurso hídrico generado en el proceso de explotación aurífera en Marmato, Caldas, Colombia Tesis Universidad de Manizales. 128 p.

<https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/1272/Analisis%20de%20Impactos%20Ecosistémicos%20en%20la%20zona%20de%20Influencia%20de%20la%20Q.%20Cascabel%20por%20Explotación%20Aurífera%20en%20Marmato%20Caldas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Asociación Colombiana de Minería (2019). Reforestación, la apuesta de la industria minera en zonas de operación. 21 de agosto 2019.

<https://acmineria.com.co/blog/2019/08/21/reforestacion-la-apuesta-a-de-la-industria-minera-en-zonas-de-operacion/>

Burbano Girón, J., Molina Berbeo, ; M., Gutierrez, C., Ochoa Quintero, J., Ayazo-Toscano, R. y Cardona, D. (2020). Estado de conservación y transformación de los humedales en Colombia. Biodiversidad. Ficha: 102. Instituto Alexander von Humboldt.

<http://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2020/cap1/102/#seccion3>

Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT, Ministerio de Minas y Energía, Diego Grajales Campos, Lina María Castaño Lujan; Jimena Gómez Espinosa, Lina María Ramos Lizcano; Francisco Eliecer Sarmiento, Devia Harold Maya Ojeda (2021) Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del sector minero energético 2050. PIGCCme.

<https://repositoriobi.minenergia.gov.co/handle/123456789/2746>

Corrección (2021) Corrección cuenta con lagunas artificiales para el manejo adecuado del agua de minería. 3 de noviembre de 2021.

<https://www.cerrejon.com/medios/noticias/cerrejon-cuenta-con-lagunas-artificiales-para-el-manejo-adecuado-del-agua-de-mineria>

CityAdapt-(2022) Medios de vida resilientes: Sistemas silvopastoriles de montaña. Protocolos de Soluciones basadas en la Naturaleza.

https://cityadapt.com/sbn_cityadapt/practicas-agrosilvopastoriles/

Conceptos plásticos (2022). Construyendo un futuro sostenible a partir de los residuos plásticos. Obtenido de

<https://conceptosplasticos.com/>

Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres CMGRD de Marmato (2024). Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres del Municipio de Marmato

Convention on Biological Biodiversity (2018). Voluntary guidelines for the design and effective implementation of ecosystem-based approaches to climate change adaptation and disaster risk reduction.

Corantioquia (2014) Corantioquia presenta proyecto de restauración ecológica pionero en el país.

<https://www.corantioquia.gov.co/corantioquia-presenta-proyecto-restauracion-ecologica/>

Cross, K, Tondera, K, Rizzo, A., Andrews, L., Pucher, B., Istenič, D., Karres, N., McDonald, R. (2021). Nature-Based Solutions for Wastewater Treatment: A Series of Factsheets and Case Studies. IWA Publishing. DOI: <https://doi.org/10.2166/9781789062267>

Debele, S. E., Kumar, P., Sahani, J., Marti-Cardona, B., Mickovski, S. B., Leo, L. S., Porcù, F., Bertini, F., Montesi, D., Vojinovic, Z. y Di Sabatino, S. (2019). Nature-based Solutions for Hydro-meteorological Hazards: Revised Concepts, Classification Schemes and Databases. Environmental Research, 179, 108799

Debele, S. E., Leo, L. S., Kumar, P., Sahani, J., Ommer, J., Bucchignani, E., Vranić, S., Kalas, M., Amirzada, Z., Pavlova, I., Shah, M. A. R., Gonzalez-Ollauri, A. and Di Sabatino, S. (2023) Nature-based solutions can help reduce the impact of natural hazards: a global analysis of NBS case studies. The Science of the total environment. 165824. ISSN 1879-1026 doi:

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165824> Available at <https://centaur.reading.ac.uk/112964/>

DNP y MinAmbiente (2018) Lineamientos para el diseño de sistemas urbanos de drenaje sostenible SUDS.

