

Modelo de minería responsable y economía circular para el Bajo Cauca, Antioquia



Modelo de minería
responsable
y economía circular para
el Bajo Cauca, Antioquia

354.393 M689 Modelo de minería responsable y economía circular para el Bajo Cauca, Antioquia / por Carmen Elena Úsuga Osorio, Dora Sánchez Restrepo, Martín Vásquez, Johana Martínez Ramírez, Erica Mejía Restrepo, Eduardo Duque Grisales. -- Medellín : IUPB

Fondo Editorial Pascual Bravo, 2024

66 p. : il. -- (Serie Divulgación)

ISBN 978-628-96454-1-5

1. INDUSTRIA MINERA - ASPECTOS SOCIALES
2. DESARROLLO SOSTENIBLE
3. PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE
4. MINERÍA SOSTENIBLE
5. ECONOMÍA CIRCULAR
6. BIODIVERSIDAD
7. IMPACTO AMBIENTAL

Catalogación en la publicación Biblioteca de Ciencia y Tecnología

**Modelo de minería responsable
y economía circular para el Bajo Cauca, Antioquia**

Institución Universitaria Pascual Bravo

Primera edición: agosto de 2024

ISBN: 978-628-96454-1-5

Textos

Carmen Elena Úsuga Osorio

Dora Sánchez Restrepo

Martín Vásquez

Johana Martínez Ramírez

Érica Mejía Restrepo

Eduardo Duque Grisales

Fotografías

Archivo Hacienda Río Rayo

César H. García Prieto

Dora Inés Sánchez

Federico Rodríguez

Carlos Adrián Lopera

Coordinación editorial: Johana Martínez Ramírez

Diagramación: Leonardo Sánchez Perea

Editado en Medellín, Colombia

Fondo Editorial Pascual Bravo

Institución Universitaria Pascual Bravo

Calle 73 No. 73A – 226 – Tel. (604) 4480520

fondoeditorial@pascualbravo.edu.co

www.pascualbravo.edu.co

Medellín – Colombia

Las ideas expresadas en la obra aquí contenida son manifestaciones del pensamiento individual de sus autores; en esa medida, no representan el pensamiento de la Institución Universitaria Pascual Bravo, siendo ellos los únicos responsables por los eventuales daños o perjuicios que pudieran causar con lo expresado o por la vulneración de los derechos de autor de terceros en los que hubiesen podido incurrir en su creación.



Está prohibido todo uso de la obra que atente contra los derechos de autor y el acceso abierto. Esta obra está protegida a través de la licencia Creative Commons: Reconocimiento-No comercial 4.0 Internacional.



Contenido

Agradecimientos	8	Vivero y reforestación: un compromiso en la Hacienda Río Rayo	31
Prólogo	10	Apicultura: un caso de éxito	36
Presentación	12	Aserrfó: valor agregado de los bosques recuperados	39
Hacienda Río Rayo: contexto e historia empresarial	15	Biodiversidad en Río Rayo: potencial aviturismo para el territorio	42
Liderazgo soñador, propósito y disposición creativa: los factores diferenciadores	18	Seguridad alimentaria: una apuesta para la comunidad	45
Una minería responsable: «donde muere una mina renace un ecosistema»	20	Responsabilidad social y ambiental con el entorno: surgiendo juntos	50
La joyería en la Hacienda Río Rayo: tradición y compromiso con la minería responsable	25	Referencias	52
Cultivando el suelo como nuestra fuente de vida	26		



Modelo de Minería Responsable y Economía Circular
para el Bajo Cauca

Modelo de Minería Responsable y Economía
Circular –MiREC– 54

Diseño metodológico Modelo –MiREC– 54

Identificación de oportunidades de uso de la tierra
después del cierre 56

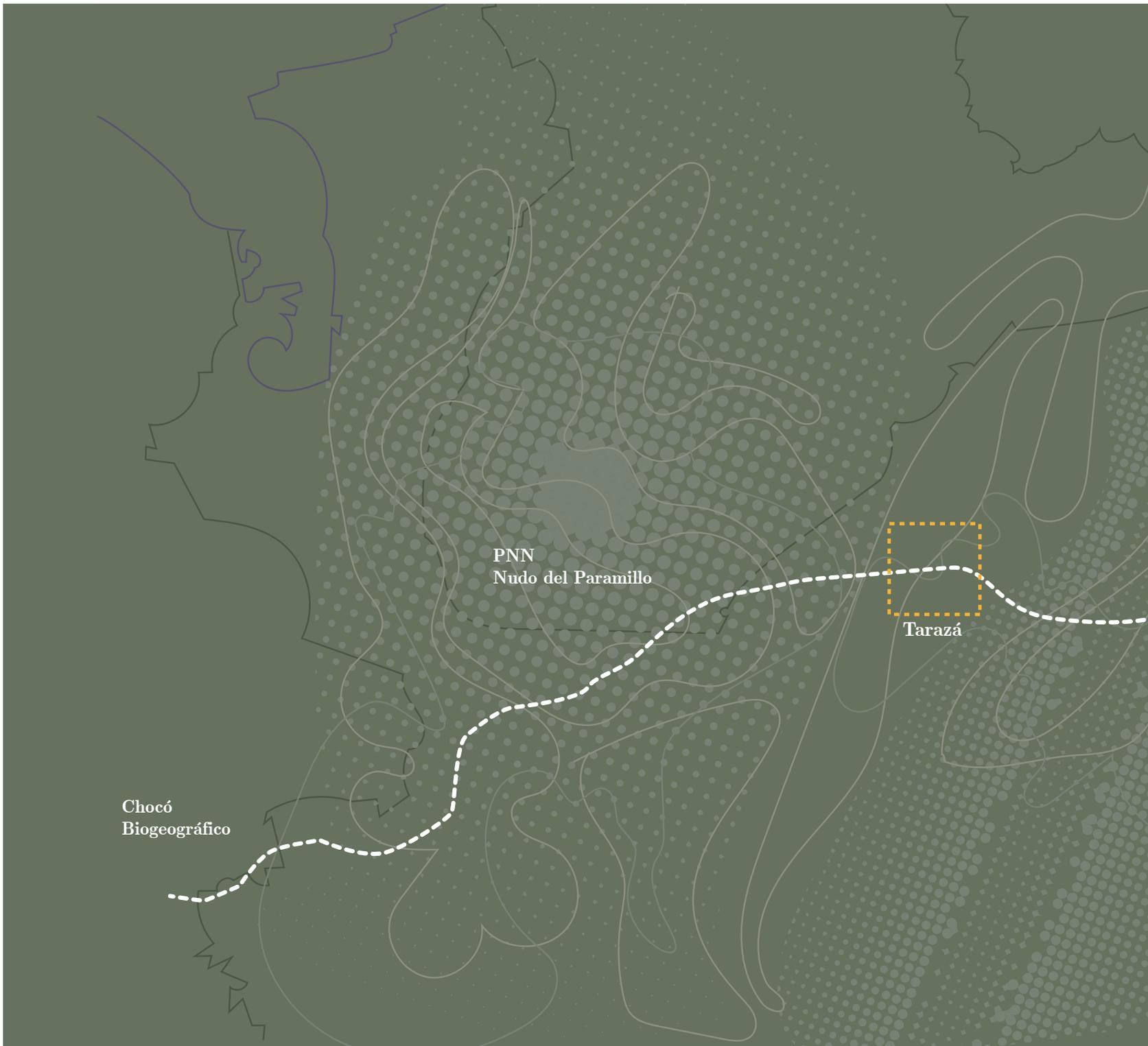
Modelo Minería Responsable y Economía Circular
– MiREC– para el Bajo Cauca 57

Apreciación de actores del modelo Río Rayo 59

Fundamentación teórica que sustenta el Modelo
MiREC 60

Modelos de minería responsable desarrollados
en el mundo 60

Referencias 63





Serranía
de San Lucas

El Bajo Cauca es una subregión situada al nordeste del departamento de Antioquia, compuesta por los municipios de Cáceres, Tarazá, El Bagre, Caucasia, Zaragoza y Nechí.

Viajando desde Medellín, justo donde el Bajo Cauca se abre para fragmentar un poco la hegemonía montañera de esa anfractuosa cinta asfáltica, se halla Río Rayo, a 204.5 km por la troncal del norte que lleva a la costa Caribe.

Agradecimientos

Manifestamos nuestro más sincero agradecimiento a Iván Rodríguez y Luis Rodríguez, propietarios de la Hacienda Río Rayo, a los líderes de las líneas productivas de Río Rayo, Gerardo Rodríguez, Julián Loaiza, Eller Villanueva, Federico Rodríguez, Kevin Alejandro Rojas, Martín Vásquez, Yusmeira Ibarra y a quienes conforman sus equipos de trabajo, gracias por su disposición permanente.

Al equipo de la Institución Universitaria Pascual Bravo, a los docentes, directivos y equipo administrativo que brindaron su apoyo técnico y académico para esta publicación.

A todos los actores gubernamentales, empresas y líderes comunitarios que con sus aportes hicieron posible el cumplimiento de este propósito de divulgación materializado en esta obra.



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
PASCUAL BRAVO®
Acreditados en Alta Calidad

Prólogo

Es un honor presentar este libro sobre la Hacienda Río Rayo, ubicada en el municipio de Tarazá, Antioquia, que muestra un ejemplo de economía circular y desarrollo sostenible en torno a la minería aluvial de oro. En un mundo con alta demanda de oro, es crucial extraer y utilizar estos recursos de manera responsable. Suiza, líder en procesamiento de oro, valora las fuentes responsables que sigan buenas prácticas sociales y ambientales.

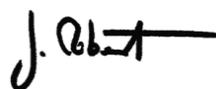
La empresa minera Río Rayo es parte de la Iniciativa Suiza Oro Responsable (Swiss Better Gold, SBG en inglés), que exporta oro responsable a Suiza. SBG, una alianza público-privada impulsada por la Secretaría de Estado para Asuntos Económicos SECO de Suiza y la Swiss Better Gold Association, apoyó este estudio junto con la Universidad Pascal Bravo de Medellín y la Fundación Río Rayo.

Nuestra estrategia de cooperación busca fortalecer y dar visibilidad a operaciones como la Hacienda Río Rayo, demostrando que es posible una minería responsable que promueva el desarrollo equitativo y el respeto por el medio ambiente. El modelo de la Hacienda, desarrollado en cuatro décadas, muestra cómo la minería puede reconstruir la biodiversidad tras su paso y puede impulsar la diversificación económica de la comunidad.

La región del Bajo Cauca antioqueño ha sufrido por la explotación descontrolada del oro, los cultivos ilícitos y el conflicto armado. Sin embargo, mediante prácticas responsables y un enfoque de economía circular, es posible transformar esta realidad hacia un renacimiento de la región.

Este libro es el resultado de un esfuerzo colaborativo entre diversos actores para construir un futuro más próspero para el Bajo Cauca antioqueño. Espero que inspire a otros a replicar este modelo de minería responsable en diferentes regiones del país y del mundo.

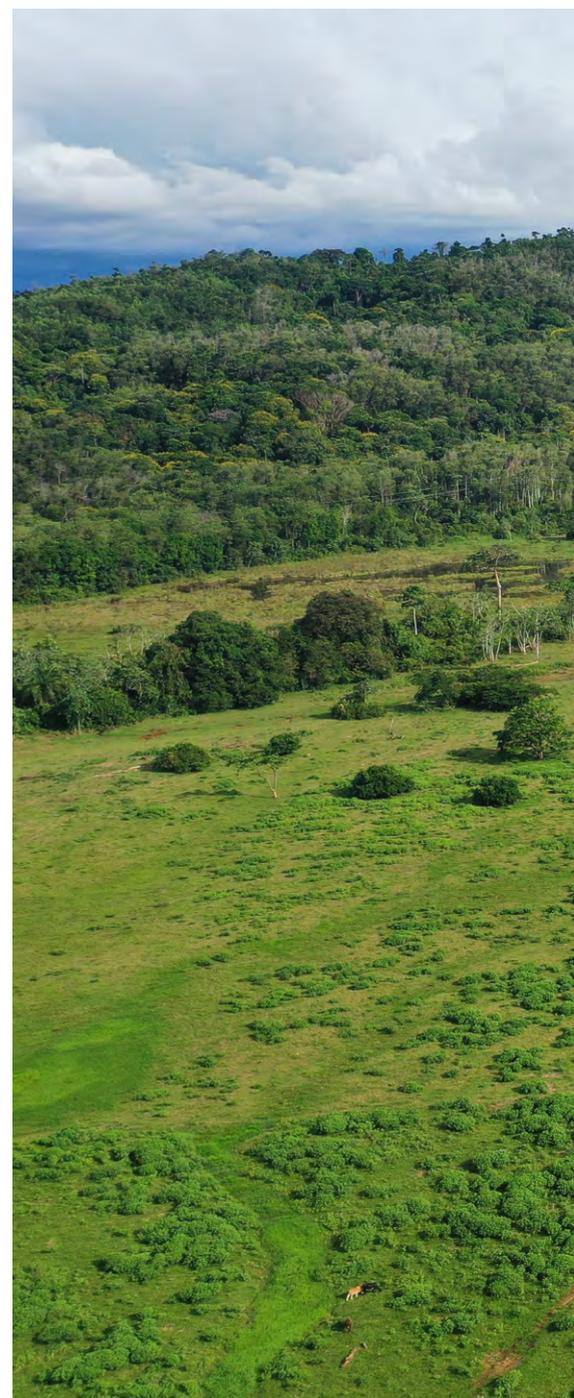
Me enorgullece apoyar iniciativas que equilibran el aprovechamiento de recursos no renovables con la protección ambiental y la diversificación económica. Deseamos que esta experiencia sirva de ejemplo para otras regiones en Colombia y el mundo.



Julien ROBERT

Director de Cooperación Económica y Desarrollo SECO

Embajada de Suiza en Colombia





Presentación

La Institución Universitaria Pascual Bravo dinamiza sus relaciones estratégicas con los sectores social, productivo, académico y gubernamental con el propósito de unir esfuerzos para transformar vidas, territorios y ecosistemas. Con este objetivo se vincula con la empresa Cigales -Hacienda Río Rayo que, en los últimos 38 años, ha promovido en la región del Bajo Cauca buenas prácticas de minería responsable y economía circular fomentando un compromiso ético y transparente en las comunidades.

La subregión del Bajo Cauca antioqueño ha enfrentado durante décadas un contexto de alta complejidad social, jurídica, cultural, económica y ambiental generado a partir de dinámicas relacionadas con el conflicto armado, rutas de narcotráfico, cultivos ilícitos, minería ilegal, tenencia informal e ilegal de la tierra y precariedad institucional.

