

Evaluar la eficiencia del Plan de Restauración Ecológica derivado de un proceso de sustracción ambiental, asociado al proyecto de infraestructura vial Puente La Colorada, ubicado en el área de influencia del Parque Nacional Natural El Cocuy en Colombia.

Liceth Yamile Peña Suárez

Melisa Puello Santos

Daniela de Jesús Llorente Romero

Facultad de Ingeniería, Universidad Piloto de Colombia

NRC62094: Proyecto Académico de Grado II

Docente César Orlando González González

4 de mayo de 2026

AGRADECIMIENTOS.

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que hicieron posible el desarrollo de este trabajo de grado. En primer lugar, agradecemos a Dios por brindarnos la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para culminar satisfactoriamente esta etapa de formación académica.

A nuestro director de trabajo de grado, por su orientación, acompañamiento y valiosos aportes a lo largo del proceso investigativo, así como por su disposición y compromiso permanente.

A la institución académica y a los docentes de la maestría, quienes con su conocimiento, experiencia y dedicación contribuyeron de manera significativa a nuestra formación profesional y personal.

A las entidades y personas que facilitaron la información y el acceso a los insumos necesarios para el desarrollo de esta investigación, especialmente aquellas relacionadas con el proyecto objeto de estudio.

Finalmente, a nuestras familias y seres queridos, por su apoyo incondicional, comprensión y motivación constante, siendo un pilar fundamental durante este proceso.

DEDICATORIA.

Dedicamos este logro a Dios, por guiarnos en cada paso y brindarnos la fortaleza para superar los retos presentados a lo largo de este camino.

A nuestras familias, por su amor, apoyo incondicional y confianza en nuestras capacidades, quienes han sido nuestra principal motivación para alcanzar esta meta.

A todas las personas que han creído en nosotros y nos han acompañado durante este proceso, brindándonos ánimo y respaldo en los momentos más desafiantes.

Este trabajo representa no solo un logro académico, sino también el resultado del esfuerzo conjunto, la disciplina y la perseverancia que hemos compartido como equipo.

RESUMEN.

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la eficiencia en la implementación del Plan de Restauración Ecológica (PRE) asociado al proyecto vial Puente La Colorada, ubicado en el área de influencia del Parque Nacional Natural El Cocuy. Este plan fue formulado como medida de compensación ambiental tras la sustracción de la Reserva Forestal El Cocuy.

La investigación se desarrolló mediante un enfoque mixto, basado en el análisis de información técnica, administrativa y financiera del PRE. Se evaluaron aspectos como la planificación, el uso de los recursos, el cumplimiento de las actividades y los mecanismos de seguimiento, con el fin de analizar la relación entre lo planificado y lo ejecutado.

Los resultados evidencian que, aunque el plan cuenta con una base técnica adecuada, presenta debilidades en la gestión administrativa, la articulación entre actores y el seguimiento de las actividades. Asimismo, se identificó que parte del proceso de restauración se desarrolló de manera natural, debido a retrasos en su implementación, lo que redujo la necesidad de intervención activa.

En conclusión, el estudio permite identificar oportunidades de mejora relacionadas con la planificación, el control de recursos y los mecanismos de seguimiento, aportando recomendaciones para fortalecer la eficiencia en la implementación de los Planes de Restauración Ecológica en proyectos de infraestructura vial.

Tabla de Contenido

INTRODUCCIÓN.	9
CAPITULO 1.	11
1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	11
1.1. Contexto general	11
1.2. Relevancia del problema	14
1.3. Descripción detallada del problema	16
1.3.1. Causas del problema	16
1.3.2. Consecuencias del problema	18
1.3.3. Afectación a la disciplina y a la comunidad	19
1.3.4. Árbol del problema.	20
1.4. Determinación del alcance del problema (Delimitación)	21
1.4.1. Delimitación espacial	21
1.4.2. Delimitación temporal	21
1.4.3. Delimitación temática	21
1.4.4. Stakeholders afectados	21
1.4.5. Redacción del problema central.	22
1.5. Pregunta de investigación y objetivos.	23
1.5.1. Pregunta de investigación	23
1.5.2. Objetivo general	23
1.5.3. Objetivos específicos	23
1.6. Justificación del proyecto de investigación	24
1.6.1. Importancia de abordar el problema investigado	24
1.6.2. Contribución del proyecto para resolver el problema	26
1.6.3. Alineación estratégica con la sostenibilidad ambiental y la gestión institucional	27
1.6.4. Beneficios potenciales del proyecto	28
1.6. Acta de constitución del proyecto (Project charter).	29
Objetivo General	30
Objetivos Específicos:	30

1.7. Registro de interesados.....	34
1.7. Matriz Poder – Interés (priorización rápida).....	35
1.8. Escala de valoración aplicada	36
1.9. Análisis Estratégico de Priorización:.....	36
CAPITULO 2.....	37
2. ANTECEDENTES.....	37
2.1. Estado del arte.....	39
2.2. Marco teórico	42
2.2.1. Restauración ecológica.....	42
2.2.2. Compensación ambiental en proyectos de infraestructura.....	43
2.2. Marco contextual.....	44
CAPITULO 3.....	47
3. METODOLOGIA	47
3.1. Variables del estudio	47
3.2. Diseño de la investigación.....	48
3.3. Enfoque de la investigación.....	49
3.3.1. Descripción del enfoque del proyecto (cuantitativo, cualitativo o mixto).	49
3.3.2. Justificación del enfoque mixto según la naturaleza del problema y los objetivos planteados.....	50
3.4. Tipo de estudio	52
3.4.1. Definición del tipo de estudio	52
3.4.2. Justificación del estudio descriptivo según la naturaleza del problema	52
3.4.3. Cómo el estudio descriptivo contribuirá a resolver el problema.....	52
3.5. Métodos de recolección de datos.....	53
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	55
3.6.1. Técnicas de recolección	55
3.6.2. Instrumentos de recolección.....	55
3.7. Plan de análisis de datos	56