<https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/Lineamientos-PT-SU-DS-V1-261218.pdf>

Downs, M. y Cooperación Suiza (2013) Manual de bioingeniería. Proyecto: Fortalecimiento de la gestión del riesgo en el Municipio de Dulce Nombre de Culmí, Olancho.

https://www.unisdr.org/files/globalplatform/591d932973b10CRS-CRH_-_Manual_de_Bioingenieria_-_2013.pdf

Estrella, M. y Saalismaa, N. (2013) Reducción de riesgo de desastre basado en Ecosistemas (Eco-RRD): Una visión general. En: Renaud, F.G.; Sudmeier-Rieux, K.; Estrella, M.; Nehren, U. (eds.) 2016: Reducción de Riesgo de Desastre basado en Ecosistema en Práctica. Springer, pp. 26-54

European Commission, Dumitru, A. and Wendling, L. (2021) Evaluating the impact of nature-based solutions. Dumitru, A.(editor) and Wendling, L.(editor), Publications Office of the European Union, 2021, <https://data.europa.eu/doi/10.2777/11361>

FAO (Food and Agriculture Organization of the UN) (2021) Global assessment of soil pollution,

<http://www.fao.org/3/cb4894en/online/cb4894en.html>

Figueroa-Arango C. 2020. Guía para la integración de las Soluciones Basadas en la Naturaleza en la planificación urbana. Primera aproximación para Colombia. Berlín: Alexander von Humboldt Stiftung, Ecologic Institute, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Fisac, J. y Perales-Momparler (2019). Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible y sus usos complementarios como garantes de la accesibilidad universal en la urbanización del Estadio Wanda Metropolitano. Revista de Obras Públicas – ROP 3607, marzo 2019. p. 38-41.

https://eacs.carm.es/wp-content/uploads/2021/05/ROP_3607_MARZO2019_SUDS.pdf

Fundación Hábitat & Desarrollo (2016) Red Hábitat de Reservas Naturales Privadas. Argentina.

<https://habitatydesarrollo.org.ar/red-habitat-de-reservas-naturales-privadas/>

García, A. M., Romero, O., Mora, M., Moreno, C., Moncaleano, J. D., Cusguen, L., Holguín, L., Espitia, M., Borrero, N. (2021). Medidas de adaptación al cambio climático para ecosistemas de alta montaña. Guía para su implementación. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Conservación Internacional: Bogotá

García, M. & GIZ (2023). Incentivos Forestales con Enfoque Ecosistémico. PANORAMA Solutions.

<https://panorama.solutions/es/solution/incentivos-forestales-con-enfoque-ecosistemico>

García Londoño, C., Echeverry-Galvis, M., Ospina Ostios, L., Ricaurte-Villota, C. & Romero-Torres, M. (2023). Retos para incorporar las soluciones basadas en la naturaleza y la reducción del riesgo de desastres con enfoque ecosistémico en la planificación. En: Investigaciones en gestión del riesgo de desastres para Colombia. Contribuciones locales, regionales y nacionales. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. Eds: Comisión Nacional Asesora para la Investigación en Gestión del Riesgo de Desastres (CNAIGRD). Bogotá, Colombia. p.- 284 – 309.

https://pubhtml5.com/pxou/kdmh/Investigaciones_en_gesti%C3%B3n_del_riesgo_de_desastres_para_Colombia%3A_contribuciones_locales%2C_regionales_y_nacionales_2023/303

Gonzalez-Ollauri, Alejandro, Mickovski, Slobodan B., Carl C. Anderson, Sisay Debele, Rohinton Emmanuel, Prashant Kumar, Michael Loupis, Joy Ommer, Jan Pfeiffer, Depy Panga, Francesco Pilla, Srikanta Sannigrahi, Elena Toth, Liisa Ukonmaanaho, Thomas Zieher (2023) A nature-based solution selection framework: Criteria and processes for addressing hydro-meteorological hazards at open-air laboratories across Europe. Journal of Environmental Management (331).

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117183>

Green4Grey (2020). Schansbroek (Genk)

<https://green4grey.be/en/project-zones/schansbroek-genk>

González Calderón, L., Medina, E. y Pinto, D. (2018) Paladines: Una mirada a los procesos de conservación y protección de la microcuenca. https://issuu.com/jucecar8/docs/l.paladines_fv1.0

Hernández-Columbié, T.; Guardado Lacaba, R. (2014) Control de erosión mediante bioingeniería en presas de colas de la industria del níquel. Minería y Geología 30 (4). pp. 55-69 Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa 'Dr Antonio Nuñez Jiménez' Holguín, Cuba. <https://www.redalyc.org/pdf/2235/223533734004.pdf>

Iglesias, J. M., Funes-Monzote, F. Toral, O. Simón, L. y Milera Iglesias, M. (2011) Diseños agrosilvopastoriles en el contexto de desarrollo de una ganadería sustentable. Pastos y Forrajes, Vol. 34, No. 3, julio-septiembre, 241-258.