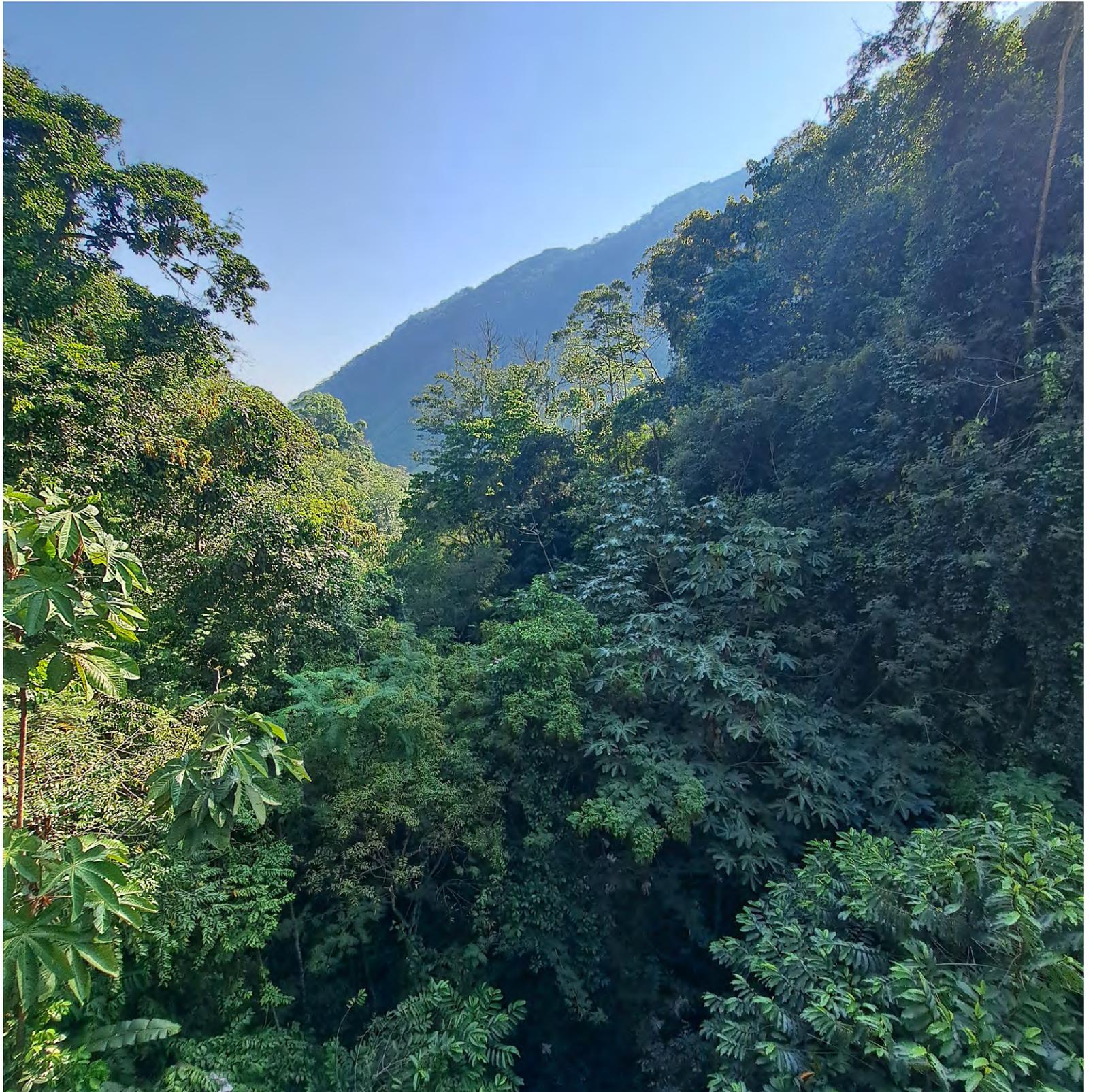
La minería de oro de aluvión, quizás la más importante y arraigada actividad económica en la región, se practica en su gran mayoría de manera informal e ilegal, dejando a su paso casi siempre un desastre ambiental.

En este libro se presenta un sobrevuelo por las distintas líneas de producción que componen el trabajo realizado a lo largo de casi cuatro décadas por la Hacienda Río Rayo, en el municipio de Tarazá. Allí se está consolidando empíricamente un saber hacer que alimenta la esperanza en que una forma diferente de interactuar entre humanos y con la naturaleza es posible. Allí se está trascendiendo una costumbre económica arraigada en la explotación descontrolada de recursos no renovables para adoptar un modelo de desarrollo sostenible basado en el encadenamiento de varias actividades económicas que se fortalecen entre sí engranando la economía circular.

Esta iniciativa se enmarca en el proyecto «Transferencia y apropiación social de conocimiento en torno a la minería responsable y economía circular a partir de la experiencia de la Hacienda Río Rayo» y pone a disponibilidad de la sociedad civil nacional e internacional recursos como una caja de herramientas, un documento de sistematización, un diplomado y esta publicación. Estos recursos se fundamentan sobre un levantamiento de información obtenido a partir de encuestas, entrevistas, observaciones, grupos focales y análisis documental, por medio de un enfoque participativo, en el que se involucró de forma activa a todas las partes interesadas: líderes, productores, empresas, Gobierno y la comunidad en general. Con este se pretende transferir el conocimiento y fomentar la apropiación social de manera didáctica y accesible a todo tipo de público, basado en el compromiso de nuestra Institución con los procesos de comprensión e intervención de las relaciones entre ciencia, tecnología, innovación y sociedad.

Este proyecto contribuye al sueño de aportar al renacimiento de esta complicada región de nuestro país como resultado de un esfuerzo interdisciplinar entre la Institución Universitaria Pascual Bravo, la empresa Cigales, la Fundación Hacienda Río Rayo y el Centro de Saberes Río Rayo para el Desarrollo Sostenible. Es un propósito que se ha hecho posible gracias al apoyo de la Asociación Suiza para el Oro Responsable, entidad que otorga la certificación SBG, promoviendo por medio de ella la responsabilidad social, medioambiental y de seguridad en el sector minero.

Estamos seguros de que con los resultados obtenidos en esta importante alianza se contagiarán la confianza y la creatividad necesarias para que sigan creciendo los ejemplos de minería responsable y la diversificación de medios de vida en torno a ellas, contribuyendo a la transformación de vidas, familias y territorios.





Hacienda Río Rayo: contexto e historia empresarial

Río Rayo es una finca que fue parte de la otrora Hacienda El Rayo, nombres que se derivan del río que las separaba. Bordeada por el río Cauca, en zona de piedemonte y bosque húmedo tropical, entre los 80 y 120 msnm, donde la vegetación y la fauna exuberantes se manifiestan en tierras productivas, Río Rayo se erigió a partir del liderazgo y unión familiar de los Rodríguez Jaramillo, quienes cimentaron la empresa desde la visión empresarial y la búsqueda del bienestar social de las comunidades.

La vocación de la finca en sus inicios fue la ganadería especializada, labor que los convirtió en pioneros en ese campo gracias a los avances en mejoramiento genético, la tecnología aplicada a la explotación ganadera y la eficiencia en los procesos. Al tiempo que se reconocía como un lugar enfocado en la implementación de iniciativas centradas en la sensibilidad social y en el empoderamiento de las personas como artífices del desarrollo de la región, labores orientadas a la sostenibilidad empresarial, fundadas en el respeto y resguardo de la biodiversidad que han llevado a que hoy la Hacienda Río Rayo –HRR– sea un referente en la ejecución de proyectos productivos sostenibles en el Bajo Cauca.

No ajenos a la historia del país, las labores ganaderas de Río Rayo se vieron interrumpidas en los años 80 debido a la creciente violencia en zonas rurales y a las invasiones mineras del Bajo Cauca, que llevaron a la explotación desmedida de la tierra y a la contaminación de los recursos naturales derivada de la extracción ilegal de oro. El propósito en la Hacienda fue recuperar nuevamente la tenencia de la tierra y, al mismo tiempo, gestionar iniciativas que aseguraran la felicidad y el bienestar de la comunidad. Dichas iniciativas se han centrado en empoderar a las personas de su trabajo para que mejoren sus ingresos económicos y se sitúen nuevamente al interior de la legalidad y la institucionalidad. Este hecho fue el impulso para que la Hacienda Río Rayo incursionara en procesos de minería responsable a través de la extracción de oro de aluvión con el objetivo de proteger y preservar el medio ambiente, los recursos naturales y la comunidad.

En el Bajo Cauca, el modelo desarrollado por la Hacienda Río Rayo ha permitido la extracción de oro implementando esfuerzos para no comprometer el devenir de las generaciones futuras y reducir el impacto ambiental y social generado en el presente. La minería responsable en

la Hacienda Río Rayo se fundamenta en la visión de Iván y Luis Rodríguez, propietarios de la Hacienda. Iván reconoce que «el oro es un recurso finito que, al mismo tiempo, genera riqueza para llevar a cabo la siembra de bosques», de esta forma, una iniciativa clave del liderazgo es la sostenibilidad. Para ello, se consideraron varios negocios que pudieran generar ingresos por medio de proyectos productivos rentables que forjaran riqueza para la Hacienda y para las poblaciones, y que tuvieran impactos positivos en el medio ambiente. Durante estos treinta años, los negocios más rentables han sido la minería y, en torno a ella, se han gestado otros como la apicultura, la joyería, el aserrío, el aviturismo y el carbón vegetal.

Es precisamente en los bosques de la Hacienda donde se aprecia la implementación de un modelo

sostenible con labores que promueven la economía circular. Hoy, sus bosques albergan fauna que propicia el ecoturismo y el avistamiento de aves, son testigos del paso del jaguar por sus corredores verdes como muestra de un ecosistema sano, favorecen la apicultura, la producción y el aprovechamiento sustentable de madera, y la joyería, líneas que evidencian el encadenamiento productivo por medio de emprendimientos que benefician a los habitantes de la región y demuestran el compromiso de la Hacienda Río Rayo con prácticas que promueven la conservación del entorno y el desarrollo económico y social. Este apoyo a la comunidad orienta las acciones que se desarrollan en la Hacienda a partir de la oferta de nuevas oportunidades de empleo que persiguen el bienestar y la transformación de vidas, de las familias y del territorio en el Bajo Cauca.





«En mi época, Puerto Antioquia se llamaba Puerto Ospina, todo eso era tierra “ospinera”, una hacienda de más de 30.000 hectáreas. De ahí nació la Hacienda El Rayo que fue durante décadas una de las principales haciendas ganaderas de Colombia, administrada por mi familia.

Puerto Antioquia era el puerto clave para los intercambios y viajes entre Medellín y la costa Atlántica. La carretera desde Medellín llegaba hasta Puerto Valdivia, y la navegabilidad de los barcos remolcadores les permitía subir por el río Cauca hasta Puerto Antioquia. Entre Puerto Valdivia y Puerto Antioquia se movían las personas y las mercancías en mula y en canoa. Estoy hablando más o menos de los años 40 y 50.

Era un puerto importante en la región. Era también la despensa de aproximadamente 300 trabajadores de la Hacienda el Rayo que se reunían allí para ir a misa y para divertirse.

Con el tiempo se construyó la variante que comunicó Puerto Valdivia con Cauca. Inicialmente pasaba por Puerto Antioquia. En ese entonces Tarazá no existía. Allí donde hoy es el pueblo sólo estaba la tienda de don Jesús Ortega, que todavía existe, y al lado había un puesto de salud. Luego pasaron la vía por unos potreros de la hacienda El Rayo y desde ese momento Puerto Antioquia quedó aislado, ya sin tránsito fluvial ni terrestre. Eso, sumado a la creación y el crecimiento de Tarazá, fue disminuyendo la importancia de Puerto Antioquia.

Tarazá, por otro lado, nació cuando el dueño de la Hacienda Tenerife donó 5 hectáreas a finales de los años 50. Luego, de la mano de otros ganaderos de la zona, limpiaron el territorio, levantaron planos y se fue haciendo hasta que en el año 1979 se convirtió en municipio».

Testimonio de Diego Villa, 82 años, hijo del propietario de la hacienda El Rayo.

Liderazgo soñador, propósito y disposición creativa: los factores diferenciadores

En la Hacienda Río Rayo, el estilo de liderazgo se ha consolidado como un factor esencial para lograr una actividad empresarial exitosa y duradera durante 38 años. Esto ha contribuido significativamente a la mitigación del impacto negativo sobre el medio ambiente con el propósito de alcanzar un equilibrio entre la explotación de recursos renovables y no renovables mediante la creación de líneas productivas sostenibles. Esta es una cualidad de liderazgo caracterizada por ser soñadora, idealista, creativa y valiente, fundamentada en la mirada de la familia Rodríguez.

Los bosques de la Hacienda Río Rayo consolidan la implementación del modelo de minería responsable que abarca diversas prácticas centradas en la economía circular. Este enfoque integral demuestra el compromiso de la

Hacienda Río Rayo con la conservación al apreciar la actividad minera como una labor en armonía con la naturaleza y el desarrollo de la región. La misión de la empresa se enfoca en contribuir a la evolución sostenible de la minería de oro de aluvión con métodos innovadores que fomenten la diversificación de los medios de vida de las comunidades locales en el largo plazo, minimizando con ello el impacto ambiental. De esta forma, se proyectan ser reconocidos como líderes en la implementación de tecnologías limpias, prácticas éticas y colaboración efectiva con las comunidades para ejercer un modelo de extracción de oro que sea un ejemplo de equilibrio entre progreso económico y preservación ambiental, con la intención de dejar un legado e inspirar a otros actores de esta industria a seguir un camino similar.



En su modelo de liderazgo, los principios y valores se basan en el respeto, la sostenibilidad cultural y ambiental, la ética profesional, la responsabilidad social, la inclusión y la diversidad. Para cumplir con sus objetivos, se gestionan las diferentes líneas productivas por medio de planes estratégicos y operativos en los que establecen metas medibles que garanticen el logro de los propósitos. Esta metodología ha permitido garantizar el éxito de los resultados de la Hacienda de manera ascendente a lo largo de los años. Río Rayo ha orientado su forma de operar en torno a garantizar la satisfacción de las personas como una prioridad; de esta manera, se han concentrado en empoderar a las personas en su trabajo para que mejoren sus ingresos económicos con la conciencia permanente de la recuperación de los suelos trabajados en minería a través de diferentes prácticas de conservación ambiental.

El apoyo y acompañamiento a las comunidades se enmarca en el modelo de sostenibilidad de la Hacienda, a partir de la oferta de nuevas oportunidades de empleo y de bienestar como generadores de riqueza y paz. Dentro del trabajo de la empresa se resaltan las obras sociales para el fortalecimiento de escuelas veredales, viviendas

y zonas deportivas, el respaldo a la educación y el deporte para niños y jóvenes. La proyección del modelo está focalizada en los sueños de sus líderes en continuar fortaleciendo el ámbito social y en contribuir al resurgimiento de una población que ha sido golpeada por la violencia y la pobreza, además de promover una minería responsable y respetuosa con la naturaleza cuyo compromiso con la plantación de bosques y la preservación de corredores ecológicos para la flora y la fauna respalda el objetivo por el resguardo de la biodiversidad.

Es fundamental destacar que la implementación del modelo ha sido posible gracias al apoyo recibido mediante diversas alianzas estratégicas formalizadas. Entidades públicas y privadas, nacionales e internacionales, así como la academia, han contribuido en este liderazgo para que hoy se consolide un modelo de minería responsable y economía circular para la región, el país y el mundo.

«La filosofía de la hacienda ha sido trabajar de puertas abiertas, con amigos de todos los estratos, para que los procesos se hagan mejor y para el beneficio de todos» – Iván Rodríguez–.



Una minería responsable: «donde muere una mina renace un ecosistema»

La forma de hacer minería en la Hacienda Río Rayo se construye desde hace 38 años para consolidarse, con el paso de los años, en un modelo de minería responsable que contribuye a la mitigación del impacto negativo sobre la naturaleza.

La minería responsable tiene como propósito demostrar la viabilidad de lograr un equilibrio entre la explotación responsable de recursos no renovables, como el oro, y la creación de líneas productivas que generen recursos adicionales de manera sostenible.