3.7.1. Organización y sistematización de la información.....	56
3.7.2. Identificación de variables de análisis.....	57
3.7.3. Análisis de coherencia entre planificación y ejecución.....	57
3.7.4. Interpretación de resultados.....	58
3.8. Plan preliminar del proyecto (lineamientos PMI)	58
3.8.1 Alcance preliminar.	58
3.8.2 Cronograma.....	59
3.8.3. Estimación de costos y recursos	61
3.8.4 Involucramiento de interesados (stakeholders).....	62
3.8.5. Análisis preliminar de riesgos.....	63
3.9. Metodología del estudio.....	63
3.9.1. Variables analizadas.	64
3.9.2. Análisis de datos y evaluación del plan de restauración ecológica	65
3.9.3. Contexto de implementación del Plan de Restauración	65
3.10. Metodología para el análisis de datos.	67
3.10.1. Algoritmo metodológico para la evaluación de la eficiencia del Plan de Restauración Ecológica	67
3.10.2. Finalidad del algoritmo	67
3.10.3. Estructura general del algoritmo.....	69
3.10.4. Herramientas para la implementación del algoritmo.....	70
3.11. Procedimiento de evaluación y criterios de calificación del PRE	71
3.11.1 Matriz general de dimensiones, variables e indicadores	74
3.11.2. Escala de calificación.....	77
3.11.3. Ponderación de dimensiones.....	77
3.11.4 Fórmula de cálculo del índice por dimensión.....	78
3.11.5 Fórmula del índice consolidado de eficiencia	79
3.11.6. Criterios de interpretación del índice final	79
3.11.7. Matriz de valoración diligenciada.	81
3.11.8. Matriz de consolidación por dimensión	84
3.11.9. Pseudocódigo del algoritmo	86

3.11.10. Consideraciones metodológicas para la aplicación del algoritmo.....	88
CAPITULO 4.....	93
4. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS.....	93
4.1. Eficiencia técnica	93
4.2 Eficiencia administrativa	93
4.3 Eficiencia institucional.....	94
4.4 Eficiencia ecológica.....	94
4.5 Hallazgo	95
4.6 Conclusión de la eficiencia	95
4.7. Línea de tiempo del PRE (Predio La Porfía).....	96
4.8. Matriz de insumos del PRE.....	97
4.9. Indicadores ecológicos vs observables	98
4.10. Mapa de actores.	99
4.11. Diagrama de cuello de botella.....	100
4.12. Análisis multitemporal de cobertura vegetal (2021 vs actual).....	101
CAPITULO 5.....	116
5. CONCLUSIONES.....	116
BIBLIOGRAFIA.....	119

INTRODUCCIÓN.

En Colombia, los proyectos de infraestructura vial son fundamentales para el desarrollo del país, pero también generan impactos sobre el medio ambiente, especialmente cuando se desarrollan en áreas protegidas. En estos casos, la normativa exige la implementación de medidas de compensación ambiental, como los Planes de Restauración Ecológica (PRE), que buscan recuperar los ecosistemas afectados.

Sin embargo, en muchos casos, estos planes se han evaluado principalmente desde el cumplimiento de requisitos normativos y la ejecución de actividades, dejando de lado el análisis de la eficiencia en su implementación. Es decir, no siempre se analiza si los recursos utilizados han sido aprovechados de manera adecuada en relación con los resultados obtenidos.

En este contexto, el presente estudio se centra en evaluar la eficiencia del Plan de Restauración Ecológica asociado al proyecto Puente La Colorada, el cual fue formulado como medida de compensación por la sustracción de un área de la Reserva Forestal El Cocuy. El plan se desarrolla en el predio La Porfía, ubicado en el municipio de Tame (Arauca), donde se propusieron diferentes acciones de restauración orientadas a la recuperación de la cobertura vegetal y la funcionalidad del ecosistema.

Durante su implementación, se presentaron retrasos administrativos que generaron un desfase entre la formulación del plan y su ejecución. Esta situación permitió que el área presentara procesos de regeneración natural, lo que influyó en los resultados del proceso de restauración.

A partir de este escenario, surge la necesidad de evaluar la eficiencia del plan, entendida como la relación entre los recursos utilizados, las actividades ejecutadas y los resultados obtenidos. Para ello, se realizó un análisis basado en la revisión de documentos

técnicos y administrativos del PRE, con el fin de identificar fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora.

Este estudio busca aportar elementos que permitan mejorar la evaluación y seguimiento de los Planes de Restauración Ecológica en proyectos de infraestructura, promoviendo una gestión ambiental más eficiente y sostenible.

CAPITULO 1.

1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Contexto general

En Colombia, los proyectos de infraestructura vial constituyen un eje estratégico para la conectividad territorial y el desarrollo socioeconómico; sin embargo, su ejecución suele generar impactos significativos sobre los ecosistemas, especialmente cuando requiere la intervención de áreas ambientalmente protegidas. En estos casos, la normativa ambiental vigente exige la obtención de permisos especiales, como la sustracción de áreas de reserva forestal, así como la implementación de medidas de compensación ambiental. Dentro de estas medidas se encuentran los Planes de Restauración Ecológica (PRE), concebidos como instrumentos orientados a la recuperación de ecosistemas degradados y al restablecimiento de sus funciones ecológicas.