<http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v34n3/pyf01311.pdf>

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt – IIAvH (2021) Soluciones Basadas en la Naturaleza para afrontar el cambio climático, Ficha 404. Biodiversidad, Reporte de estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia - Reporte Bio.

<http://reporte.humboldt.org.co/assets/docs/2021/4/404/ficha-impresta-2021-404.pdf>

Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico - IIAAP (2012) Protocolo de restauración ecológica de áreas degradadas por minería a cielo abierto de oro y platino en el Chocó Biogeográfico.

<https://siatpc.co/documentos/avances/protocolo-de-restauracion-ecologica.pdf>

Kamalebo, M & JCCN - Jóvenes y Campeones de la Conservación de la Naturaleza (2024). La reserva forestal de Yoko frente a los desafíos de la conservación de la biodiversidad. PANORAMA Solutions.

<https://panorama.solutions/fr/solution/la-reserve-forestiere-de-yoko-face-aux-enjeux-de-la-conservation-de-la-biodiversite>

Khotimah, H. & Rahmawati ,D. (2024) Understanding Eco-DRR as a sustainability indicator for mangrove conservation in urbanized area of North Jakarta, Indonesia, Environmental and Sustainability Indicators, 24. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2024.100494>

Kumar, P., Debele, S. E., Sahani, J., Rawat, N., Marti-Cardona, B., Alfieri, S. M., ... Zieher, T. (2021). Nature-based solutions efficiency evaluation against natural hazards: Modelling methods, advantages and limitations. Science of The Total Environment, 784, 147058. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.147058

Medio Ambiente Ingeniería (2017) Caracterización y diagnóstico de las plantas de beneficio del municipio de Marmato-Caldas. Contrato No.31102017-0908 entre la Gobernación de Caldas y la empresa Medio Ambiente Ingeniería S.A.S

Meza, L. E. y Rodríguez, A. G. (2022) Soluciones basadas en la naturaleza y la bioeconomía: contribución a una transformación sostenible e inclusiva de la agricultura y a la recuperación pos-COVID-19. Serie Recursos Naturales y Desarrollo, N° 210 (LC/TS.2022/43). (CEPAL).

[https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/822fc6f0-b72e-438e-9291-746fbfcaaae3/content#:~:text=Las%20Soluciones%20Basadas%20en%20la%20Naturaleza%20\(SbN\)%20apoyan%20la%20conservaci%C3%B3n,%2C%20procesos%2C%20y%20sistemas%20biol%C3%B3gicos](https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/822fc6f0-b72e-438e-9291-746fbfcaaae3/content#:~:text=Las%20Soluciones%20Basadas%20en%20la%20Naturaleza%20(SbN)%20apoyan%20la%20conservaci%C3%B3n,%2C%20procesos%2C%20y%20sistemas%20biol%C3%B3gicos)

Ministerio de Agricultura - Minagricultura (2020) Certificado de Incentivo Forestal - CIF 2021.

<https://www.minagricultura.gov.co/tramites-servicios/apoyos-incentivos/Paginas/Certificado-de-Incentivo-Forestal-CIF-2020.aspx>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS (2021a) Programa Nacional de Pago por Servicios Ambientales (PSA). <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/11/Programa-Nacional-de-Pagos-por-Servicios-Ambientales-2021-.pdf>

MADS (2021b) Plan de gestión integral de residuo. 28 p.

https://sigestion.minambiente.gov.co/files/mod_documentos/documentos/M-E-SIG-03/versiones/Plan%20de%20gestion%20integral%20de%20residuos%20V5.pdf

MADS (2022) ¿Qué es la Forestería Comunitaria?. <https://www.minambiente.gov.co/direccion-de-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistemicos/foresteria-comunitaria/>