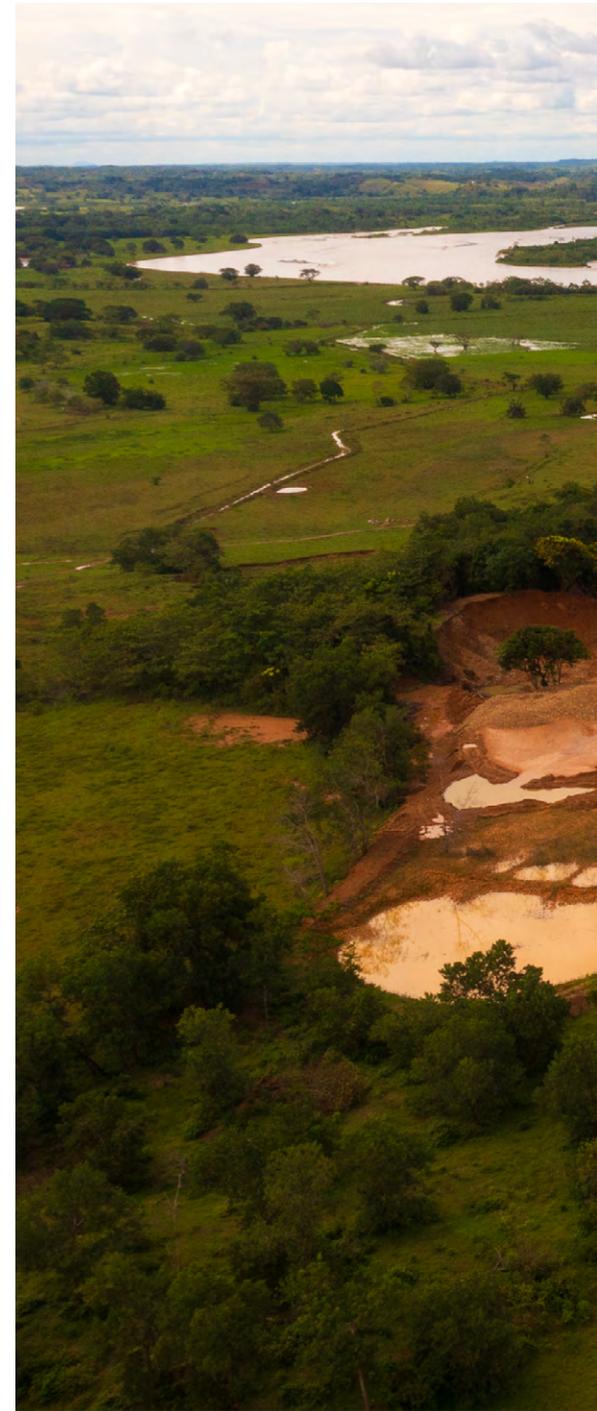
El punto de partida para establecer una mina en el marco de este modelo son los permisos adecuados según la normativa vigente. Para iniciar la extracción minera, se realiza una caracterización del mineral en el sitio, dado que de ello depende el beneficio óptimo en la actividad. La disponibilidad de fuentes hídricas es un requisito indispensable para la instalación de motores para el lavado del mineral, por lo cual, el agua en un recurso vital en la labor minera que requiere una gestión eficiente y responsable.

Aproximadamente 18 personas realizan despliegue por turnos entre jefes de corte, motoristas, chorreros, vuelteros y operadores que visitan cada día la mina para lograr equipos de trabajo

coordinados y armónicos. En estos destacan los líderes de la hacienda Río Rayo quienes, de manera amigable y colaborativa, dirigen, participan de las labores y están dispuestos para la resolución de dificultades. En las minas es frecuente encontrar a venteros de la región que ofrecen refrescos, dulces y otros antojos con el propósito de dinamizar su economía familiar y alegrar las pausas laborales de los mineros.

En el modelo de minería responsable de la Hacienda Río rayo se conciben las personas como actores claves dentro de un ecosistema del que también hacen parte la fauna y la flora, elementos que interactúan en el aprovechamiento de este territorio para lograr su supervivencia, la de sus familias y la de la población. De igual manera, se tiene en cuenta a la población de mineros artesanales ubicados a los alrededores de la Hacienda, como personas que conservan aún el trabajo ancestral del barequeo, a quienes se les suministra tierra para facilitar sus labores y evitar los peligros de posibles acercamientos a los frentes mineros.

Según este modelo, el lema «desde que nace la mina se motiva el nacimiento de un nuevo ecosistema» se cumple tras varias etapas; luego de que las pozas de colas se llenan con lodo y





pedrillas resultantes de la clasificadora, las piedras que no pasan la parrilla son redistribuidas para que ayuden a compactar y solidificar estas áreas que, posterior al secado y al asentamiento, dejan el suelo preparado para acoger la reforestación, proceso que en la Hacienda Río Rayo se realiza mediante un modelo mixto con especies nativas y especies foráneas, especialmente la *Acacia mangium*, responsable de la fitorremediación, puesto que permite que otras plantas nativas encuentren su espacio en esta nueva área reconfigurada.

Paralelo al inicio de la restauración del ecosistema, se devuelve la capa vegetal al subsuelo seguido de una etapa denominada paisajismo; posteriormente, se realiza el trazo para la siembra de las plántulas y se integran los demás modos de vida o líneas productivas como representación del modelo de economía circular. En la fase de reforestación, las plántulas del vivero se siembran en sustratos de suelo intervenidos en la labor minera, con el propósito de conservar su microbiota, estructura y calidad.

La actividad apícola también se vincula al proceso de restauración gracias a la instalación de colmenas de abejas

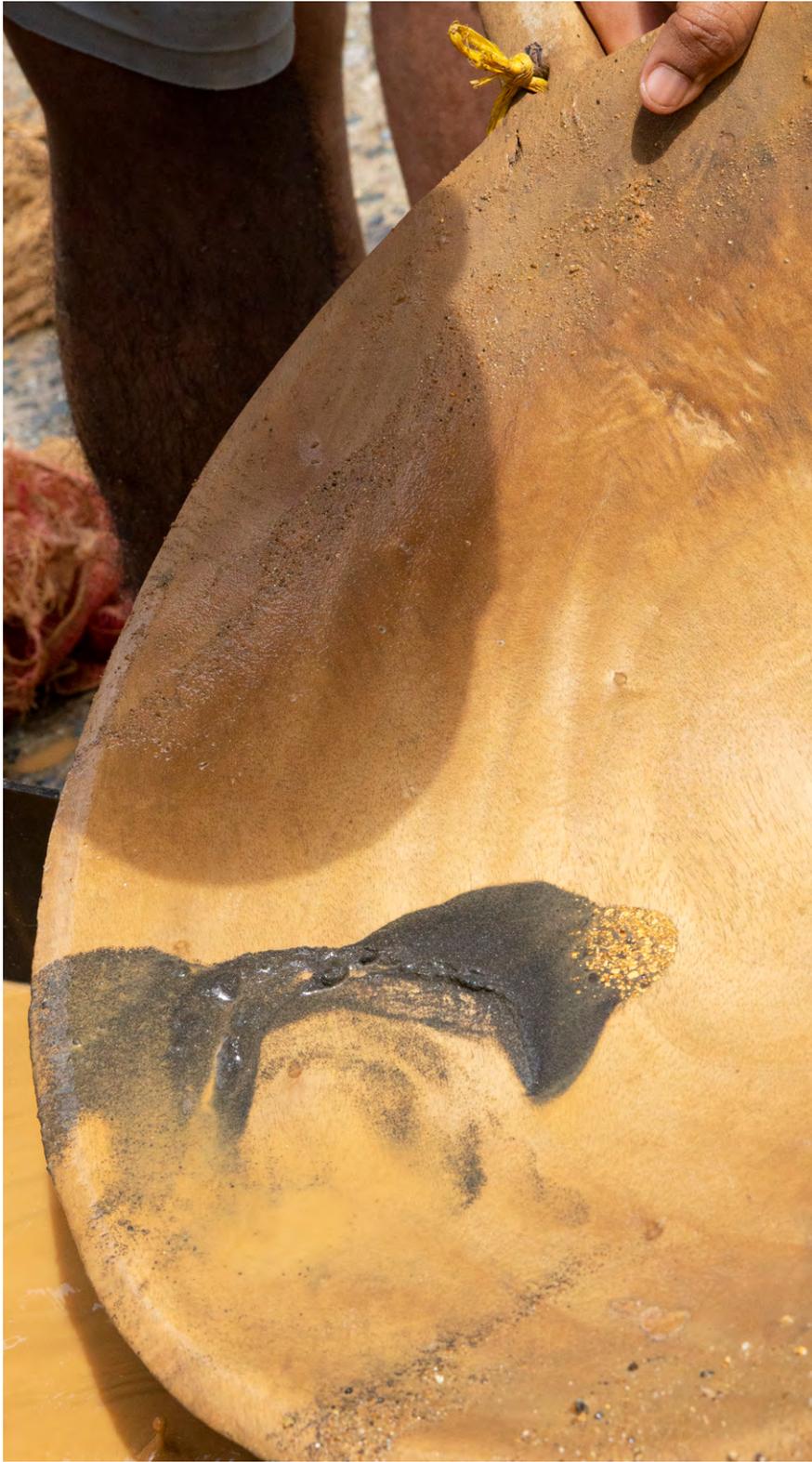
ubicadas en diferentes puntos de la finca que contribuyen a la polinización de cultivos y al mejoramiento de otras tareas agrarias, además de favorecer la producción de miel como labor productiva. La consecución de estos procesos materializa el cierre del ciclo minero en zonas de extracción.

El relacionamiento de la Hacienda Río Rayo con la labor minera se enmarca en el trabajo colaborativo con la participación de personas y familias de diversas comunidades, hecho que propicia más de 150 empleos directos y aproximadamente 600 empleos indirectos.

Gracias a sus buenas prácticas, la Hacienda Río Rayo cuenta con la certificación Swiss Better Gold, una iniciativa del Gobierno suizo en reconocimiento y promoción a la minería responsable. Esta certificación evidencia la implementación de prácticas mineras sostenibles y éticas, lo cual garantiza que el oro se extraiga de manera responsable y respetuosa con el medio ambiente, garante de los derechos humanos y laborales, y con constante apoyo a las comunidades locales afectadas por la minería de oro.







La joyería en la Hacienda Río Rayo: tradición y compromiso con la minería responsable

La joyería ha desempeñado un papel de vital importancia en el Bajo Cauca antioqueño, convirtiéndose en una actividad ya tradicional en municipios como Caucaasia y El Bagre. La excepcional pureza del oro de aluvión, conocido localmente como «corrido», ha propiciado el desarrollo de la filigrana, que se distingue por la elaboración de hilos de oro que posteriormente se emplean en la confección de cadenas.

Esta tradición se ha extendido a otros municipios de la región, incluido Tarazá. En la Hacienda Río Rayo se ha impulsado la joyería como una evolución natural de su compromiso con la minería sostenible, con el propósito de añadir valor a este mineral. Esta iniciativa está estrechamente ligada a la extracción responsable del oro, el cual se utiliza en la creación de piezas de joyería.

La línea de producción en joyería comenzó como una forma de darle valor agregado al oro, un proyecto para ofrecer oro certificado a las pequeñas joyeras; sin embargo, los sobrecostos para la fabricación de la materia prima no permitieron que fuera un negocio exitoso. Entonces, se descubrió que la fabricación de joyas podía ser una oportunidad.

El primer paso en la creación de joyería es la adquisición del metal dorado, el cual puede provenir de dos tipos de fuentes: la primera es adquiriéndolo en la Hacienda, cuyo oro resulta de la explotación formalizada y cuenta con la certificación de la Asociación Suiza de Oro Responsable, gracias a la cual es apto para circular en mercados internacionales. La segunda fuente son las barequeras, quienes extraen el oro de las orillas de ríos y arroyos próximos al municipio o de la tierra que se les entrega procedente de las minas tanto de la Hacienda Río Rayo como de otros mineros formalizados. Este oro, legalmente adquirido, se suma al flujo de materiales que alimentan la creatividad orfebre.

Posteriormente, el arte cobra vida en los talleres de artesanos expertos que destacan por su habilidad y por su compromiso con la sostenibilidad y el respeto por

el entorno natural que los rodea. En estos talleres, el oro recién obtenido pasa por una etapa de purificación. Es un ritual meticuloso en el que el metal se somete a una serie de refinamientos hasta alcanzar una pureza de 750 partes por millón (18K), un estándar necesario para la fabricación de joyas.

Una vez alcanzada la pureza deseada, el oro se mezcla con otros metales en proporciones precisas para dotarlo de distintos colores, durezas y propiedades específicas. El proceso culmina en la fundición, donde los metales se unen en fuego y calor, y la visión del orfebre cobra forma para dar diseño a las joyas.

A pesar del avance de la tecnología en la joyería moderna, en estos talleres la artesanía sigue reinando. Aunque se emplean herramientas como modelado en 3D en ciertas fases del proceso, su uso se limita al montaje de piedras para garantizar una distribución equilibrada del peso en las piezas finales. El verdadero corazón del trabajo radica en las manos expertas de los artesanos, quienes aplican técnicas manuales de conformación del metal, fundición, estirado, laminado, soldado, entre otras, para dar forma a piezas únicas de la más alta calidad. En estas creaciones, la materia cobra vida a través de la maestría del orfebre y del uso de otros materiales preciosos como esmeraldas, diamantes, zafiros y rubíes.

La joyería, como línea productiva de la HRR, es un tributo a la tradición y a las técnicas artesanales que han resistido el paso del tiempo. Es un legado cultural y social en el que el valor de cada pieza no solo reside en su belleza, o en sus componentes, sino principalmente en las historias de comunidades y ecosistemas que, gracias a su creación y comercialización, están encontrando caminos de esperanza.

En el futuro se proyecta la creación de talleres en el ámbito local liderados por mujeres joyeras de la región. Es un paso más hacia el compromiso de la Hacienda de seguir adelante impulsando la sostenibilidad y el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del Bajo Cauca.

Cultivando el suelo como nuestra fuente de vida

La minería de aluvión es una de las principales causas de la degradación del suelo, su actividad conlleva a la destrucción del suelo natural y, una vez concluida esta actividad, las características edafológicas del substrato resultan inapropiadas para el establecimiento y supervivencia de la cobertura vegetal, lo que puede conducir a la pérdida del equilibrio del suelo y de su capacidad de recuperación. Entre otros efectos, la estructura misma del suelo se ve comprometida, su porosidad disminuye y, junto con ella, la posibilidad de retener el agua, un recurso vital para cualquier ecosistema. Por este motivo, la riqueza orgánica del suelo, hogar de numerosos microorganismos esenciales para el crecimiento vegetal, se ve arrasada.

Aunque silenciados por la actividad minera, ciertas especies de microorganismos aún yacen en el suelo degradado por causas antrópicas y aguardan el momento idóneo para emerger y desencadenar el proceso de recuperación del suelo. Este es un recordatorio de la asombrosa resiliencia de la naturaleza, incluso ante los mayores desafíos impuestos por la actividad humana.

Los microorganismos son auténticos arquitectos del suelo, esenciales para su funcionamiento como un sistema biológico dinámico y para sostener la vida vegetal. Este reino microscópico está poblado por una variada gama de seres, desde bacterias hasta protozoos donde cada uno desempeña roles cruciales en el ciclo vital del suelo. Entre estos microorganismos, las bacterias, los actinomicetos, los hongos y los protozoos destacan por sus funciones distintivas.





El reconocimiento de la importancia de los microorganismos del suelo en la Hacienda Río Rayo adquiere una dimensión significativa ya que se consideran como el punto de partida para el renacimiento del bosque y la restauración del ecosistema. A estos microorganismos se les atribuye la tarea de crear un entorno óptimo para el establecimiento vegetal. Sus habilidades para fijar nitrógeno, liberar y disolver nutrientes en el suelo los convierten en los pioneros en iniciar el desafiante proceso de restauración de los suelos degradados. Este es el primer paso hacia el resurgimiento de la cobertura vegetal.

En una sincronía armoniosa entre suelo y la planta, los visitantes de la Hacienda Río Rayo pueden presenciar el asombroso espectáculo del crecimiento de plántulas de árboles. Esto ocurre incluso en suelos aparentemente rocosos, estériles y con escasa vida a simple vista. Es un testimonio de la capacidad de recuperación de la naturaleza y de la labor que desempeñan los microorganismos del suelo en la regeneración de los ecosistemas afectados por la actividad humana.

Todo esto es posible gracias a que, a una profundidad de 20 a 30 cm en el suelo, en una escala microscópica, se desarrolla una dinámica activa que escapa a la vista de los habitantes y visitantes. Se trata de la colaboración sinérgica y desafiante de una diversidad de microorganismos que trabajan en conjunto para crear las condiciones óptimas que permitan el inicio del establecimiento de una cobertura vegetal.