Los Planes de Restauración Ecológica no deben entenderse únicamente como documentos técnicos destinados al cumplimiento de un requisito normativo, sino como procesos integrales que involucran la planificación de acciones, la asignación y uso de recursos financieros y técnicos, la articulación institucional, el seguimiento a la ejecución y la evaluación de los resultados obtenidos. En este sentido, la eficiencia se constituye en un elemento clave para garantizar que los recursos destinados a la restauración ecológica sean utilizados de manera óptima, oportuna y coherente con los objetivos ambientales definidos.

El Plan de Restauración Ecológica derivado del proceso de sustracción de la Reserva Forestal El Cocuy, asociado al proyecto de infraestructura vial Puente La Colorada, constituye un escenario pertinente para el análisis de esta problemática. Mediante la Resolución 1936 del 2 de septiembre de 2015, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible autorizó la

sustracción definitiva de un área de dicha reserva para la ejecución del proyecto, estableciendo como obligación la formulación e implementación de un Plan de Restauración Ecológica como medida de compensación ambiental.

En este contexto, el plan formulado define los lineamientos técnicos para la recuperación ecológica del área seleccionada, incluyendo el diagnóstico ambiental, los objetivos de restauración, las acciones propuestas, los mecanismos de seguimiento y los costos asociados a su ejecución. A su vez, su desarrollo ha implicado una serie de actuaciones administrativas, técnicas y contractuales en las que han participado múltiples actores institucionales, lo que lo convierte en un insumo clave para analizar la planificación, ejecución y seguimiento de las acciones de restauración ecológica en el proyecto.

Adicionalmente, dentro del proceso de investigación se incorporó el análisis comparativo de tres Planes de Restauración Ecológica asociados a proyectos de infraestructura vial, el primero corresponde al desarrollado por la empresa ESOAM en el marco del Convenio Interadministrativo No. 200925, relacionado con el proyecto Carretera La Soberanía; el segundo, al plan ejecutado por el Consorcio Vías Colombia 063 en el marco del Contrato No. 988-2021; y el tercero, que constituye el caso de estudio principal, corresponde al Plan de Restauración Ecológica asociado al proyecto Puente La Colorada, ejecutado por la Unión Temporal 2019 en el marco del Contrato No. FA-IC-I-S-213-2018.

Este enfoque permite contrastar metodologías, estrategias de restauración, mecanismos de seguimiento y ejecución de acciones de compensación ambiental entre distintos contextos contractuales y operativos, aportando elementos comparativos que fortalecen el análisis de la eficiencia en la implementación de los Planes de Restauración Ecológica.

En el desarrollo del proceso de sustracción ambiental y la formulación del Plan de Restauración Ecológica se presentaron diversas situaciones asociadas a la complejidad administrativa, cambios en la titularidad de los derechos ambientales, trámites de cesión, definiciones prediales y pronunciamientos por parte de la autoridad ambiental. Estas circunstancias incidieron en los tiempos de ejecución y en el desarrollo integral del plan, evidenciando que, más allá de la formulación técnica del PRE, existen desafíos relacionados con la eficiencia en la planificación, la coordinación entre actores y el uso de los recursos destinados a la restauración ecológica.

En este contexto, el problema central no se limita a determinar si el Plan de Restauración Ecológica cumple formalmente con los requisitos normativos o si las acciones de restauración fueron ejecutadas, sino a analizar la eficiencia con la que dicho plan ha sido desarrollado, considerando la relación entre los recursos utilizados, los procesos adelantados y los resultados obtenidos.

Para la implementación del proceso de restauración ecológica asociado al proyecto Puente La Colorada, se realizó un análisis técnico de alternativas prediales con el fin de identificar un área que cumpliera con las condiciones ambientales, ecológicas y de conectividad necesarias para desarrollar las acciones de restauración. Como resultado de este proceso de evaluación, se seleccionó el predio denominado La Porfía, localizado en el municipio de Tame, departamento de Arauca, el cual presenta condiciones favorables en términos de cobertura vegetal, conectividad ecológica y presencia de ecosistemas estratégicos que contribuyen a la provisión de servicios ecosistémicos en la región. La selección de este predio respondió a criterios técnicos relacionados con su potencial de restauración, su ubicación dentro de la subzona hidrográfica asociada a la quebrada La Colorada y su capacidad para contribuir al fortalecimiento de la estructura ecológica del territorio.

En este contexto, el problema central no se limita a determinar si el Plan de Restauración Ecológica cumple formalmente con los requisitos normativos o si las acciones de restauración fueron ejecutadas, sino a analizar la eficiencia con la que dicho plan ha sido desarrollado, considerando la relación entre los recursos utilizados, los procesos adelantados y los resultados obtenidos.

La ausencia de análisis desde esta perspectiva dificulta la identificación de oportunidades de mejora en la implementación de los Planes de Restauración Ecológica y limita la generación de aprendizajes que contribuyan al fortalecimiento de la sostenibilidad ambiental en los proyectos de infraestructura vial.

Por lo anterior, se identifica como problema de investigación la necesidad de analizar la eficiencia del Plan de Restauración Ecológica derivado de un proceso de sustracción ambiental asociado al proyecto de infraestructura vial Puente La Colorada, ubicado en el área de influencia del Parque Nacional Natural El Cocuy, con el fin de establecer en qué medida el desarrollo del plan ha permitido optimizar los recursos disponibles y contribuir al cumplimiento de sus objetivos ambientales.