MADS, Álvarez Rojas, C., Chica Jiménez, F., Devia Barros, A., Devia Zapata, I., Ochoa Osorio, M.C., Trujillo Ortiz, L. (2023) Guía para la implementación de medidas de Reducción de Riesgo de Desastre basado en Ecosistemas: énfasis en ecosistemas marino-costeros. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Ministerio de Minas y Energía – MinEnergía; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS, Agencia Nacional de Minería - ANM y GIZ (2023) Guía minero ambiental de exploración. Bogotá. https://acmineria.com.co/wp-content/uploads/2024/01/Guia_Miner_o_Ambiental_de_Exploracion.pdf

Ministerio de Minas y Energía y PNUD (2022) ABC de la Política de Gestión de Riesgo de Desastres del Sector Minero-Energético. https://www.minenergia.gov.co/documents/9392/19-09-2022_AB_C_Pol%C3%ADtica_GRD_Actualizado.pdf

Monty, F., Murti, R. and Furuta, N. (2016) Helping nature help us: Transforming disaster risk reduction through ecosystem management. Gland, Switzerland: IUCN. vi 82 pp.

Mori-Clement, Y. y Zapata, F. (2023). Las Soluciones basadas en la Naturaleza y sus beneficios socioeconómicos para el Perú. Lima: Instituto de Montaña. https://mountain.pe/wp-content/uploads/2023/12/IdM-2023_SbN-Peru_Reporte.pdf

Nehren, U., Arce-Mojica, T. Cara Barrett, A. Cueto, J. Doswald, N. Janzen, S. Lange, W. Ortiz Vargas, A. Pirazan-Palomar, L. Renaud, F.G. Sandholz, S. Sebesvari, Z. Sudmeier-Rieux, K. & Walz, Y. (2021) Towards a typology of nature-based solutions for disaster risk reduction, Nature-Based Solutions, 3.

<https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2023.100057>

Nieto, O. (2021) Enfoque de Reducción de Riesgo de Desastre basado en Ecosistemas ECO RRD: Aproximación conceptual y metodológica para su implementación en Colombia. MinAmbiente. Dirección de Cambio Climático y Gestión de Riesgo – Grupo de Gestión de Riesgo.

https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/12/D-OC-Conceptual_metodologicoEco-RRD_2021_comp.pdf

Noticias Ambientales (2022) Cómo hacer un sistema de recuperación de agua de lluvia casero con bidones. 16 enero, 2022. <https://noticiasambientales.com/multimedia/video-como-hacer-un-sistema-de-recuperacion-de-agua-de-lluvia-casero-con-bidones/>

Páez D, Rivas R, Dussán-Garzón (2019) High Efficiency Mercury Sorption by Dead Biomass of *Lysinibacillus sphaericus*—New Insights in the Treatment of 71 Contaminated Water. PMC.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6514844/>

Patiño, J. (2024) Biorremediación: sanando las heridas de la minería. Pesquisa javeriana <https://www.javeriana.edu.co/pesquisa/biorremediacion-mineria-de-carbon/>

Pavlidis, G. & Karasali, H. (2020), Natural Remediation Techniques for Water Quality Protection and Restoration, Methods for Bioremediation of Water and Wastewater Pollution, Environmental Chemistry for a Sustainable World, eds. Inamuddin y otros, Cham, Springer International Publishing, págs. 327-340.

Portal Minero (2012) Usan bioingeniería en restablecimiento de suelos dañados por actividad minera en Moa. 22 de Octubre 2012. <https://www.portalminero.com/pages/viewpage.action?pageId=66651057>

Ricra, O., Quino, P. y Vázquez G. (2022) Siembra de agua a través de infraestructura natural de recarga hídrica (AMUNA) en la comunidad San Pedro de Casta, Lima, Perú. IDESIA, 40. P. 51-57. <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v40n3/0718-3429-idesia-40-03-51.pdf>

Rinaudo-Mannucci, M. E. (2019) Diseño de un portafolio de soluciones basadas en la naturaleza y gestión del cambio climático en un contexto de transiciones socioecológicas hacia la sostenibilidad en Colombia Trabajo de grado Universidad Externado de Colombia. Facultad de Ciencias Sociales y Humanas. Maestría Transdisciplinaria en Sistemas de Vida Sostenible Bogotá. <https://bdigital.uexternado.edu.co/server/api/core/bitstreams/9724be31-b5d0-43dc-9408-88033c007eec/content>