Dentro de este grupo de microorganismos, los protagonistas destacados son los hongos conocidos como micorrizas o «asociación micorrizal». Estos hongos establecen relaciones mutualistas con las raíces de las plantas, conectándose con ellas a nivel celular. A través de sus hifas, que se extienden tanto dentro de la raíz como en la rizosfera, forman una red compleja que establece un contacto íntimo entre el suelo y la planta. Esta asociación es crucial para el intercambio de nutrientes y agua, facilitando así el crecimiento y desarrollo saludable de las plantas.

En este vínculo mutualista planta-hongo, comienza un pausado y permanente beneficio entre ambos seres vivos que permite su desarrollo y crecimiento al compartir y colaborar con sus

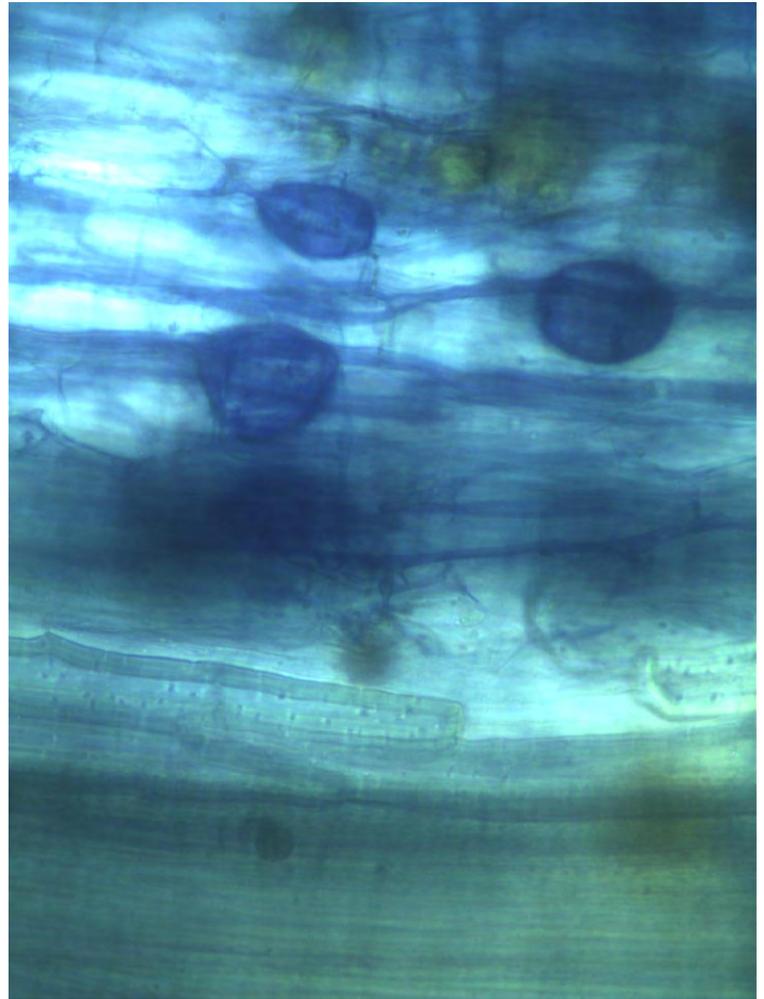
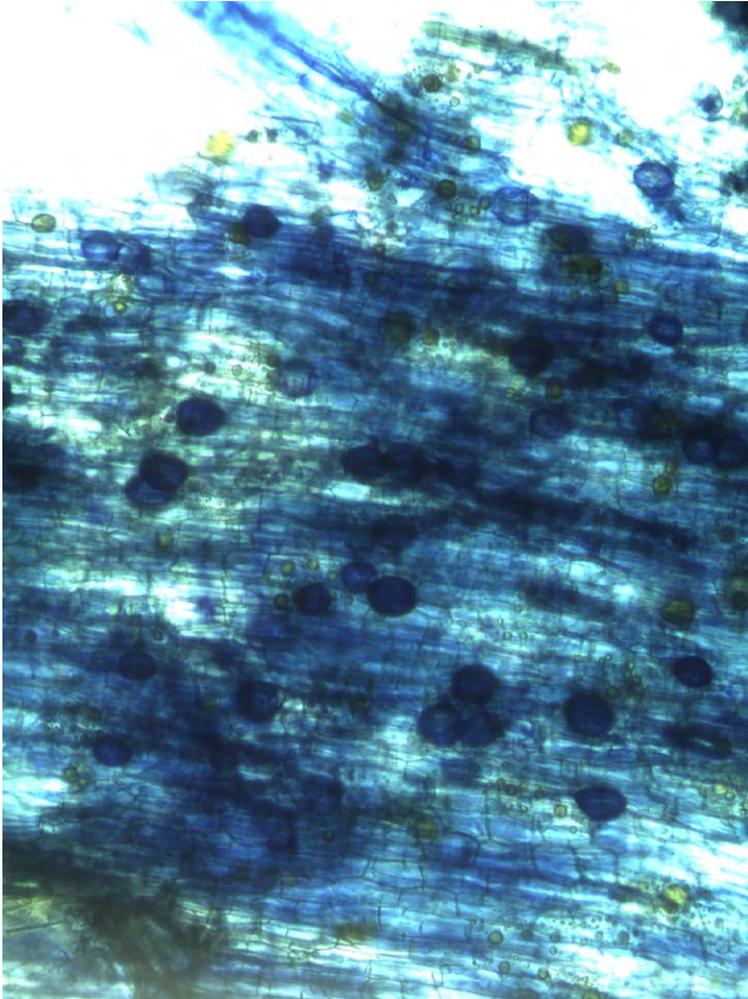
necesidades nutricionales y que, finalmente, culmina con el crecimiento de la *Acacia mangium*, y de árboles nativos entre las rocas y el suelo que se despierta y activa después de la actividad minera. Esta simbiosis mutualista se logra debido a que la planta suministra moléculas de alta energía a los hongos, como azúcares, a partir de sus procesos de fotosíntesis, y los hongos con sus hifas extra-radicales, de crecimiento muy elongado, exploran un mayor volumen de suelo, actuando como raicillas que le permiten llegar a micrositios donde una raíz no alcanzaría, aumentando así la eficiencia en la absorción de agua y nutrientes, en especial de fósforo, que generalmente se encuentran en bajas concentraciones en dichos suelos.

Este nuevo entorno del suelo que provoca la actividad micorrícica favorece de manera significativa la dinámica de la población microbiana del suelo, la supervivencia de las plantas reforestadas, la aparición de nuevas especies vegetales y el inicio de su recuperación para, posteriormente, dar origen al bosque y a la vida que constituye un ecosistema.

Toda la microbiota del suelo presente especialmente en la rizosfera exhibe habilidades biorremediadoras, como la mejora en el pH del entorno, la reducción del tamaño de partículas de la roca para la formación de minerales en el suelo, el aumento de la lixiviación de metales, la intensificación de la disolución de rocas y minerales mediante la segregación de ácidos orgánicos volátiles y no volátiles, y la fijación de nitrógeno.

Otros microorganismos que cumplen un importante protagonismo en la restauración del suelo minero de la hacienda Río Rayo son las bacterias del género *Rhizobium* que también establecen una asociación simbiótica mutualista con plantas especialmente leguminosas. Estas bacterias proliferan en el suelo y son capaces de fijar nitrógeno atmosférico (N_2), elemento vital para la nutrición de las plantas.

Las bacterias realizan esta notable tarea a nivel de la raíz en un espacio propio, llamados nódulos, que se pueden observar a simple vista, allí acumulan el nitrógeno que toman de la atmósfera y lo convierten en amoníaco disponible para la nutrición de la planta. Los nódulos actúan como fábricas productoras de



Fotos: Carlos Adrián Lopera

uno de los elementos nutricionales más importantes para el crecimiento vegetal, el nitrógeno, que puede ser tomado por la planta de manera directa o liberado al suelo cuando los nódulos se rompen tras su muerte. La fijación de nitrógeno atmosférico por parte de microorganismos incrementa la fertilidad y la productividad en los suelos, soporte nutricional para las plantas y las redes tróficas que se derivan.

La *Acacia mangium*, que habitantes y visitantes de la hacienda Río Rayo observan en los terrenos del programa de reforestación, tiene los dones que le obsequia la naturaleza, su capacidad para establecer simbiosis mutualistas con hongos micorrízicos y con bacterias fijadoras de nitrógeno, le otorgan la competencia para adaptarse en diferentes condiciones climáticas y edáficas, y le permiten su atribución como especie pionera en la rehabilitación de suelos degradados.

Es así como en la Hacienda Río Rayo se reconoce y valora la asociación simbiótica entre bacterias nitrificantes y hongos micorrízicos, ya que esta colaboración facilita la restauración de la vida vegetal en los suelos. Es esencial comprender que el entendimiento de estos procesos en ámbitos microbiano y vegetal ha brindado perspectivas y resultados alentadores para la rehabilitación de suelos degradados, con implicaciones significativas para la sostenibilidad ambiental y para la productividad agrícola.



Vivero y reforestación: un compromiso en la Hacienda Río Rayo

El Bajo Cauca concentra una alta deforestación debido a la conversión de bosques naturales para minería, usos agropecuarios, infraestructura vial no planificada y extracción ilegal de madera, labores que impactan de forma negativa amplias extensiones de bosques naturales.

En esta zona, la desconexión natural generada por la tala de bosques entre el Nudo del Paramillo y la Serranía de San Lucas interrumpe los corredores boscosos e impide el tránsito de especies de fauna vitales para la salud y el equilibrio de los ecosistemas como el jaguar y otros grandes felinos; por lo tanto, se requieren acciones que propendan por la regeneración y restauración de los ecosistemas donde

habitan los felinos y especies en lo alto de la cadena alimenticia que, con su presencia, indican la coexistencia de otras especies menores. De esta forma, el incremento de la cobertura vegetal y la conexión entre fragmentos de bosques facilitan la movilidad y el asentamiento de la fauna silvestre y la permanencia del jaguar a lo largo de las serranías.

Con el propósito de integrar la minería de aluvión con prácticas sostenibles, la Hacienda Río Rayo –HRR– estableció un modelo innovador de reforestación que promueve la economía circular, mitiga los impactos ambientales y favorece el tránsito y permanencia de la fauna. Este enfoque plantea que, con el cierre de una mina, se da el nacimiento de un nuevo ecosistema. Para la consecución de este



objetivo, la siembra de especies forestales con alto potencial de regeneración, las prácticas de cultivo de plantas en vivero y la apicultura se erigen como actividades idóneas para restaurar los ecosistemas afectados.

El proceso de reforestación en la Hacienda inicia con la siembra en vivero, etapa que se conoce como el punto de vida, en el que además de la germinación y plantulación de árboles se elaboran los biopreparados necesarios para los procesos de siembra. Actualmente, el vivero tiene una capacidad para producir hasta 10 000 plantas en dos meses, con especies que se adaptan fácilmente al terreno. La selección de las especies se hace de manera cuidadosa, teniendo en cuenta el potencial de regeneración del suelo y del ecosistema.

La *Acacia mangium* es la especie que se emplea en mayor porcentaje para la reforestación, dada su capacidad melífera, sus cualidades como especie maderable y sus beneficios para la restauración de los suelos. Además, se ha observado que no presenta un patrón invasor y permite que las plantas nativas se establezcan de forma sana. Otro porcentaje corresponde a plantas nativas cuyas semillas se recolectan en campo directamente, de acuerdo con las condiciones climáticas y la floración de los árboles; es el caso de especies como el orejero, la tolúa, el roble y el polvillo. Además, se siembran árboles frutales como aguacate, coco, guamo, guanábana, algarrobo y guayaba para el consumo de la fauna y para contribuir a la seguridad alimentaria de la comunidad cercana.

La germinación de las semillas cuenta con varias técnicas, algunas plántulas crecen rápidamente en una mezcla de tierra y arena en tan solo 20 días; otras se siembran en bolsas de vivero con un sustrato de tierra colorada, aluvión y micorrizas. Las plántulas permanecen en el vivero hasta alcanzar unos 35 centímetros

de altura, proceso que tarda alrededor de dos meses. En este período se riegan y vigilan de cerca para detectar cualquier aparición de insectos u hongos que se puedan tratar para que las plantas crezcan sanas.

La plantación se realiza en áreas deforestadas por la minería, potreros y zonas desprovistas de bosque. En estos terrenos se trazan líneas y se definen los lugares para sembrar en cuadrado, mediante remoción de tierra en áreas de 30 cm de ancho por 30 cm de profundidad, se nutren con abono y, posteriormente, se podan las raíces de la planta para, finalmente, sembrarlas. Los árboles plantados se vigilan durante 15 días con el fin de verificar el estado de crecimiento y las posibles amenazas; el mantenimiento se realiza cada mes y medio, aproximadamente, hasta que los individuos alcanzan los tres metros.

En los terrenos degradados por la actividad minera, se lleva a cabo el cierre de la mina mediante un proceso de paisajismo para delimitar la zona, lo que facilita la determinación de la cantidad de material necesaria para la reforestación. El paisajismo implica la unificación del terreno utilizando maquinaria o rellenando los huecos resultantes de la labor minera.

De esta manera, el vivero desempeña un rol fundamental en la Hacienda Río Rayo como depositario de semillas nativas y proveedor de plantas en los esfuerzos de conservación de la biodiversidad.

Alineada a la reforestación, la apicultura es una actividad complementaria en la restauración de suelos con la instalación de colmenas de abejas. Las plantaciones de *Acacia Mangium*, que desde hace más de veinte años han formado parte del proceso de reforestación, le confieren al entorno de los apiarios una característica especial en la producción de miel. Los beneficios y utilidades



de esta especie se extienden hacia la fabricación de las colmenas en madera de *Acacia* que proviene de las explotaciones de los cultivos forestales en la Hacienda. De esta forma, se contribuye a la naturaleza y al medio ambiente por medio de la protección de los bosques nativos.

Además del impacto ambiental positivo de la restauración del bosque, el trabajo realizado tiene un efecto alentador en la comunidad local dado el enfoque social en el manejo del talento humano. Con la inclusión local, se prioriza la contratación de personas principalmente de la zona donde se encuentra el vivero, con condiciones laborales justas, participación comunitaria y equidad de género para garantizar

la presencia igualitaria de hombres y mujeres, así como políticas de prevención en la discriminación de género. En este sentido, el trabajo colaborativo con fundaciones de la región ha permitido que mujeres emprendedoras y madres cabeza de hogar encontraran en el vivero un espacio de trabajo y desarrollo para contribuir al cuidado de la naturaleza y al bienestar de sus familias y comunidades.

Este trabajo asumido por la Hacienda Río Rayo ejemplifica el poder transformador y la apropiación social en el contexto de la reforestación. Su responsabilidad y compromiso no solo devuelve la vida a los paisajes desolados, sino que además inspira a otros a unirse a la causa para un futuro más verde y próspero para todos.





«Acá me desempeño como el encargado de la reforestación. Me dedico a sembrar las áreas deforestadas por la minería, así como potreros y zonas donde no hay bosque.

Durante los 5 años que he estado acá he liderado la siembra de aproximadamente 30 000 árboles nativos. Lo que yo hago acá es recuperar. Lo que más me encanta es que lo que yo estoy haciendo es sembrando para recuperar oxígeno, porque en las áreas donde hay minería no queda ni un árbol, entonces sembrando y cuidando en un par de años tenemos sombrío y luego esos árboles van soltando hojas que recuperan el suelo. Y así van regresando los animalitos, los pajaritos van comiendo semillita, los perezosos, los micos, el gurre. Así mismo, estoy generando empleo en vivero y en campo tanto para hombres como para mujeres.

Yo antes trabajaba en ganadería y me dio por volver a la reforestación. Me decían que ya estaba muy viejo pa´ eso, pero yo digo, viejo me voy a poner acá porque trabajo muy suave, a mí me gusta es el trabajo duro porque el cuerpo lo necesita. Y además así voy trabajando por el bien del planeta tierra».

Testimonio de Eller Villanueva 52 años. Trabaja hace 5 años en la Hacienda a cargo de la reforestación.