1.2. Relevancia del problema

Los Planes de Restauración Ecológica (PRE) constituyen una herramienta fundamental de la gestión ambiental en los proyectos de infraestructura vial que requieren la sustracción de áreas de reserva forestal, en la medida en que buscan compensar los impactos generados sobre ecosistemas estratégicos y contribuir al restablecimiento de sus funciones ecológicas, no obstante, en la práctica, el análisis de estos planes se ha centrado predominantemente en el cumplimiento de los requisitos normativos y en la ejecución técnica de las acciones de

restauración, dejando en un segundo plano el examen de la eficiencia con la que se desarrollan los procesos asociados a su planificación, ejecución y seguimiento.

Esta situación adquiere especial relevancia en el caso del Plan de Restauración Ecológica derivado del proceso de sustracción ambiental asociado al proyecto de infraestructura vial Puente La Colorada, en el área de influencia del Parque Nacional Natural El Cocuy.

La complejidad del proceso, la participación de múltiples actores institucionales, los trámites administrativos asociados a la cesión de derechos ambientales y los tiempos prolongados de respuesta por parte de la autoridad ambiental evidencian y generan la necesidad de analizar la eficiencia en el uso de los recursos financieros, técnicos y administrativos destinados a la restauración ecológica, examinar estos aspectos permite establecer en qué medida el desarrollo del plan ha sido coherente con los objetivos ambientales propuestos y con los plazos previstos para su implementación.

La ausencia de estudios orientados a analizar la eficiencia de los Planes de Restauración Ecológica limita la identificación de cuellos de botella en los procesos de planificación y ejecución, así como la detección de oportunidades de mejora en el uso de los recursos destinados a la restauración ecológica. En este sentido, abordar esta problemática resulta relevante no solo para comprender el desempeño del Plan de Restauración Ecológica asociado al Puente La Colorada, sino también para generar insumos que contribuyan al fortalecimiento de la gestión ambiental en futuros proyectos de infraestructura vial que involucren procesos de sustracción y compensación ambiental, desde una perspectiva de sostenibilidad ambiental.

El Plan de Restauración Ecológica derivado del proceso de sustracción ambiental asociado al proyecto de infraestructura vial Puente La Colorada, en el área de influencia del Parque Nacional Natural El Cocuy, presenta limitaciones relacionadas con la eficiencia en su desarrollo. Estas limitaciones no se refieren al incumplimiento normativo ni a la inexistencia de acciones de restauración, sino a la ausencia de un análisis sistemático que permita relacionar la planificación, el uso de los recursos disponibles y los resultados obtenidos durante la formulación y la implementación inicial del plan. Esta situación dificulta valorar en qué medida el Plan de Restauración Ecológica ha sido desarrollado de forma eficiente y si las acciones ejecutadas contribuyen de manera óptima al cumplimiento de los objetivos ambientales propuestos.

1.3. Descripción detallada del problema

1.3.1. Causas del problema

Las limitaciones en la eficiencia de los Planes de Restauración Ecológica (PRE) asociados a proyectos de infraestructura vial, particularmente en el área de influencia del proyecto Puente La Colorada, se explican por diversos factores de carácter técnico, administrativo e institucional.

En primer lugar, se evidencia el predominio de un enfoque técnico–operativo en la formulación del PRE, orientado principalmente al cumplimiento normativo, con escasa incorporación de criterios que permitan analizar la eficiencia en la planificación y ejecución de las acciones propuestas.

Asimismo, se identifican debilidades en la planeación financiera del plan, especialmente en la estimación de costos asociados a las actividades de restauración ecológica, lo cual dificulta evaluar la coherencia entre los recursos asignados y las acciones ejecutadas. A esto se

suma la ausencia o limitada definición de indicadores que permitan relacionar los recursos financieros y técnicos invertidos con los resultados alcanzados.

De igual manera, se presentan insuficiencias en los mecanismos de seguimiento y control, lo que limita el análisis sistemático del desarrollo del plan en términos de tiempos, costos y cumplimiento. Finalmente, la limitada articulación entre las entidades responsables de la ejecución, las instancias de seguimiento y la autoridad ambiental incide en la toma de decisiones y en la eficiencia del proceso de restauración ecológica.

1.3.1.1. Causa raíz.

Las limitaciones en la eficiencia del Plan de Restauración Ecológica se originan en diversos factores de carácter técnico, administrativo e institucional. En primer lugar, se evidencian debilidades en la planeación técnica y financiera del plan, particularmente en la definición de actividades, tiempos y recursos requeridos para su ejecución. A esto se suma la ausencia o limitada definición de indicadores de eficiencia que permitan establecer una relación clara entre los recursos invertidos y los resultados alcanzados.

De igual manera, se identifican insuficiencias en los mecanismos de seguimiento y control, lo cual dificulta evaluar de manera sistemática el avance del plan y su desempeño. Asimismo, la limitada articulación entre las entidades responsables de la ejecución, las instancias de seguimiento y la autoridad ambiental incide en la toma de decisiones y en la eficiencia del proceso. Finalmente, se observa un enfoque orientado principalmente al cumplimiento normativo, más que al análisis de la eficiencia en la implementación de las acciones de restauración ecológica.

1.3.1.2. Causas secundarias

De manera complementaria a las causas principales, se identifican factores secundarios que inciden en las limitaciones de eficiencia del Plan de Restauración Ecológica. En primer lugar, se evidencian deficiencias en la gestión presupuestal, asociadas a la falta de precisión en la asignación y ejecución de los recursos financieros, lo cual dificulta la toma de decisiones oportunas durante el desarrollo del plan.