Rincón-Díaz, D. y Arteaga-Morales, S. (2022) Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) para la gestión del Cambio Climático en Colombia: Potencialidades y limitantes de implementación. Monografía presentada para optar al título de Especialistas en Gestión Ambiental. Universidad de Antioquia. 126 p.

https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/29235/1/RinconDiego_ArteagaSara_2022_SbNCambioClimaticoColombia.pdf

Ríos, J. (2019). Biorremediación de suelos y aguas contaminadas por la minería, en el municipio de Istmina – Chocó: una revisión documental. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

<https://repositorio.unicolmayor.edu.co/bitstream/handle/unicolmayor/216/1%20PARA%20SUBIR%20INFORME%20FINAL%20JZRO.pdf>

Romero Cando, J. y Rivera Carrión, A. (2020) La hidrosiembra, técnica de bioingeniería para la restauración de suelos producto de actividades mineras: experiencia en el proyecto minero mirador, Zamora Chinchipe - Ecuador. Revista de Medio Ambiente y Minería MAMYM 5 (1). jun. 2020.

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2519-53522020000100002

Sileshi, A. (2018) Wetlands as nature-based solutions for in situ water purification: The case of urban wetlands, Jimma, Ethiopia. Thesis Addis Ababa University. 65 p.

<https://etd.aau.edu.et/server/api/core/bitstreams/4bf1d6ac-5ff6-4f8f-bebc-e84f1cfca678/content>

Somarakis, G., Stagakis, S., & Chrysoulakis, N. (Eds.). (2019) Thinknature Nature-Based Solutions Handbook. ThinkNature project funded by the EU Horizon 2020 research and innovation programme. <https://resilientwatershedstoolbox.org/sites/default/files/documents/tools/ThinkNature%20Nature-based%20Solutions%20Handbook.pdf>

Sowinska-Swierkosz, B. García, J. (2022) What are Nature-based solutions (NBS)? Setting core ideas for concept clarification, Nat.-Based Solutions 2, 100009, <https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2022.100009>

Svensson Gonfrier, A., Figueroa Arango, C., Vásquez-Muñoz, J., Muñoz Zapata, M., Silva López, V., Franco Piedrahita, M. C., CONNATURAL, Calvachi Zambrano, B., van Hemelryck Rodríguez, J. y Sereno Salguero, K. R. (2024). Integración de soluciones basadas en la naturaleza en Soacha y La Ceja. Fundación Grupo HTM. https://grupohm.org/wp-content/uploads/2024/10/WEB_Estudio-de-Caso-Guia_B29_C3.pdf

Sudmeier-Rieux, K., Arce-Mojica, T., Boehmer, H.J. et al. (2021) Scientific evidence for ecosystem-based disaster risk reduction. Nat Sustain 4, 803–810. <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00732-4>

Turner, B., Devisscher, T., Chabaneix, N., Woronoiecki, S., Messier, C. y Seddon, N. (2022). The Role of Nature-based Solutions in Supporting Socio-ecological Resilience for Climate Change Adaptation. Annual Review of Environment and Resources, 47, 123-148.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza - IUCN (2016). Nature-based Solutions to address global societal challenges. Gland, Suiza: IUCN. doi:

<https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>

IUCN (2020) Estándar Global para soluciones basadas en la naturaleza.

<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2020-020-Es.pdf>

UNaLab - Urban Nature Labs (2022). Nature-based Solutions: Technical Handbook Factsheets. Institut für Landschaftsplanung und Ökologie – ILPÖ. 134 p.

https://www.ilpoe.uni-stuttgart.de/files/UNaLab_Handbook.pdf

UNEP (2016). River Partners: Applying Ecosystem-Based Disaster Risk Reduction (Eco-DRR) in Integrated Water Resource Management (IWRM) in the Lukaya Basin, Democratic Republic of the Congo.

<https://www.unep.org/resources/report/river-partners-democratic-republic-congo>

UNEP & CTCN (2023) Manual de Soluciones basadas en la Naturaleza. Honduras. 172 p.

<https://www.ctc-n.org/system/files/dossier/3b/D%205%20Talleres%20de%20capacitacion%20y%20NSB%20Manual.pdf>

UNEP (2024) To counter climate change, Colombian cities weave nature back into their urban fabric. Nature Action 09 Oct 2024.