Apicultura: un caso de éxito

La incursión en la apicultura de la Hacienda Río Rayo se remonta al año 2010, cuando surgió como respuesta a la búsqueda de una alternativa para la polinización en el campo, al fortalecimiento de la reforestación motivada por la minería y a la necesidad de una nueva fuente de ingresos para la comunidad. Su origen en la Hacienda es consecuencia de las plantaciones de *Acacia mangium*, especies que han formado parte del proceso de reforestación y que le brindan una cualidad especial en la producción de miel al entorno de los apiarios.

Las 700 hectáreas de bosques con las que cuenta la Hacienda Río Rayo están conformadas por una amplia biodiversidad de especies nativas y plantaciones de acacia y caucho, características que le otorgan un gran potencial para el desarrollo y el fomento de la apicultura. Teniendo en cuenta que la apicultura y el cuidado del medio ambiente están interconectados de diversas maneras, la preservación de las abejas y la promoción de prácticas apícolas sostenibles son esenciales para mantener la riqueza biodiversa, asegurar la producción de alimentos y fomentar la conciencia ambiental.

Por ello, la apicultura, con su capacidad de integrarse de manera armoniosa con diversos sistemas de vida y desarrollo, se convirtió en un pilar fundamental en la Hacienda Río Rayo, y las abejas, con su habilidad para pecorear néctar y polen sin competir con otros insectos o animales, son el principal

polinizador de las plantas, asegurando así la continuidad de la naturaleza y la disponibilidad de alimentos para las futuras generaciones.

En Río Rayo, el establecimiento de la apicultura inicia con la selección de los sitios donde serán ubicados los apiarios, para lo cual se tienen en cuenta variables como tiempos de sol y sombra, dirección de las piqueras, corrientes de aire, espacio libre frente a la colmena, fuentes cercanas de polen y néctar, y disponibilidad de fuentes de agua. Luego se establece un plan logístico que abarca las 1000 hectáreas de la Hacienda para asegurar el acceso a los apiarios bajo las cambiantes condiciones ambientales. Esta red de senderos facilita el transporte de la miel y la entrada de suministros, además de garantizar el acceso de los apicultores para el asesoramiento técnico especializado. Estas consultas son cruciales para mantener la salud y productividad de las colmenas.

La Hacienda no se limita simplemente a recolectar miel y suministrar insumos, abraza un enfoque de economía circular que impulsa la sostenibilidad y fortalece la apicultura en toda la región del Bajo Cauca. Para hacerlo, ha establecido el diseño y la fabricación de colmenas como el principal producto del aserrío, una iniciativa que favorece a la Hacienda misma y le permite mantener vínculos con la mayoría de los proyectos apícolas del Bajo Cauca.



Esta labor apícola no solo ha brindado beneficios ambientales, sino que también ha generado una nueva fuente de ingresos para la comunidad. Por medio de la obtención de productos como polen, jalea real, propóleos y mieles se han diversificado los medios de vida y se han creado oportunidades económicas adicionales. Gracias a la capacitación y asociatividad de los apicultores, así como a la implementación de innovaciones técnicas, se ha logrado mantener una producción estable y sostenible. Esto ha creado un efecto significativo en las economías locales, con millones de jornadas laborales generadas y un aumento en el bienestar de las familias que ampara el entorno social, principalmente con la finalidad de ofrecer a la sociedad otras alternativas de ingreso dirigidas al núcleo familiar. A partir de la idea de llevar la apicultura a la comunidad, Río Rayo ha realizado proyectos en alianza con organismos nacionales e internacionales, gracias a su papel de liderazgo en los procesos logísticos de cada proyecto y en las capacitaciones técnicas en apicultura que estos conllevan.

Este aporte por medio de la apicultura a la comunidad se ha caracterizado por el trabajo conjunto y colaborativo en el que la

sociedad tiene un papel protagónico, pero particularmente en los núcleos familiares como apicultores regionales. Una de las características más importantes de la actividad en el Bajo Cauca es que se lleva a cabo en el ámbito familiar involucrando principalmente a las mujeres. En este sentido, la consolidación de la apicultura reduce la desigualdad de oportunidades relacionadas al género, además de beneficiar la unidad familiar y el trabajo asociativo como agente unificador. De esta manera, la Hacienda ha respaldado a muchas familias en la región, facilitando una nueva fuente de ingresos y disminuyendo la influencia de actividades ilegales en ella.

La apicultura en la Hacienda Río Rayo es un ejemplo inspirador de cómo una actividad económica puede estar estrechamente vinculada con la preservación del medio ambiente y el desarrollo sostenible. A través de ella se ha logrado fortalecer la biodiversidad y fomentar la conciencia ambiental en la comunidad. Es un testimonio vivo de cómo la naturaleza y el ser humano pueden coexistir en armonía, trabajando juntos para recuperar los ecosistemas afectados por la actividad minera.

«Mi nombre es Nubia del Carmen Guerrero Quiroz, nacida en el municipio de Montelíbano Córdoba. Llegamos con mi familia al municipio de Tarazá específicamente al corregimiento de Puerto Antioquia en 1988, desplazada por el conflicto armado en su tiempo. Para el 2017 comencé a trabajar con las abejas y se me presentó la oportunidad de ser beneficiaria de un proyecto de apicultura y conformarnos la asociación AGROAPITA en la que comencé siendo tesorera.

Para el segundo semestre del 2018 contaba con una unidad productiva de apicultura en crecimiento. Como para estas cosas se necesitaba tierra afortunadamente siempre he contado con el apoyo de Iván Rodríguez quien me permitió tener mis abejas en sus tierras, donde actualmente continúan. Me gradué de Psicóloga en el 2019, con mi unidad productiva en producción y ya en una asociación consolidada y productiva. En el presente estoy laborando en la Secretaría de Salud, sigo apoyando el liderazgo de mi asociación, y emprendí recientemente una nueva unidad productiva en apicultura. Resalto la gran labor que la Hacienda ha hecho para impulsar a muchas familias que hemos pasado por su sistema de oportunidades laborales en minería, agricultura, aserrío, piscicultura y apicultura».

Testimonio de Nubia del Carmen Guerrero Quiroz.

Aserrío: valor agregado de los bosques recuperados

Hace 13 años llegó a la Hacienda Río Rayo una invitación innovadora hecha por Corantioquia y la Reforestadora Integral de Antioquia (RIA). Esta tenía su fundamento en la necesidad de procesar 500 hectáreas de *Acacia Mangium*, sembradas y listas para cosechar en bosques donde los árboles crecían altos y vigorosos mientras desempeñaban un papel crucial en la recuperación de los suelos que un día fueron afectados por la minería. El desafío era encontrar la manera de aprovechar los beneficios económicos de la madera que se derivaba de estas plantaciones. El aserrío de la Hacienda Río Rayo comenzó a construirse en el año 2011 como un proyecto visionario que prometía crear un equilibrio entre la recuperación ambiental y el desarrollo económico, brindar nuevas oportunidades a la comunidad y poner en el mercado productos de calidad.

Los retos y oportunidades que se abrieron entonces fueron inspiradores. La conexión entre la minería y la reforestación era evidente. A través de los años, la reforestación con *Acacia* se ha consolidado como un paso esencial en las operaciones de la Hacienda después de las actividades mineras, ya que aporta a la rehabilitación ecológica del suelo y la

vegetación, promoviendo el desarrollo de comunidades vegetales que se fortalecen en términos de su estructura biológica y diversidad. Esta práctica ha demostrado ser una estrategia efectiva para la recuperación ambiental y ha sentado las bases para la responsabilidad con la naturaleza a largo plazo.

Así, este sueño del aserrío empezó mediante la identificación de las oportunidades económicas que el mercado ofrecía para la comercialización de productos como colmenas, pisos, techos y marcos para puerta. De esta forma, se podía contribuir en la construcción de tejido social en la región, manteniendo el compromiso de aportar a la generación de empleo y al beneficio de los trabajadores en temas como la dignificación de su trabajo, la creación de ambientes laborales responsables con sus derechos y su seguridad, y el mejoramiento de su calidad de vida y el de sus familias. En esta tarea, el aserrío ha ofrecido posibilidades para la inclusión en el ámbito productivo de madres cabeza de familia, víctimas de conflicto armado, entre otros, aplicando principios relacionados con la asociatividad con la que se busca que todos participen del progreso de la Hacienda.



El aserrío se estableció inicialmente como un punto de acopio de la madera. La elección de su ubicación no fue una decisión fácil debido a que en algunas partes de la Hacienda no había acceso a suficiente energía para operar las máquinas necesarias y su instalación en un lugar fuera de ella resultaba costoso.

Las actividades del aserrío se desarrollan actualmente en un espacio de trabajo distribuido en las siguientes áreas: cuatro zonas de almacenamiento organizadas para la madera seca, las colmenas, el carbón vegetal y los productos terminados; un sitio de maquinaria; cinco cámaras de secado de la madera; un área para la máquina sinfín; un espacio para el control de la madera que ingresa al aserrío y una zona de ensamble donde se terminan los productos. Finalmente, la caldera que alimenta de calor a las cámaras de secado se encuentra ubicada en la parte externa del aserrío en constante funcionamiento.

A lo largo de sus 12 años de marcha, este proyecto ha generado múltiples beneficios para la Hacienda y la comunidad local. Su operación ha creado empleos para muchas personas como una fuente de ingresos estable para las familias de la región. Además, la

comunidad ha tenido acceso a productos de alta calidad fabricados en el aserrío como colmenas, marcos de puertas, tablillas para techos y pisos de casas. Estos productos no solo cumplen con altos estándares de calidad, sino que además contribuyen al desarrollo económico local al usar materias primas de la región para su producción y al ofrecer materiales necesarios para la industria de la construcción, la industria apícola y otros usos domésticos.

El éxito del aserrío es un testimonio del potencial de los proyectos de reforestación y recuperación ambiental cuando se implementan con una visión de responsabilidad social. La capacidad de transformar áreas degradadas por la minería en tierras productivas ha demostrado ser una estrategia efectiva tanto para la conservación del medio ambiente como para el desarrollo económico.

A medida que el aserrío continúa operando, se espera que siga siendo un modelo para otros proyectos similares. La combinación de restauración ambiental, desarrollo económico y beneficio comunitario representa una forma integral de abordar los desafíos de la degradación ambiental producida por la actividad minera.



Biodiversidad en Río Rayo: potencial aviturístico para el territorio

Debido a su diversidad ecosistémica, Colombia es hogar de aproximadamente el 18 % de las aves del mundo. En el cañón del río Cauca se registra la presencia de aproximadamente 290 especies de aves endémicas, casi endémicas, residentes y migratorias, gracias a la variedad climática de la región desde áreas semidesérticas hasta zonas lluviosas.

La cercanía de la Hacienda Río Rayo con el nudo del Paramillo y los gradientes altitudinales favorecen la conectividad ecológica y le aportan una riqueza biodiversa que se refleja en variedad de especies de fauna y flora que habitan su territorio.

Limitada por el río Cauca y el río Rayo, afluente del que toma su nombre, la zona donde se ubica la Hacienda era rica en cuerpos de agua y era frecuentada para actividades de pesca, debido a la exuberancia de peces y de vegetación que además poblaban sus orillas de tatabras, nutrias y chigüiros. Sin embargo, este escenario pronto se vio eclipsado por la minería ilegal. En la década de los 80, la minería informal que irrumpió en la región transformó la tierra fértil en suelo inerte. En 1994, una alianza con Corantioquia marcó el inicio de un ambicioso proyecto de reforestación que representó el primer paso hacia la recuperación de la tierra devastada. Lo que una vez fueron pastizales y minas clandestinas, con el

correr de los años se convirtieron en bosque. Este fenómeno de intervención de la tierra configura un mosaico de paisajes transformados que propicia la diversidad de aves asociadas a la ocupación y al uso de los ecosistemas por la sociedad.

En su extensión, la Hacienda cuenta con una amplia diversidad de ecosistemas entre los que se hallan humedales, bosques de galería, bosque húmedo tropical, tierras bajas y bosques de regeneración que albergan heterogeneidad de especies. Las más de 270 especies de aves que se han avistado en la zona obedecen en gran medida a esta riqueza de hábitats en una distancia relativamente corta, lo cual favorece el desempeño de diferentes funciones ecológicas realizadas por ellas, como dispersión de semillas, control de poblaciones y polinización de las plantas que contribuyen a la buena salud de los bosques.

En 2022, en un primer acercamiento al inventario de especies de la Hacienda, se pudo constatar la presencia de aves como *Thamnophilus nigriceps*, *Coccyzus minuta*, *Sakesphorus canadensis*, *Ibycter americanus*, *Odontophorus gujanensis*, *Manacus vitellinus*, *Terenotriccus erythrurus* y otras especies acuáticas y de tierras bajas. Un potencial fascinante en un lugar que logró superar la degradación del suelo.



Fotos: Federico Rodríguez



Fotos: Federico Rodríguez

Las características biodiversas de la Hacienda, además de la extensión de hectáreas de bosques y la ubicación de senderos que antes se utilizaban como vías de transporte de materiales, propician un escenario idóneo para el desarrollo del aviturismo, actividad que se erige como alternativa económica a labores ligadas a minería ilegal y a los cultivos ilícitos que aún se mantiene en la región y que son la fuente de ingresos para muchas familias que no tienen acceso a otras posibilidades.

Con la idea de introducir el aviturismo en la región, se emprendió la tarea de establecer una línea base de aves, anfibios, reptiles y mamíferos. Los recorridos y el uso de cámaras trampa evidenciaron una riqueza inesperada. Hasta el momento, se ha registrado la presencia de 268 especies de aves que destacan una notable diversidad, entre ellas: *Crax alberti*, *Habia gutturalis*, *Trogon cupreicauda*, *Trogon melanurus*, *Dendrocolaptes sanctithomae*, *Nemosia pileata*, *Circus buffoni*, *Spizaetus tyrannus*, *Geothlypis aequinoctialis* y 20 especies de mamíferos (puma, yaguarundí, tatabras, guaguas, entre otros), son algunos de los

hallazgos que demuestran con éxito el proceso de regeneración del ecosistema.

En uno de los eventos de registro de aves más importantes del mundo, el Global Big Day, que convoca a miles de pajareros de todos los países a avistar las aves en sus territorios durante un día, se rastrearon cerca de 138 especies, lo que significó que la Hacienda se ubicara en el puesto tres en Colombia y el primero en Antioquia, una noticia que promete cambiar el panorama de la región y de Tarazá como municipio asociado casi exclusivamente a cultivos ilícitos, violencia y minería ilegal.

La puesta en marcha de la experiencia turística en la Hacienda Río Rayo está poniendo de manifiesto la necesidad de involucrar a la comunidad local, hecho que llevó a que trabajadores de la zona que antes se dedicaban a la minería y a la cacería se involucren en actividades de guía y recepción de turistas, un hecho que revela transformaciones humanas, cambios de paradigma y respalda procesos de conservación, una muestra de que la conexión con la naturaleza puede cambiar vidas.

Seguridad alimentaria: una apuesta para la comunidad

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial para la Salud (OMS), la seguridad alimentaria se refiere a la situación en que todas las personas tienen acceso físico, social y económico a suficientes alimentos seguros y nutritivos que satisfacen sus necesidades dietéticas y preferencias alimentarias para llevar una vida activa y saludable (2022).

En esta tarea es importante que los productos no sólo sean rentables, sino que además puedan satisfacer las necesidades de los consumidores sin comprometer los de las futuras generaciones, promoviendo el crecimiento económico de la mano del cuidado del ambiente y el bienestar social.

La Agencia de Renovación del Territorio –ART– sostiene que la subregión del Bajo Cauca presenta índices altos de inseguridad alimentaria, configurándose en un tema de vital importancia (2023). Estas comunidades se encuentran permanentemente en riesgo, asociado esto, además, a otros elementos como el estado de las vías, inundaciones y otros fenómenos naturales que pueden afectar la comercialización de los productos y los ingresos de las familias de pequeños productores.