Asimismo, se presentan debilidades en la coordinación interinstitucional entre los actores involucrados en la ejecución, seguimiento y control del plan, lo que genera retrasos en la implementación de actividades y limita la articulación de esfuerzos técnicos y administrativos.

Adicionalmente, se identifica que los procesos de seguimiento han estado orientados principalmente a la verificación del cumplimiento de actividades, sin incorporar de manera suficiente criterios de evaluación relacionados con la eficiencia, la relación costo–resultado y el desempeño integral del plan.

Finalmente, se observa una limitada retroalimentación entre las etapas de formulación e implementación del Plan de Restauración Ecológica, lo que restringe la posibilidad de realizar ajustes adaptativos basados en los resultados obtenidos y en las condiciones reales del área intervenida.

1.3.2. Consecuencias del problema

Como resultado de las causas identificadas, se genera un uso poco optimizado de los recursos financieros y técnicos destinados a la restauración ecológica, lo que dificulta establecer una relación clara entre lo planificado y lo ejecutado. Esta situación puede derivar

en desajustes en la programación de actividades, en los costos estimados y en los tiempos previstos para la implementación del plan.

Adicionalmente, la ausencia de un análisis sistemático sobre la eficiencia limita la capacidad de realizar ajustes oportunos durante su desarrollo, reduciendo la posibilidad de mejorar procesos y fortalecer la coherencia entre las acciones ejecutadas y los objetivos ambientales definidos.

Como consecuencia de las causas identificadas, se presenta un uso ineficiente de los recursos financieros y técnicos destinados a la restauración ecológica, lo que dificulta establecer una relación coherente entre lo planificado y lo ejecutado. Esta situación genera desarticulación entre la planificación y la ejecución de las actividades, así como dificultades para realizar ajustes oportunos durante la implementación del plan. La falta de un enfoque orientado a la eficiencia incrementa el riesgo de que estas ineficiencias se reproduzcan en futuros proyectos de infraestructura vial que requieran procesos de sustracción y compensación ambiental. En consecuencia, se puede generar una afectación a la sostenibilidad de las medidas de compensación ambiental y a la recuperación efectiva de los ecosistemas intervenidos.

1.3.3. Afectación a la disciplina y a la comunidad

El problema identificado tiene implicaciones tanto en el ámbito disciplinar como en el territorial. En el campo de la gestión ambiental, limita el fortalecimiento de herramientas metodológicas orientadas a mejorar la planificación, ejecución y seguimiento de los Planes de Restauración Ecológica.

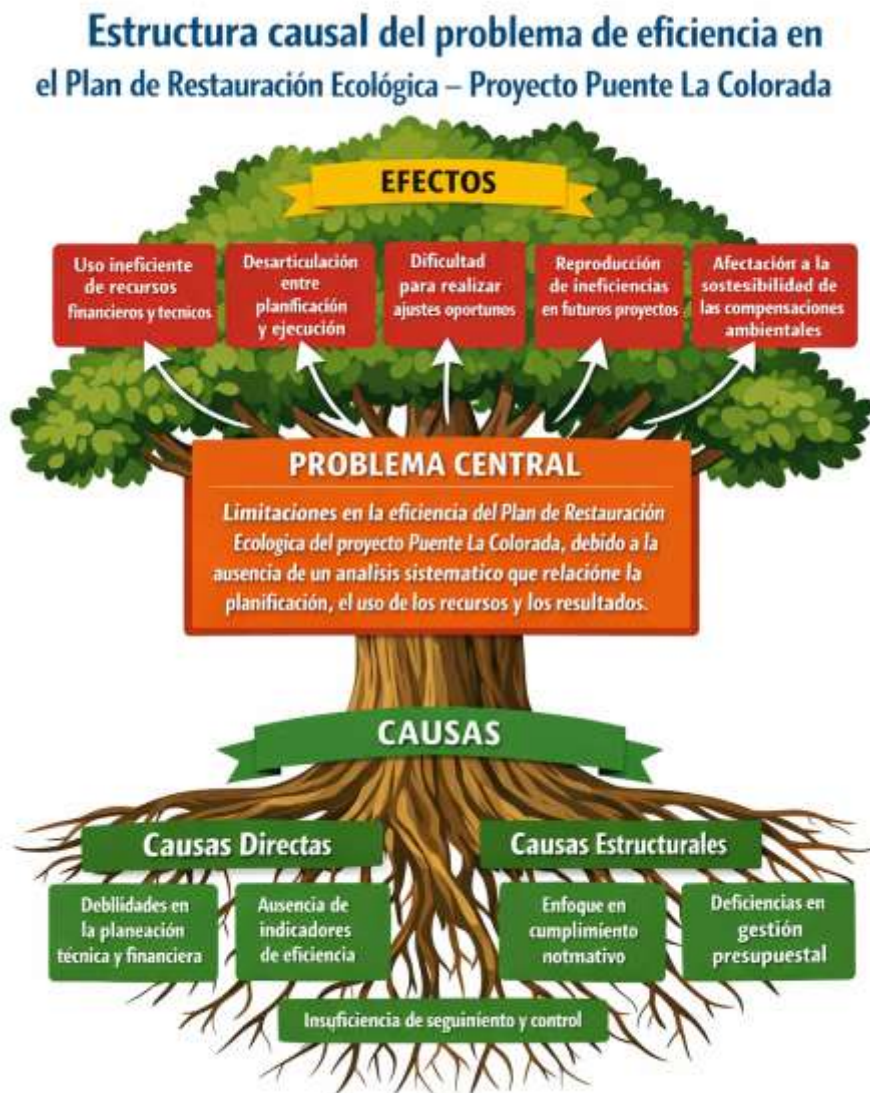
Desde la perspectiva institucional, dificulta la toma de decisiones basadas en evidencia técnica, afectando la calidad de los procesos de supervisión y control ambiental.