<https://www.unep.org/news-and-stories/story/counter-climate-change-colombian-cities-weave-nature-back-their-urban-fabric>

UNISDR (2015). Making Development Sustainable: The Future of Disaster Risk Management. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. UNDRR.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction UNDRR (2023) Nature-based solutions for comprehensive disaster and climate risk management: Toolkit for Integrated Planning and Implementation of Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation.

<https://www.undrr.org/media/97918/download?startDownload=20240917>

Universidad Católica de Colombia (2016) Manual de obras de bioingeniería en zonas de laderas con procesos de remoción de masa para altitudes superiores a 3.000 m.s.n.m.. Bogotá D.C, Colombia.

<https://repositorio.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/1e5c9e97-26ac-4b3b-a248-ccc81fac7bc0/content>

Valois-Cuesta, H., Martínez-Ruiz, C. & Quinto-Mosquera, H. (2022) Revegetación natural de áreas afectadas por minería de oro en la selva pluvial tropical del Chocó, Colombia. Universidad de Costa Rica. Revista de Biología Tropical, vol. 70, núm. 1, pp. 743-768, 2022. <https://www.redalyc.org/journal/449/44971236033/html/>

van Wesenbeeck, B., Jongman, Brenden; Balog, Simone Andrea Breunig; Kaupa, Stefanie Magdalena; Bosche, Lauren Vuillemot; Lange, Glenn-Marie; Holm-Nielsen, Niels B.; Nieboer, Henk; Taishi, Yusuke; Kurukulasuriya, Pradeep H.; Meliane, Imen. (2017) Implementing nature based flood protection : principles and implementation guidance (English). Washington, D.C. : World Bank Group.
<http://documents.worldbank.org/curated/en/739421509427698706/Implementing-nature-based-flood-protection-principles-and-implementation-guidance>

Vásquez, Y., Escobar, M. Neculita, C., Arbeli, Z. Roldan, F. (2016) Biochemical passive reactors for treatment of acid mine drainage: Effect of hydraulic retention time on changes in efficiency, composition of reactive mixture, and microbial activity. Chemosphere 153, p. 244-253.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.03.052>

Vela-García, N., Guamán-Burneo, M. C., & González-Romero, N. (2019). Biorremediación eficiente de efluentes metalúrgicos mediante el uso de microalgas de la Amazonía y los Andes del Ecuador. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 35(4), 917-929. [fecha de Consulta 4 de Noviembre de 2024]. ISSN: 0188-4999. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37066309011>

WASTE (2024) Nature-based solutions for urban wastewater management. June 3, 2024.
<https://www.waste.nl/nature-based-solutions-for-urban-wastewater-management/>

WIPO (2022). Green Technology Book: Solutions for climate change adaptation. Geneva: World Intellectual Property Organization. DOI: 10.34667/tind.47093

World Bank (2021). Forest-Smart Mining: Guidance to Applying Nature-Based Solutions in the Mining Sector.
https://documents1.worldbank.org/curated/en/099235004252211581/pdf/P1722450eeeba500f08013097ce07ad20bb.pdf?_gl=1*bxvnp*_gc*_au*NzE0MjlxMTA4LjE3MjcMjg3NzE

Woods-Ballard, B; Kellagher, R; Martin, P; Jefferies, C; Bray, R; Shaffer, P. (2015) The CIRIA SuDS manual.
http://observatoriaigua.uib.es/repositori/suds_manual.pdf

World Wildlife Fund – WWF; Peru Wake Forest University Center For Energy, Environment and Sustainability - WFU/CEES & Centro de Innovación Científica Amazónica – CINCIA (2019) Restauración de áreas degradadas por la extracción minera aurífera en Madre de Dios.
https://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/restauracion_mdd_1.pdf

Yepes Quintero, Adriana P. Ruíz, A., Uribe Úsuga, M. Zuñiga, J., Viviescas, L.S., Zapata, M., González, C., Castro, A., Mera, F., Mocaleano, P., Pacheco, E., Cabeza, O. (2019) Asistencia Técnica para la Implementación del Modelo de Forestería Comunitaria. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Unión Europea. Colombia. Bogotá.
<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/04/2.-Asistencia-tecnica-para-la-implementacion-de-modelo-de-foresteria-comunitaria-Colombia.-Logros-aprendizajes-y-retos.pdf>