Uno de los retos más importantes para superar la vulnerabilidad social en el Bajo Cauca es el relacionado con la nutrición. El acceso a una canasta de alimentos básica se convierte en un desafío en la región para mejorar el bienestar, superar la pobreza y garantizar la seguridad alimentaria de la comunidad.

Iván Rodríguez, líder y uno de los propietarios de la Hacienda Río Rayo, afirma que es de vital importancia aportar a la solución de este problema y mejorar la competitividad y la producción de alimentos en el Bajo Cauca. Para ello, y desde la experiencia en la Hacienda, se han materializado diferentes acciones desde las actividades agrícolas que han generado un conocimiento importante para la definición de la estrategia de una seguridad alimentaria para la comunidad. Con lo anterior, se han identificado dos factores en la agricultura: las ventajas absolutas y las ventajas comparativas.

Las ventajas absolutas se basan en factores determinantes dados por la naturaleza. Hacen referencia a la capacidad de producir más que los demás y a un menor costo porque las condiciones climáticas y atmosféricas en un lugar específico son las ideales para



producir un cultivo determinado. Este factor está influenciado por elementos como temperatura, energía solar, precipitación, viento, entre otros.

Los resultados muestran que en el Bajo Cauca la temperatura tiende a ser similar durante todo el año debido a su ubicación y a la misma latitud en el territorio. De manera similar, la energía solar también está influenciada por las latitudes y altitudes, lo que hace que en la región estas condiciones se mantengan estables todo el año. La humedad del aire varía ligeramente entre los municipios y está influenciada por los cuerpos de agua, lagunas y la cercanía a los bosques, donde la humedad es mayor. El régimen de precipitación y la tasa de evapotranspiración se mantiene estable también. Aprovechar estas ventajas ambientales puede contribuir a incrementar la producción de algunos alimentos y la competitividad en el mercado.

Es por ello que, para definir qué alimentos sembrar en el Bajo Cauca, es importante tener en cuenta las condiciones climáticas, la humedad y la radiación solar en la región, ya que son condiciones dominantes que se mantienen estables durante todo el año, con poca variación entre junio y diciembre, y que pueden favorecer o no en la productividad de algunos cultivos.

Según publicaciones de las Naciones Unidas (2022), la competitividad en el mercado se refleja en la productividad por trabajador ajustada en relación con el costo de los países. Esto implica que una región más competitiva se convierte en una fuente económica de mayor producción de alimentos y productos agrícolas, lo que a su vez puede resultar en una mejora en los costos comerciales y brindar mayores oportunidades a las comunidades.

Otros factores para garantizar competitividad y aportar al mejoramiento de la seguridad alimentaria en el Bajo Cauca son las ventajas comparativas, asociadas a aquellos elementos limitantes que son manejados por el hombre; lo que implica la responsabilidad del Estado, por ejemplo, en materia de seguridad e infraestructura, como las vías y la energía; y la responsabilidad de los empresarios, en términos de gestión agronómica, empresarial, de personal y financiera. Este factor se refleja en la heterogeneidad o variación estimada de las producciones agrícolas relativas por trabajador entre las regiones, municipios o fincas. En este sentido, cuando una región cuenta con productividades por trabajador parecidas, las diferencias entre los precios son menores.



Al respecto, Iván Rodríguez señala que para mejorar la competitividad y la productividad se deben tener presentes las ventajas comparativas y absolutas de los municipios y fincas. Recomienda que en la región se implemente y se priorice la agricultura de las oleaginosas, por ser plantas que ofrecen una gama de usos en alimentos, economía e industria y que, además de ser fuente de aceites vegetales para la dieta, su utilidad se extiende a sectores como la cosmética y la farmacología, entre otros.

Desde este punto de vista, la apuesta productiva para favorecer la seguridad alimentaria en el Bajo Cauca es el cultivo de plantas que respondan favorablemente a las condiciones naturales o ventajas absolutas de la región, es decir, que acepten los calores del día y los calores de la noche, sin mucha variación, con una humedad alta y con el brillo solar que se presenta. Además, se debe tener en cuenta que estas condiciones determinantes son constantes todo el año, lo que garantiza el éxito de ciertos

cultivos. De manera particular, las oleaginosas más conocidas en la región son el cocotero y la palma de aceite, entre otros, que aportan semillas o frutos que contienen aceites y grasas significativas para el ser humano, pues son fuente de energía, vitaminas y minerales que ayudan a prevenir enfermedades.

En consonancia con esto, los cultivos de oleaginosas pueden ser producidos en asocio con la ganadería regenerativa que, de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) «es la producción basada en el aprovechamiento de los servicios ecosistémicos y los procesos naturales, que optimiza el uso de los recursos renovables locales e implica que se utilicen principios relacionados con la gestión adecuada del suelo y de los rebaños, con la salud humana y de los ecosistemas, así como con la resiliencia de los sistemas alimentarios» (2023).

En esta línea de ideas, se debe mencionar también que la ganadería es un renglón productivo muy ligado a la cultura



del Bajo Cauca, donde esta actividad se ha desarrollado por mucho tiempo. Específicamente, en la Hacienda Río Rayo se recomienda la ganadería bufalina, puesto que presenta una eficiencia ruminal superior, sus bacterias en el rumiar son más eficientes y, por ello, necesitan menos materia seca que otro tipo de ganado para aumentar su peso y ganar en carne.

En el marco del Modelo de minería responsable y economía circular de la Hacienda Río Rayo se recomienda que cada aspecto relacionado con la productividad y la rentabilidad asociados con la seguridad alimentaria deben ser analizados en función de las ventajas comparativas y absolutas con que se cuenta en una unidad productiva, bien sea municipio, finca o región, de esta manera se determinarán las formas efectivas y óptimas de producir y comercializar alimentos. Los cultivos de oleaginosas y ganadería bufalina representan mayores ventajas y, por ende, puedan aportar a la erradicación de la

pobreza, el cuidado del ambiente y el desarrollo social.

A partir de los principios de las ventajas absolutas y comparativas de los productos agrícolas, y desde el compromiso de responsabilidad social de la Hacienda Río Rayo, en sus terrenos se dispone de cultivos de pancoger como coco, aguacate yuca, cítricos, maíz, frijol, entre otros, a disposición de los habitantes de la región para suplir sus necesidades alimenticias. Estos cultivos son manejados desde normativas agroecológicas, logrando producciones importantes sin el uso de agroquímicos o pesticidas.

La filosofía de considerar al trabajador como parte de la familia, preocuparse de su bienestar, vivienda y alimentación se remonta a la crianza de Mabel y Jorge Iván, padres de la familia Rodríguez Jaramillo, quienes de manera permanente infundían en sus hijos «sembrar y sembrar para que la gente coma». «La Hacienda Río Rayo es una continuidad de los ideales, trabajo, tesón y dedicación de nuestros padres», comenta Iván Rodríguez.



Responsabilidad social y ambiental con el entorno: surgiendo juntos

La Agencia de Renovación del Territorio ha catalogado a Tarazá como uno de los municipios más afectados por la violencia, la pobreza, las economías ilícitas y la debilidad institucional (municipios con potencial para implementar Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial –PDET–) y, así mismo, lo ha hecho con las subregiones del Bajo Cauca y el Nordeste antioqueños (ART, 2023). Esto se suma a una dinámica de deforestación en el contexto municipal que ha acabado con 20 000 hectáreas de cobertura arbórea durante los últimos 20 años, según datos de Global Forest Watch (2023).

La Hacienda Río Rayo ha coexistido con esta desafortunada realidad y ha logrado proponer, en medio de la adversidad, escenarios que hacen posible historias esperanzadoras de sostenibilidad. El estilo de liderazgo ha dado importancia a que las distintas labores de la Hacienda se integren y se enraícen en el contexto desde el cual viene surgiendo. La clave para que esto haya sido posible ha sido la determinación de crecer de la mano con las comunidades y los ecosistemas, en lugar de hacerlo a costa de ellas.

En relación con el medio ambiente, la Hacienda ha destinado sus recursos para reforestar más de 600 de las 1 000 hectáreas que la componen, con el fin de recuperar la cobertura boscosa sobre

terrenos que previamente habían sido afectados por las actividades mineras y ganaderas. Así mismo, ha creado y sostenido, de la mano de asociaciones locales, un vivero que continúa siendo proveedor de las plántulas necesarias para sembrar nuevos bosques. En las áreas recuperadas ha activado el ecoturismo.

Paralelamente, destina recursos con el fin de mantener una investigación para la acción climática. Con esta se busca, principalmente, encontrar maneras en que la actividad minera pueda reducir el impacto ambiental en sus procesos. En términos puntuales, se ha avanzado en la incorporación de motores de hidrógeno, así como en nuevas tecnologías que permitan mejores prácticas de separación de minerales y metales.

Por otro lado, busca las maneras en que su crecimiento económico impacte también a las comunidades, que se vinculan directa e indirectamente con los quehaceres de la Hacienda. Adicionalmente, ha contribuido a mejorar la calidad de vida de las poblaciones cercanas, como en el corregimiento de Puerto Antioquia, principalmente, al ser el más cercano a la Hacienda y el centro más poblado en sus proximidades. Allí ha colaborado con acondicionamiento de vías, sistema de suministro de agua potable, activación y acompañamiento a programas deportivos, construcción de

infraestructura deportiva y educativa, donación de predios y de materiales para la construcción de viviendas, entre otras iniciativas que han permitido que hoy en día la Hacienda sea un lugar valorado por la población como fuente de apoyo y oportunidades.

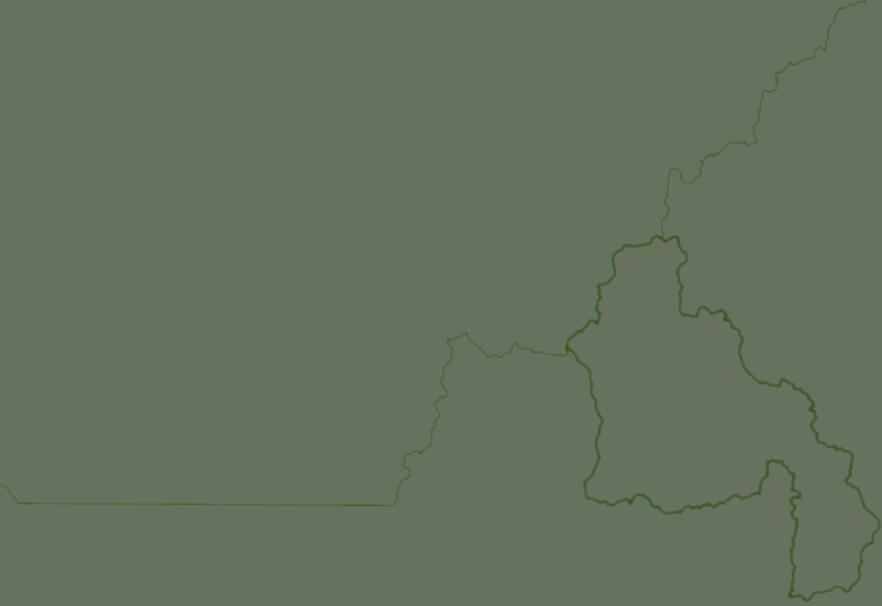
Siguiendo este modelo de trabajo, se creó recientemente la Fundación Hacienda Río Rayo, con el propósito de direccionar estratégicamente estos esfuerzos en responsabilidad social y ambiental para proyectar no solamente la hacienda sino la región hacia un porvenir que permita a esta zona del país surgir como territorio de oportunidades.

La Fundación tiene entre sus principales objetivos la creación y el posicionamiento de una reserva natural de la sociedad civil con una extensión mayor a 500 hectáreas, la apertura de mercados internacionales para la miel y otros productos derivados de la apicultura, el posicionamiento de la zona como un destino ecoturístico y la diversificación en general de los medios de vida para la comunidad. Además, busca hacer un trabajo para dirigir recursos de cooperación internacional hacia la continuación de las mejoras de la calidad de vida de las comunidades con el fin de dar continuidad a sus esfuerzos por favorecer la educación, la salud, la cultura y el desarrollo urbanístico de la región.



Referencias

- Agencia de Renovación del Territorio – ART–. (2023). Serie de Documentos Regionales Bajo Cauca y Nordeste Antioqueño. <https://centralpdet.renovacionterritorio.gov.co/wp-content/uploads/2024/02/Bajo%20Cauca%20-%20Documento%20subregional%202023.pdf>
- Global Forest Watch. (2023). Monitoreo de bosques diseñado para la acción. www.globalforestwatch.org.
- FAO. (2022). Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional. Hacia una mejor asequibilidad de las dietas saludables. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/b54c7a49-5ac3-4f1f-8baa-94dcd6ad2b60/content>
- FAO y Comisión de Desarrollo Ganadero para América Latina y el Caribe. (2023). Ganadería regenerativa. XVI CODEGALAC. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/392410d2-2e17-4bab-a87f-2e4db7e20947/content#:~:text=De%20acuerdo%20con%20la%20Organizaci%C3%B3n,locales%20y%20minimiza%20las%20externalidades>
- ONU. (2022). El estado de los mercados de productos básicos agrícolas 2022. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/048420f0-5cfb-4219-b767-2103ad34043a/content/SOCO/2022/trade-policies-costs.html>



Modelo de Minería Responsable y Economía Circular para el Bajo Cauca

Modelo de Minería Responsable y Economía Circular –MiREC–

La explotación minera es una actividad fundamental para las dinámicas sociales, económicas y culturales de nuestro país. Sin embargo, el innegable impacto ambiental que produce, así como los difíciles hábitos socioeconómicos que genera en su entorno, requieren acciones de mitigación simultáneas a las labores de explotación; por ello, es menester activar la transformación y el mejoramiento constante de los procesos mineros, de tal manera que se logre contener el deterioro de los ecosistemas y las demás problemáticas que se presentan en las regiones en las que se realiza esta actividad. Los esfuerzos emprendidos en diferentes países de América Latina y el Caribe para evitar conflictos socioambientales, así como en otras partes del mundo, manifiestan la necesidad de promover una nueva cultura minera de producción responsable en el marco de una interacción armoniosa y equilibrada entre los componentes económico, social y ambiental (Vilca-Quispe, *et al.*, 2021).

A partir de estas premisas, la Institución Universitaria Pascual Bravo y la Fundación Hacienda Río Rayo plantean un Modelo de Minería Responsable y Economía Circular –MiREC– basado en la experiencia de la Hacienda Río Rayo (HRR), una entidad que durante décadas se ha esforzado por realizar una extracción de oro de aluvión que no comprometa el devenir de las generaciones futuras mediante acciones encaminadas a la mitigación del impacto ambiental y al encadenamiento de la labor minera con otros medios de vida

El Modelo que se presenta a continuación está estructurado teniendo en cuenta conceptos claves tales como desarrollo sostenible, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), minería responsable y economía circular, en los cuales se profundizó con el

fin de encontrar lineamientos y criterios que pudieran ser usados para el análisis de acciones de producción responsable en el Bajo Cauca.

Se espera que estos resultados establezcan una línea de base para contribuir de forma significativa a la sostenibilidad ambiental, al aprovechamiento eficiente de los recursos no renovables y renovables, así como a la diversificación de los medios de vida y de las oportunidades para el desarrollo de las comunidades que habitan cerca a lugares de actividad minera.

Diseño metodológico Modelo –MiREC–

Este Modelo se basó en un enfoque cualitativo, con alcance descriptivo, respaldado por metodologías asociadas a la apropiación social del conocimiento y con orientación participativa. Con este se busca especificar las propiedades, características y rasgos destacados de los procesos de extracción responsable de oro de aluvión (Hernández, *et al.*, 2018), así como los demás procesos que se encadenan y se impulsan en torno a la minería realizada en la Hacienda Río Rayo, en el municipio de Tarazá, Antioquia.

Al ser un estudio descriptivo, se examinaron, además, «los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos (...)» (Hernández, *et al.*, 2018, p. 80) subyacentes a la dinámica de funcionamiento general de las labores mineras, con el propósito de motivar procesos de apropiación social del conocimiento por medio de la aplicación de la ciencia, la tecnología y la innovación (Minciencias, 2013) en la gestión del conocimiento acerca de la actividad minera.