En el ámbito territorial, las comunidades pueden verse indirectamente afectadas, en la medida en que la eficiencia de las acciones de restauración incide en la recuperación efectiva de los ecosistemas y en los beneficios ambientales esperados.

1.3.4. Árbol del problema.

Figura 1.

Árbol de problema.



Nota: elaboración propia.

1.4. Determinación del alcance del problema (Delimitación)

1.4.1. Delimitación espacial

El estudio se circunscribe al proyecto de infraestructura vial Puente La Colorada, ubicado en el municipio de El Cocuy, y a su respectivo Plan de Restauración Ecológica formulado como medida de compensación ambiental derivada del proceso de sustracción en el área de influencia del Parque Nacional Natural El Cocuy.

1.4.2. Delimitación temporal

El análisis se realizará con base en la información correspondiente a la fase de formulación y a la etapa inicial de implementación del Plan de Restauración Ecológica, sin incluir la evaluación de resultados ecológicos de largo plazo, lo que permite el desarrollo del estudio en un periodo aproximado de tres meses.

1.4.3. Delimitación temática

El estudio se enfoca exclusivamente en el análisis de la eficiencia del Plan de Restauración Ecológica, considerando aspectos relacionados con la planificación del plan, el uso de los recursos financieros y técnicos, y los mecanismos de seguimiento implementados. No se profundiza en la medición de los resultados ecológicos finales ni en la efectividad ambiental de largo plazo de las acciones de restauración.

1.4.4. Stakeholders afectados

El desarrollo y los resultados del estudio tienen incidencia directa en las entidades responsables de la ejecución del proyecto de infraestructura vial y del Plan de Restauración Ecológica, en las interventorías encargadas del seguimiento, en las autoridades ambientales

competentes y en las comunidades locales del área de influencia, en la medida en que el desempeño del plan incide en la sostenibilidad ambiental del territorio.

1.4.5. Redacción del problema central.

Los Planes de Restauración Ecológica (PRE) constituyen una obligación ambiental fundamental en los proyectos de infraestructura vial que implican la sustracción de áreas de reserva forestal, en la medida en que buscan compensar los impactos generados sobre ecosistemas estratégicos. No obstante, su análisis se ha centrado principalmente en el cumplimiento normativo y en la ejecución técnica de las acciones de restauración, dejando en un segundo plano la evaluación de la eficiencia con la que se desarrollan los procesos asociados a su planificación, ejecución y seguimiento.

En el caso del Plan de Restauración Ecológica derivado del proceso de sustracción ambiental asociado al proyecto de infraestructura vial Puente La Colorada, en el municipio de El Cocuy, la complejidad del proceso, la participación de múltiples actores institucionales y los tiempos prolongados en la adopción de decisiones evidencian la necesidad de analizar la eficiencia en el uso de los recursos financieros y técnicos destinados a la restauración ecológica. Esta situación dificulta establecer en qué medida el desarrollo del plan ha sido coherente con los objetivos ambientales propuestos y con los plazos previstos para su implementación.

En este contexto, el problema central radica en la falta de análisis sobre la eficiencia del Plan de Restauración Ecológica asociado al Puente La Colorada, lo cual limita la identificación de oportunidades de mejora orientadas a optimizar el uso de los recursos disponibles y a fortalecer la sostenibilidad ambiental de los proyectos de infraestructura vial que requieren procesos de sustracción y compensación ambiental.

1.5. Pregunta de investigación y objetivos.

1.5.1. Pregunta de investigación

¿Cuál es el nivel de eficiencia en la implementación del Plan de Restauración Ecológica derivado del proceso de sustracción ambiental asociado al proyecto de infraestructura vial Puente La Colorada, y qué recomendaciones pueden formularse para su mejoramiento desde una perspectiva ambiental sostenible?

1.5.2. Objetivo general

Evaluar la eficiencia en la implementación del Plan de Restauración Ecológica derivado del proceso de sustracción ambiental asociado al proyecto de infraestructura vial Puente La Colorada, en el municipio de El Cocuy, desde una perspectiva ambiental sostenible.

1.5.3. Objetivos específicos

- Analizar la planificación, ejecución y mecanismos de seguimiento implementados en el Plan de Restauración Ecológica asociado al proyecto Puente La Colorada.
- Examinar la relación entre los recursos financieros y técnicos asignados y las actividades desarrolladas durante la implementación del plan.
- Formular recomendaciones orientadas a mejorar la eficiencia en la implementación del Plan de Restauración Ecológica asociado al proyecto de infraestructura vial Puente La Colorada.

1.6. Justificación del proyecto de investigación

1.6.1. Importancia de abordar el problema investigado

El análisis de la eficiencia del Plan de Restauración Ecológica asociado al proyecto Puente La Colorada resulta altamente relevante desde una perspectiva ambiental, institucional y académica, debido a que los PRE constituyen instrumentos obligatorios en proyectos que implican sustracción de áreas de reserva forestal y compensación por pérdida de biodiversidad.