BASES DE DATOS O REPOSITARIOS SbN:

PANORAMA – Soluciones para un planeta saludable (GIZ, UICN, UN Environment, GRID Arendal, Rare). Más de 1500 soluciones.
<https://panorama.solutions/es/sobre-panorama>

WWF Nature-based Solutions Database Map.
https://experience.arcgis.com/experience/1f63ece9260c4f839976c7ae8860012b/page/Page/?data_id=dataSource_2-Nature_Based_Solutions_Project_Layer_1687%3A37

Equator Initiative - Nature-Based Solutions Database. 1305 soluciones.
<https://www.equatorinitiative.org/knowledge-center/nature-based-solutions-database/>

Nature based Solutions Initiative. Case study platform
<https://casestudies.naturebasedsolutionsinitiative.org/case-search/>

Base de datos de The NBI Global Resource Centre.
<https://nbi.iisd.org/database/>

Nature4Climate, herramienta para la toma de decisiones para proyectos de SbN. 200 casos de estudio.
<https://nature4climate.org/nature-in-action/case-studies/>

InterLace Hub Urban Governance Atlas (UGA). 250 instrumentos de políticas de buenas prácticas.
<https://interlace-hub.com/urban-governance-atlas>

Base de datos con enfoques basados en Ecosistemas para la Adaptación (CMNUCC).
<http://www4.unfccc.int/sites/NWP/Pages/ecosystems-page.aspx>

Base de datos de Adaptación al Cambio Climático – Integrando la Biodiversidad a la Planificación de Adaptación al Cambio Climático (CDB). <https://adaptation.cbd.int/options.shtml#sec1>

Base de datos de The Global Program on Nature-Based Solutions
<https://naturebasedsolutions.org/projects>

Base de datos de proyectos europeos de NbS.
<https://knowledge.networknature.eu/ridb>

Base de datos de proyectos mundiales de NbS. 805 proyectos.
<https://networknature.eu/nbs-knowledge-database>

Base de datos de potenciales opciones de financiación para proyectos de SbN de la National Wildlife Federation.
<https://fundingnaturebasedsolutions.nwf.org/>

Compilado de hechos demostrados y datos asociados a las SbN.
<https://knowledge.networknature.eu/key-facts>

The NbS Evidence Platform.
<https://www.naturebasedsolutionsevidence.info/>

NOAA. Nature-Based Solutions: Benefits, Costs, and Economic Assessments.
<https://coast.noaa.gov/digitalcoast/training/gi-practices-and-benefits.html>

Comunidades Naturalmente resilientes (US National Planning Association). <http://nrnsolutions.org/>

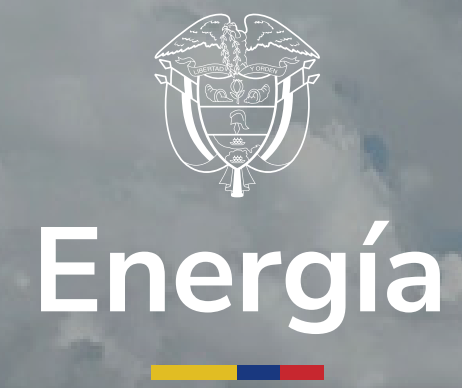
INSUMOS VARIOS PARA SbN:

LaRiMiT (Landslide Risk Mitigation Toolbox): Caja de herramientas para mitigación de movimientos en masa
https://www.larimit.com/mitigation_measures/

Ilustraciones y esquemas de diferentes tipos e intervenciones de soluciones basadas en la naturaleza. Proyecto INTERLACE. 2024.
<https://3dwarehouse.sketchup.com/user/2e703d47-1974-467e-8d12-fbe8a6b36a63/INTERLACE-Project?hl=en>

Pequeño compilado de acciones en Canada.
<https://riparianhabitatrestoration.ca/575/livepoledrains.htm>

Ejemplos específicos sobre minería:
<https://www.terraerosion.com/IndustrialandMiningReclamation.htm>



Propuestas Eco-RRD

TERRITORIOS MINEROS

Guía para la implementación de proyectos de Reducción de Riesgos de Desastres
basado en Ecosistemas con énfasis en territorios mineros.

Caso de implementación en el municipio de Marmato - Caldas