La metodología del estudio responde a un enfoque participativo, en el que se entiende que el saber

que tienen las personas es trascendental y debe ser resignificado para suscitar su empoderamiento (Sánchez-Parga, *et al.* 1997). Según este pilar de intercambio de saberes, se plantean cuatro funciones de participación: la cognoscitiva, que tiene que ver con la comprensión de la realidad; la social, que se relaciona con la satisfacción de las necesidades básicas y la erradicación de la pobreza; la instrumental, para que cada sujeto se haga responsable de la solución de sus problemas; y la política, para crear puntos de conexión entre el Estado y los más desfavorecidos (Sánchez-Parga, *et al.* 1997).

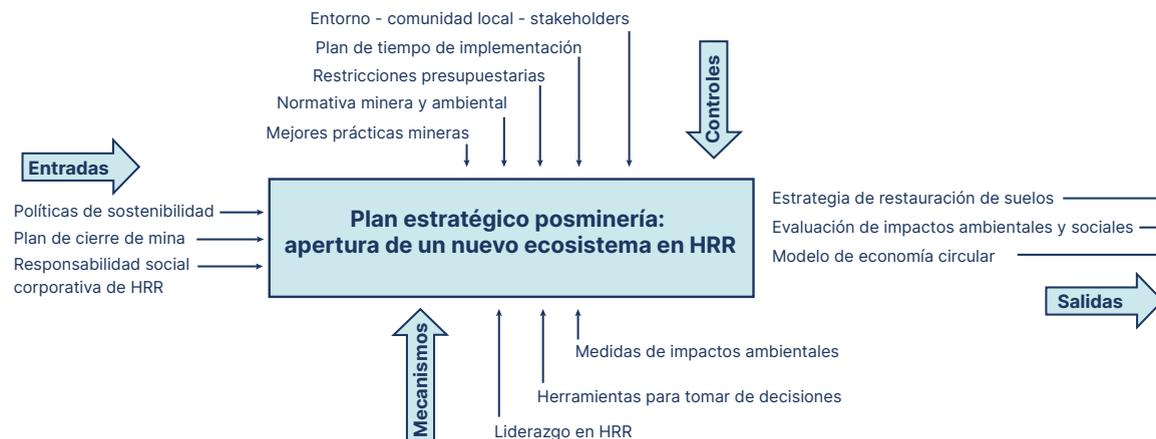
En los últimos años, diferentes países han realizado esfuerzos significativos para introducir prácticas de economía circular en la industria minera (Pavloudakis, *et al.*, 2022) con el objetivo de: (a) mitigar los impactos ambientales generados por la actividad minera intensiva y a largo plazo, mucho antes de que las minas entren formalmente en la fase de envejecimiento o cierre; (b) construir las bases para la gestión responsable de la actividad posminería (suelos

y materiales de desecho); (c) capacitar y consultar a la sociedad para estudiar las oportunidades comerciales de la economía circular en lo que respecta a los sitios mineros impactados.

Lo anterior supone que los inicios y marcos de reutilización posminería requieren una planificación estratégica ajustada a las características técnicas, geoambientales y sociales de las minas en cuestión.

En la Hacienda Río Rayo, se han incorporado procesos de planeación estratégica a partir de décadas de experiencia empírica que se ha decantado en la consolidación de las empresas que hoy en día integran el ciclo de economía circular de la Hacienda. Este grupo de empresas trabajan articuladas en la actualidad y desarrollan una planeación estratégica común a manera de un macroproyecto de desarrollo sostenible y economía circular en entornos mineros. La planificación estratégica para los encadenamientos posteriores al cierre de minas en la organización sigue el curso que se presenta en la figura 1.

Figura 1
Proceso de planeación estratégica posminería en HRR



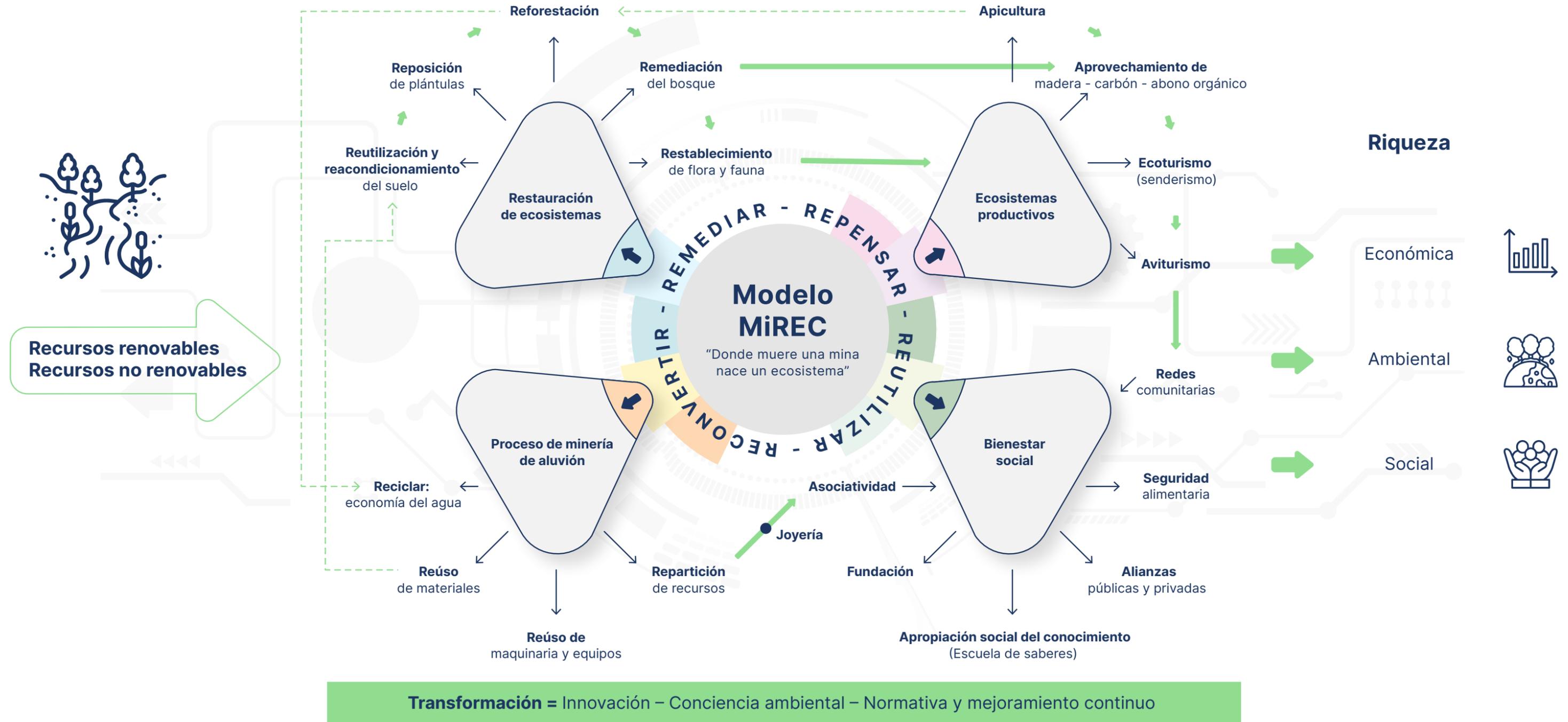
Identificación de oportunidades de uso de la tierra después del cierre

En la HRR se aplican cuatro criterios para identificar las prioridades que se deben tener en cuenta en la utilización de terrenos posminería, atendiendo también a los aciertos y desaciertos durante los últimos años en el cierre de minas y respaldando los juicios de profesionales de los sectores técnico, ambiental, económico y social.

Figura 2
Análisis de usos del suelo después del cierre de mina en HRR



Modelo Minería Responsable y Economía Circular – MiREC– para el Bajo Cauca



El modelo MiREC de minería responsable y economía circular se basa en el aprovechamiento de recursos renovables y no renovables, transformados mediante procesos de innovación, conciencia ambiental y mejora continua para ofrecer riqueza económica, ambiental y social al territorio.

Este modelo se estructura en cuatro eslabones importantes:

- El proceso minero de aluvi3n,
- la restauraci3n de ecosistemas,
- los ecosistemas productivos,
- el bienestar social.

La preservaci3n de la flora y la fauna, como parte de la restauraci3n de ecosistemas, comienza con la reutilizaci3n y reacondicionamiento del suelo nativo en procesos de vivero para manejar los sustratos de pl3ntulas.

En el primer eslab3n del modelo «Restauraci3n de ecosistemas», el suelo nativo de terreno donde se inicia el proceso minero se reutiliza como sustrato biol3gico para reacondicionar los suelos y promover la reforestaci3n desde la etapa de vivero hasta campo. Este paso sugiere la germinaci3n y el establecimiento de pl3ntulas de especies nativas acordes con las propiedades del suelo y con las caracter3sticas de los territorios. Una vez establecidas, las pl3ntulas se trasladan a terrenos destinados para la reforestaci3n.

Cuando termina el proceso minero, se inicia la planeaci3n de la restauraci3n del terreno y se propicia el nacimiento de un nuevo ecosistema; mediante la misma maquinaria minera se realiza el proceso conocido como «paisajismo», que consiste en el movimiento de tierra para disponerla para la siembra. Las pl3ntulas establecidas en el vivero se trasladan al terreno con un proceso previo de ahoyado, en el que se adiciona, adem3s del sustrato nativo, materia org3nica procesada desde los desechos del aserr3o. Este sustrato rico en microorganismos, como hongos y bacterias, favorece el establecimiento de las pl3ntulas y, por ende, una reforestaci3n m3s efectiva. Adicionalmente, este material mejora las propiedades f3sicas del suelo, permitiendo mayor aireaci3n y drenaje del agua.

Este enfoque integral de uso del suelo no solo mejora su calidad, sino que tambi3n promueve el restablecimiento

del bosque, lo que a su vez permite el tr3nsito y permanencia de la fauna y la flora en el territorio.

En el segundo eslab3n, «Ecosistemas productivos», la apicultura juega un papel fundamental dentro de la econom3a circular ya que asiste la remediaci3n del bosque, la producci3n de madera aprovechable y de miel. As3 mismo, la presencia de colmenas de abejas distribuidas de manera estr3tica en el terreno por reforestar facilita la polinizaci3n, lo cual garantiza que m3s especies, especialmente plantas nativas, se establezcan en el 3rea. Se resalta que en este Modelo la producci3n de miel trasciende su transformaci3n a otros subproductos que se comercializan en los 3mbitos local, regional y nacional, y se convierte en una industria importante en la regi3n por la contribuci3n en los contextos ambiental, econ3mico y social.

La madera aprovechable es fundamental dentro de este eslab3n, puesto que permite la fabricaci3n *in situ* de colmenas tipo Langstroth para el fortalecimiento de la apicultura al interior de la Hacienda y en otros puntos del Bajo Cauca. Adem3s de comercializar productos maderables, tambi3n se llevan a cabo talleres de ebanister3a y se respalda la transferencia del conocimiento, como aportes a la generaci3n de empleo para madres cabeza de familia, personas desplazadas, v3ctimas de violencia y para el nuevo personal de trabajo que ingresa al aserr3o.

Los bosques propiciados por la reforestaci3n viabilizan otras l3neas productivas en el contexto de la econom3a circular, como el ecoturismo y el avistamiento de aves, en los cuales la fauna y la flora son los protagonistas de experiencias de turismo consciente enfocadas en la conservaci3n de especies.

Un cuarto eslab3n fundamental que soporta el Modelo es el «Bienestar social», que se materializa por medio de proyectos comunitarios con los cuales se posibilita la generaci3n de empleo y la reinversi3n social, adem3s de concebir estrategias de responsabilidad social por medio de la diversificaci3n de medios de vida, recursos que luego pueden ser reestablecidos mediante la compra de oro para alimentar otras l3neas estr3ticas como la joyer3a. El bienestar social es gestionado, adem3s, con alianzas p3blico-privadas que permitan el fortalecimiento y la reinversi3n en los procesos de econom3a circular y de recuperaci3n de ecosistemas.

Apreciación de actores del modelo Río Rayo¹

Con el fin de conocer la apreciación de los diferentes actores alrededor de las operaciones de la Hacienda Río Rayo, se llevó a cabo un estudio de enfoque cuantitativo de alcance correlacional, de diseño no experimental, de corte transversal. Los instrumentos utilizados para la recolección de la información fueron encuestas físicas, conformadas por los siguientes grupos de variables: intrínsecas, sociales, de conocimiento sobre el proceso minero en la región y de las operaciones de la Hacienda Río Rayo, y de percepción. El cuestionario constó de 40 preguntas según el público objetivo: comunidad, otros mineros, empresarios y productores, colaboradores de la Hacienda y entidades gubernamentales.

La elección de la muestra fue aleatoria por afijación proporcional al tamaño de cada tipo de actor asumiendo varianza máxima. Para garantizar una representatividad estadística con un error del 5 % y una confianza del 95 %, se tuvo una muestra de 110 personas de la comunidad, 14 mineros de la región, 10 empresarios, 25 colaboradores y 10 representantes de entidades gubernamentales, para un total de 169 participantes.

Después de la aplicación de los instrumentos a la muestra seleccionada de participantes, se identificaron

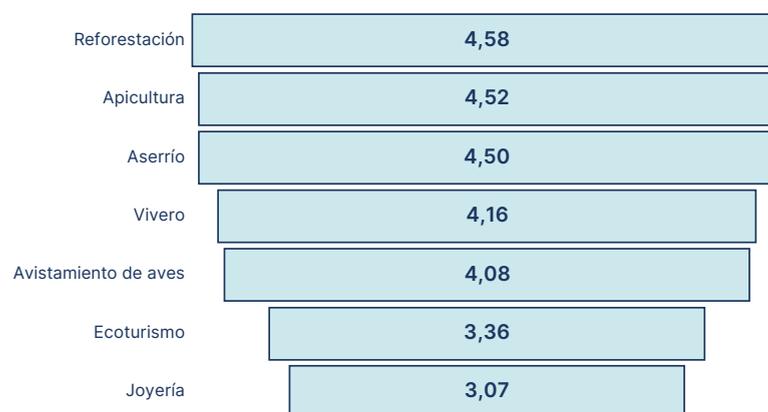
aspectos referentes a la percepción de la actividad minera en Tarazá y el Bajo Cauca. El 83,43 % de los diferentes actores manifiestan su aprobación con la actividad minera en la región. Entre las razones que resaltan esta aprobación sobresalen: generación de empleo (42 %), crecimiento económico (28 %) y desarrollo social (25 %).

En cuanto al impacto de la HRR en Tarazá, sobresale que el 85 % de los actores identifican un impacto positivo, respaldado por las acciones de remediación del medio ambiente y las prácticas de mitigación ambiental.

En promedio, los diferentes actores consideran que la Hacienda realiza procesos de economía circular. La percepción de la comunidad es del 90 % mientras que otros actores, empresarios y entidades gubernamentales manifiestan una aprobación del 100 %.

En una escala de valoración de 0 a 5, donde 0 corresponde a «no sabe», 1 corresponde a «muy bajo» y 5 a «muy alto», la evaluación de las acciones de economía circular que realiza la Hacienda evidencia el reconocimiento positivo de las prácticas en reforestación, apicultura, aserrío y vivero que ocurren en HRR.

Acciones de economía circular en HRR



¹ El informe completo se puede consultar en <https://n9.cl/percepcionactividadeshrr>

El reconocimiento de las buenas prácticas en Río Rayo la han llevado a ser ejemplo en la región. El 94 % de los diferentes actores lo reflejan al mencionar que los programas de sostenibilidad y las acciones de economía circular en la Hacienda deben ser replicadas por otros mineros y organizaciones del Bajo Cauca.