En el contexto colombiano, los planes de restauración ecológica no deben concebirse únicamente como documentos técnicos de cumplimiento normativo, sino como procesos integrales que incluyen diagnóstico, acciones de restauración, monitoreo e inversión de recursos financieros y técnicos. En el caso del Plan de Restauración Ecológica del predio La Porfía, el documento contempla componentes físicos, bióticos, sociales, plan de acción, costos y seguimiento, evidenciando su complejidad técnica y operativa

Sin embargo, la literatura y la práctica institucional han priorizado la verificación del cumplimiento de actividades (siembra, restauración vegetal, adquisición predial), dejando en segundo plano el análisis de eficiencia desde una perspectiva ambiental sostenible.

Desde un enfoque técnico de gestión ambiental, la relación costo–resultado ambiental se entiende como el análisis sistemático que permite establecer la correspondencia entre los recursos financieros invertidos en la implementación del Plan de Restauración Ecológica y los resultados ecológicos obtenidos, tales como la recuperación de cobertura vegetal, el restablecimiento de funciones ecosistémicas, la mejora en la biodiversidad y la estabilidad del ecosistema intervenido. Este criterio permite evaluar si la inversión realizada ha sido proporcional, eficiente y coherente con los objetivos ambientales definidos, evitando sobrecostos o subutilización de recursos en las acciones de restauración.

Por su parte, la optimización de los recursos técnicos y financieros hace referencia al uso eficiente, racional y planificado de los insumos económicos, metodológicos y operativos requeridos para la ejecución del plan, incluyendo estudios técnicos, selección de especies, actividades de restauración, monitoreo y seguimiento ambiental. Desde una perspectiva técnica, este aspecto implica garantizar que los recursos disponibles se asignen de manera estratégica según las prioridades ecológicas del área intervenida, minimizando reprocesos, ajustes operativos y desviaciones presupuestales que puedan afectar la eficiencia del proceso de restauración.

En cuanto a la coherencia entre planificación y ejecución, este componente técnico se orienta a verificar que las actividades desarrolladas en campo correspondan de manera directa con lo establecido en el diagnóstico ambiental, los objetivos, las metas, el cronograma y el plan de acción formulado en el Plan de Restauración Ecológica. La coherencia técnica implica que las estrategias de restauración implementadas respondan a las condiciones biofísicas del área, a los disturbios identificados y al potencial de restauración definido, garantizando trazabilidad entre la fase de formulación y la fase de implementación.

Finalmente, la articulación entre actores institucionales constituye un elemento clave para la eficiencia técnica y administrativa del plan, en la medida en que involucra la coordinación efectiva entre la entidad ejecutora, la autoridad ambiental, la interventoría, los equipos técnicos y las instancias de seguimiento y control. Una adecuada articulación institucional permite fortalecer la gobernanza del proceso de restauración, mejorar la toma de decisiones técnicas, garantizar la trazabilidad de las acciones ejecutadas y optimizar los tiempos de respuesta frente a requerimientos técnicos, administrativos y ambientales asociados a la implementación del Plan de Restauración Ecológica.

Esto genera vacíos en la evaluación real del impacto ambiental positivo del PRE y limita la mejora continua en la gestión ambiental de proyectos de infraestructura.

1.6.2. Contribución del proyecto para resolver el problema

El presente proyecto contribuirá a resolver el problema identificado mediante la evaluación sistemática de la eficiencia del Plan de Restauración Ecológica, considerando la relación entre los recursos invertidos, las acciones ejecutadas y los resultados ecológicos esperados.

Particularmente, el análisis se orientará a evaluar de manera técnica la coherencia entre el diagnóstico ambiental del predio La Porfía y las acciones de restauración propuestas, verificando que las estrategias definidas respondan a las condiciones biofísicas, bióticas y de disturbio identificadas en el área de estudio, así como al potencial de restauración y a los objetivos ecológicos planteados en el Plan de Restauración Ecológica. De igual manera, permitirá analizar el uso y la pertinencia de los indicadores de seguimiento y monitoreo del plan, con el fin de determinar si estos son suficientes, medibles y técnicamente adecuados para evidenciar el avance en la recuperación ecológica, la efectividad de las acciones implementadas y el cumplimiento de las metas ambientales a corto, mediano y largo plazo.

Asimismo, el estudio examinará la planificación financiera y técnica del PRE, considerando la asignación de recursos, la estructuración del plan de acción, la programación de actividades y la correspondencia entre los costos estimados, los recursos técnicos requeridos y las actividades ejecutadas, lo que permitirá valorar la eficiencia en la gestión de los recursos destinados a la restauración ecológica. Finalmente, el análisis facilitará la identificación de oportunidades de mejora en la gestión ambiental de las compensaciones ecológicas, mediante la detección de brechas en la planificación, ejecución, monitoreo y

articulación institucional, aportando lineamientos técnicos que fortalezcan la toma de decisiones, la trazabilidad del proceso y la sostenibilidad ambiental en la implementación de Planes de Restauración Ecológica asociados a proyectos de infraestructura vial.

Además, el PRE establece fases de monitoreo a corto, mediano y largo plazo con indicadores de efectividad de restauración, lo que constituye un insumo clave para analizar su eficiencia y desempeño ambiental

1.6.3. Alineación estratégica con la sostenibilidad ambiental y la gestión institucional

El presente proyecto se alinea estratégicamente con los principios de sostenibilidad ambiental aplicados a proyectos de infraestructura vial, en la medida en que aborda la evaluación de la eficiencia del Plan de Restauración Ecológica (PRE) como instrumento de compensación ambiental derivado de procesos de sustracción en ecosistemas de especial importancia ecológica. Desde un enfoque técnico, esta investigación se articula con la gestión ambiental sostenible, al promover el análisis integral de la planificación, ejecución, seguimiento y resultados de las medidas de restauración, garantizando que las intervenciones ambientales no solo cumplan con requisitos normativos, sino que contribuyan efectivamente al restablecimiento de las funciones ecosistémicas y a la conservación del capital natural.