Fundamentación teórica que sustenta el Modelo MiREC

La minería para la extracción de oro se realiza en «depósitos de placer» o áreas inundadas donde existen depósitos de oro aluvial, generalmente en zonas bajas o en los lechos de los ríos. Para la fase inicial de extracción, los mineros suelen limpiar la vegetación y, posterior a ello, excavan el suelo para alcanzar la capa rica de oro (Aryee *et al.*, 2003). Luego, retiran las rocas mineralizadas o la arena y la transportan a arroyos cercanos para su lavado o a lo largo de la orilla de los ríos (Arthur-Holmes, *et al.*, 2022, p. 207).

La extracción de oro aluvial en el mundo se realiza en diferentes procesos, unos más contaminantes que otros, que amenazan los ecosistemas acuáticos debido a la degradación de suelo, al aumento de la erosión y a la sedimentación de los ríos (Arthur-Holmes, *et al.*, 2019).

Sin embargo, ante este panorama, se forjan esfuerzos en el mundo por lograr que la minería sea un negocio sostenible en el tiempo, preocupación que se incrementa ante la necesidad de proteger los recursos naturales de la Tierra.

Según datos del 2022, «el 66 % de la minería de oro aluvial en Colombia se realiza fuera de cualquier sistema formal, el 27 % se produce en el marco de la ley y el 7 % está en tránsito a la legalidad» (Tarra, *et al.*, 2022, p. 1). Para el departamento de Antioquia, estos indicadores son más optimistas: el 44,3 % de la minería del departamento se realiza bajo

las normas legales, el 51,6 % es informal y el 4,1 % se encuentra en tránsito hacia la legalidad; lo que refleja un mejor desempeño del departamento con respecto al país en los indicadores propuestos.

En las últimas décadas, se ha incrementado notablemente el uso de mercurio en la actividad minera en los departamentos de Chocó y Antioquia (de manera ilegal, con retroexcavadoras y dragas). Para 2014, el 79 % de la maquinaria para hacer extracción de oro de aluvión en el país se encontraba en Antioquia (Gaviria, *et al.*, 2019); donde también se hallan los dos distritos mineros más grandes de Colombia: Nordeste - Bajo Cauca y Puerto Nare, este último conformado por los municipios de Amalfi, Anorí, Briceño, Cáceres, Caucasia, El Bagre, Nechí, Maceo, Remedios, San Roque, Segovia, Tarazá, Vegachí, Yalí y Zaragoza. Entre 2010 y 2013, los municipios con mayor productividad de oro en el distrito fueron El Bagre y Tarazá.

Modelos de minería responsable desarrollados en el mundo

Las prácticas mineras sostenibles son fundamentales para garantizar la sostenibilidad ambiental y reflejan la responsabilidad de la industria en este ámbito (Putro *et al.*, 2023; Watts *et al.*, 2023). Al adoptar enfoques sostenibles, la minería puede no solo mejorar su rentabilidad financiera, sino también contribuir a los objetivos mundiales de desarrollo sostenible (Pouresmaieli *et al.*, 2022). Sin embargo, lograr esto requiere una estrategia integral que incorpore el pensamiento sistémico, la participación de las partes interesadas y la gestión responsable de los recursos (Aryee *et al.*, 2023).

Adoptar una minería responsable implica cumplir con las regulaciones y reducir el impacto producido por la actividad antrópica mediante la implementación de prácticas

jerárquicas de gestión de residuos, garantizar la seguridad de las instalaciones en la gestión de relaves y asegurar la recuperación del suelo y del ecosistema (Förster y Mischo, 2022). Además de considerar todo el ciclo de vida de las operaciones mineras, desde la planificación y construcción, hasta el cierre y la rehabilitación, a la par que se promueve la economía circular y el consumo ético en beneficio de las generaciones futuras.

Un modelo integral de minería responsable debe abordar los desafíos ambientales, sociales y económicos de la industria minera mediante varios enfoques: (i) gestión integral de los recursos hídricos (Watts *et al.*, 2023); (ii) estrategias de rehabilitación para eliminar el drenaje ácido y restaurar los ecosistemas (Bazzi *et al.*, 2023); (iii) cumplimiento de los requisitos legislativos y objetivos internacionales de sostenibilidad (Martínez-Manchego *et al.*, 2021); (iv) equilibrio entre los aspectos económicos, ecológicos y sociales del desarrollo de las empresas mineras (Yang y Binks, 2021).

En todo el mundo, se están implementando diversos modelos de prácticas mineras responsables para mejorar la eficiencia y reducir el impacto ambiental. Sin embargo, aún no existe un modelo que los abarque a todos. Los modelos actuales incluyen la arquitectura de referencia Digital Twin (DT) utilizado en la Industria 4.0 (Khlobystov *et al.*, 2021), modelos vectoriales lineales computacionales normalizados para evaluar las operaciones mineras (Yang y Binks, 2021) y un enfoque metodológico para determinar el nivel de sostenibilidad en la industria (Amoah *et al.*, 2022). Además, existen otros ejemplos centrados en la rehabilitación de minas, como el enfoque en eliminar el drenaje ácido y restablecer la biodiversidad natural (Beres *et al.*, 2024).

En resumen, la minería responsable y con enfoque de economía circular requiere una mirada integral que incorpore la participación de diferentes actores como la comunidad, mineros, productores, entidades gubernamentales y no gubernamentales,

el pensamiento sistémico, la minería de datos para la previsión y las tecnologías innovadoras para la rehabilitación y el desarrollo responsable. El uso de tecnologías como Digital Twin (DT) está ganando terreno en la industria minera para perfeccionar la eficiencia, la productividad y la sostenibilidad al monitorear el rendimiento, simular los resultados y predecir errores, lo que auxilia las prácticas mineras sostenibles.

En cuanto al concepto de economía circular, es importante señalar que no existe un concepto unificado. Para este trabajo, se adoptó la definición de Ellen MacArthur Foundation (2013), la cual se emplea también por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo en la «Estrategia Nacional de Economía Circular». Según esta definición, la economía circular se entiende como:

Sistemas de producción y consumo que promuevan la eficiencia en el uso de materiales, agua y energía, teniendo en cuenta la capacidad de recuperación de los ecosistemas, el uso circular de los flujos de materiales y la extensión de la vida útil a través de la implementación de la innovación tecnológica, alianzas y colaboraciones entre actores y el impulso de modelos de negocio que responden a los fundamentos del desarrollo sostenible (Ellen MacArthur Foundation, 2013, p. 20)

Se entiende por lo anterior que la economía circular se centra en optimizar los sistemas de producción considerando todos sus componentes. Esto implica que un sistema productivo se regenere y se autosostenga gracias a su diseño interconectado e inteligente, similar a los procesos naturales, donde los desechos de un organismo se convierten en la materia prima de otro.

En consonancia con lo anterior, Espaliat (2017) indica que la economía circular se concibe como un ciclo de desarrollo positivo y continuo que preserva y mejora el capital natural, maximiza el rendimiento de los recursos y minimiza los riesgos del sistema al gestionar con rigor las reservas finitas y los

flujos renovables. Según el autor, este enfoque actúa en todas las escalas y busca separar el desarrollo económico global del consumo de recursos no renovables.

Se entiende, por lo tanto, que la economía circular es un concepto económico que se integra en el desarrollo sostenible, cuyo objetivo es producir bienes y servicios mientras se reduce el uso y el desperdicio de materias primas, agua y energía. Este proceso de transformación e innovación engloba la valoración de residuos, el cierre de ciclo de materiales, la extensión de la vida útil de productos y partes, y el cambio de productos por servicios (Gobierno de la República de Colombia, 2019).

Según Espaliat (2017), la economía circular contempla los siguientes tres principios:

Principio 1: Preservar y mejorar el capital natural

- Controlar las reservas finitas y equilibrar los flujos de recursos renovables, desmaterializando la utilidad y ofreciendo ventajas cualitativas y de forma virtual siempre que sea posible.

Principio 2: Optimizar el rendimiento de los recursos

- A partir de distribuir productos, componentes y materias procurando su máxima utilidad en todo momento, tanto en los ciclos técnicos como biológicos.

Principio 3: Promover la eficacia de los sistemas mediante la atención de factores negativos externos en el diseño

- Evitar o reducir los posibles daños en ámbitos tales como la alimentación, la movilidad, la educación, la sanidad y el ocio, y controlar de manera adecuada los factores externos de importancia, tales como el uso del suelo, la contaminación del aire y del agua, o el vertido de sustancias tóxicas.

El Ministerio de Minas y Energía de Colombia ha trabajado en el tránsito de una economía lineal a una circular, articulando las cadenas

de valor en el aprovechamiento de metales y minerales, para aumentar la tasa de reciclaje, la utilización de residuos e impulsar la transición energética en pro del cumplimiento de los Objetivos del Desarrollo Sostenible, con lo cual se ha comprometido el Gobierno de Colombia ante la OCDE.

De este modo, el Ministerio de Minas y Energía (2022) desarrolló la propuesta de lineamientos técnicos de política de buenas prácticas para estandarizar la actividad minera relacionada con la economía circular.

Las líneas estratégicas propuestas son:

1. Potencial de generación de circularidad en la etapa de exploración.
2. Potencial de generación de circularidad en la etapa de construcción y montaje.
3. Potencial de generación de circularidad en la etapa de explotación.
4. Potencial de generación de circularidad en la etapa de cierre y poscierre.
5. Desarrollo de modelos de negocio circulares.
6. Seguimiento y monitoreo.

Colombia es pionero en la implementación de estrategias de economía circular en América Latina. Desde este punto de vista, las empresas desempeñan un papel fundamental al diseñar sus propios modelos de negocio, aprovechando al máximo los recursos por medio de la innovación. Esto permite que los recursos se conviertan en insumos para otros, implementando así un sistema de cierre de ciclos de materiales.

En resumen, con la minería responsable se busca equilibrar las necesidades económicas, sociales y ambientales en el presente, y ser garantes en el disfrute de las generaciones futuras. Dentro de este contexto, el concepto de minería circular emerge como una estrategia clave para optimizar el uso de los recursos naturales y menguar los impactos negativos asociados a la extracción minera.

Referencias

- Amoah, N. A., Xu, G., Wang, Y., Li, J., Zou, Y., & Nie, B. (2022). Application of low-cost particulate matter sensors for air quality monitoring and exposure assessment in underground mines: A review. *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials*, 29 (8), 1475-1490.
- Arthur-Holmes, F., & Busia, K. A. (2022). Women, North-South migration, and artisanal and small-scale mining in Ghana: Motivations, drivers, and socio-economic implications. *The Extractive Industries and Society*, 10, 101076.
- Aryee, B. N., Ntibery, B. K., & Atorkui, E. (2003). Trends in the small-scale mining of precious minerals in Ghana: a perspective on its environmental impact. *Journal of Cleaner production*, 11 (2), 131-140.
- Bazzi, L., Hesemann, P., Laassiri, S., & El Hankari, S. (2023). Alternative approaches for the synthesis of nano silica particles and their hybrid composites: synthesis, properties, and applications. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20 (10), 11575-11614.
- Beres, I., Maftai, A. E., Dill, H. G., Buzatu, A., & Damian, G. (2024). Contamination Assessment of Toxic Elements in River Sediments from Baia Mare, Romania—Extreme Pollution from Mining Activities. *Minerals*, 14 (2), 135.
- Espaliat, M. (2017). *Economía circular y sostenibilidad*. Santiago de Chile: CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Förster, L., & Mischo, H. (2022). Excursus into the certification of mineral raw materials—Development and implementation of a sustainability standard. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 36 (9), 642-650.
- Gaviria, S., & Amaya, J. A. (2019). Geindicadores aplicados al estudio de los efectos ambientales de la explotación de oro aluvial en la cuenca baja del río Quito, Chocó (Colombia). *Gestión y Ambiente*, 22 (2), 235-256.
- Gobierno de la República de Colombia (2019). «Estrategia nacional de economía circular. Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio. Bogotá D.C., *Colombia*». *Presidencia de la República; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Ministerio de Comercio, Industria y Turismo*.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Vol. 6, pp. 102-256). México: McGraw-Hill.
- Khllobystov, I., Horoshkova, L., Bikulov, D., Maslak, O., Trysnyuk, V., & Tarasenko, D. (2021, November). Environmental investments for waste management to identify the environmental Kuznets curve “turning point”. In *15th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment*. Vol. 2021, No. 1, pp. 1-5). European Association of Geoscientists & Engineers.

- MacArthur, E. (2013). Towards the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 2 (1), 23-44.
- Martínez-Manchego, L., Sarmiento-Sarmiento, G., & Bocardo-Delgado, E. (2021). Especies vegetales nativas con potencial para la fitorremediación de suelos alto andinos contaminados por residuos de actividad minera. *Bioagro*, 33 (3), 161-170.
- Minciencias (2013). Lineamientos para una Política Nacional de Apropiación Social del Conocimiento. *Estrategia nacional de apropiación social de la ciencia, la tecnología y la innovación*. https://minciencias.gov.co/sites/default/files/ckeditor_files/estrategia-nacional-apropiacion-social.pdf
- Ministerio de Minas y Energía (2022). *Propuesta de lineamientos técnicos de política de buenas prácticas para estandarizar los procesos de gestión y manejo de estériles en minería*. Contrato de consultoría. GGC-606-2021. Bogotá D.C.
- Pavloudakis, F., Roumpos, C., & Spanidis, P. M. (2022). Optimization of surface mining operation based on a circular economy model. In: Stefanakis A, Nikolaou I (eds) Chapter in: *Circular Economy and Sustainability – Volume 2: Environmental Engineering*. Elsevier Publications, pp 395–418. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821664-4.00005-4>
- Putro, J. N., Soetaredjo, F. E., Lunardi, V. B., Irawaty, W., Yuliana, M., Santoso, S. P., & Ismadji, S. (2023). Polysaccharides gums in drug delivery systems: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 127020.
- Sánchez-Parga, et al. (1997). *Enfoques participativos para el desarrollo rural*. Caap.
- Tarra, J. A., Restrepo, O. J., & Veiga, M. M. (2022). Coexistence between conventional alluvial mining and artisanal mining to deal with problems associated with informality in the lower Nechí River Basin-Colombia. *Resources Policy*, 78, 102821.
- Vilca-Quispe, W., Loa-Navarro, E., Ramírez-Puraca, Á. A., & Medina-Sotelo, C. G. (2021). Responsabilidad social empresarial minera y los conflictos socioambientales en el Perú. *Revista Internacional de Investigación en Ciencias Sociales*, 17 (1), 195-215.
- Watts, B. A., Palmeira Zago, V. C., Gopakumar, L., Ghazaryan, K., & Movsesyan, H. (2023). Uncharted risk measures for the management of sustainable mining. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 19 (4), 949-960.
- Yang, D., & Binks, F. (2022). Developing a systematic model to rehabilitate key domains of gold mines for environmental sustainability. In *Mine Closure 2022: 15th International Conference on Mine Closure* (pp. 973-986). Australian Centre for Geomechanics.

La Institución Universitaria Pascual Bravo dinamiza sus relaciones estratégicas con los sectores social, productivo, académico y gubernamental con el propósito de unir esfuerzos para transformar vidas, territorios y ecosistemas. Con este objetivo se vincula con la empresa Cigales -Hacienda Río Rayo que, en los últimos 38 años, ha promovido en la región del Bajo Cauca buenas prácticas de minería responsable y economía circular fomentando un compromiso ético y transparente en las comunidades.

Esta iniciativa se enmarca en el proyecto Transferencia y apropiación social de conocimiento en torno a la minería responsable y economía circular a partir de la experiencia de la Hacienda Río Rayo» y pone a disposición de la sociedad civil nacional e internacional recursos como una caja de herramientas, un documento de sistematización, un diplomado y esta publicación.

Tradición - **Transformación** - Innovación

www.pascualbravo.edu.co

 IUPascualBravo

VIGILADA Mineducación

Acreditados en Alta Calidad.
Resolución 012512 del MEN. 29
de junio de 2022 - 6 años.

Teléfono: 604 448 05 20
Calle 73 # 73a - 226 Robledo,
Vía El Volador



Alcaldía de Medellín
Distrito de
Ciencia, Tecnología e Innovación