De igual manera, el proyecto guarda coherencia con los lineamientos técnicos y normativos establecidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, particularmente en lo relacionado con la formulación, implementación y seguimiento de planes de restauración ecológica como medidas de compensación ambiental en áreas afectadas por proyectos de infraestructura. En este sentido, el análisis se enmarca en las obligaciones derivadas de los procesos de sustracción ambiental, los cuales exigen la adopción de medidas compensatorias orientadas a la recuperación ecológica, la restauración de coberturas vegetales y la protección

de los servicios ecosistémicos. Asimismo, la investigación contribuye al cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad ambiental en ecosistemas estratégicos, especialmente aquellos asociados a áreas de influencia de parques nacionales naturales y zonas de alta biodiversidad, donde la restauración ecológica adquiere un carácter prioritario para la conservación y el equilibrio ecológico del territorio.

Desde el enfoque institucional, particularmente aplicable a entidades como el INVÍAS y demás actores involucrados en la gestión de proyectos viales, el análisis de la eficiencia de los PRE fortalece la toma de decisiones basadas en evidencia técnica, al proporcionar insumos analíticos sobre la relación entre recursos invertidos, actividades ejecutadas y resultados ambientales alcanzados. A su vez, permite mejorar la trazabilidad ambiental de las compensaciones ecológicas, al estructurar un seguimiento técnico que documente de manera sistemática el avance, cumplimiento y efectividad de las acciones de restauración. En términos de gestión pública, este enfoque contribuye a la optimización del gasto público ambiental, al evaluar la eficiencia en la asignación y uso de los recursos financieros destinados a la restauración ecológica, y favorece la sostenibilidad de los proyectos de infraestructura al integrar criterios ambientales, técnicos y administrativos en la gestión de las obligaciones ambientales.

1.6.4. Beneficios potenciales del proyecto

Desde la perspectiva ambiental, el proyecto aporta beneficios significativos al mejorar la efectividad de los procesos de restauración ecológica mediante la evaluación técnica de la coherencia entre diagnóstico, acciones implementadas y resultados obtenidos. Esto permite fortalecer la recuperación funcional de ecosistemas degradados, favoreciendo el restablecimiento de la cobertura vegetal, la conectividad ecológica y los servicios ecosistémicos en el área intervenida. Asimismo, contribuye a la conservación de la biodiversidad en zonas de

influencia del Parque Nacional Natural El Cocuy y ecosistemas asociados, al promover acciones de restauración más eficientes, sostenibles y técnicamente justificadas.

En el ámbito académico, la investigación representa un aporte metodológico relevante para la evaluación de la eficiencia en planes de restauración ecológica, al integrar variables ecológicas, financieras, técnicas e institucionales en un mismo análisis. De esta manera, se genera conocimiento aplicado a la gerencia ambiental sostenible, fortaleciendo el desarrollo de enfoques analíticos orientados a la mejora continua de la gestión ambiental en proyectos de infraestructura. Adicionalmente, contribuye al fortalecimiento de la investigación en compensaciones ambientales, un campo que aún presenta vacíos teóricos y metodológicos en el contexto colombiano.

Finalmente, desde el enfoque institucional, el proyecto permite optimizar los procesos de supervisión y seguimiento ambiental en proyectos viales, al proporcionar criterios técnicos para evaluar el desempeño y la eficiencia de los Planes de Restauración Ecológica. Esto favorece la mejora en la planificación de las medidas de compensación ambiental, al identificar brechas, riesgos y oportunidades de ajuste durante la implementación del plan. De igual forma, contribuye a la reducción de riesgos ambientales y administrativos asociados al incumplimiento de obligaciones ambientales, al fortalecer la planificación estratégica, la articulación interinstitucional y la trazabilidad técnica de las acciones de restauración ecológica.

1.6. Acta de constitución del proyecto (Project charter).

Tabla 1.

Acta de constitución del proyecto.

Propósito/ Problema	El proyecto tiene como propósito evaluar la eficiencia en la implementación del Plan de Restauración Ecológica (PRE) derivado del proceso de sustracción ambiental asociado al proyecto de infraestructura vial Puente La Colorada, ubicado en el área de influencia del Parque Nacional Natural El Cocuy.
--------------------------------	--

	El problema central radica en la ausencia de un análisis sistemático que permita relacionar planificación, uso de recursos financieros y técnicos, ejecución de actividades y resultados obtenidos, desde una perspectiva de eficiencia ambiental sostenible.
--	---

Objetivo General

Objetivos

Objetivos Específicos:

1. Analizar la planificación, ejecución y mecanismos de seguimiento del PRE.

2. Examinar la relación entre recursos financieros/técnicos y actividades ejecutadas.

3. Formular recomendaciones para mejorar la eficiencia del plan.

Indicadores de éxito (medibles)

1. Cumplimiento de los objetivos general y específicos del proyecto.

2. Entrega oportuna del documento de investigación en los tiempos establecidos (3 meses).

3. Coherencia técnica entre problema, objetivos, metodología y resultados.

4. Análisis técnico claro sobre la eficiencia del Plan de Restauración Ecológica.

5. Aceptación académica del documento por parte del docente evaluador.

6. Generación de recomendaciones aplicables a la gestión ambiental institucional.

Incluye:

- Análisis documental del PRE.

- Evaluación de planificación, ejecución presupuestal y seguimiento.

- Estudio de caso aplicado al proyecto Puente La Colorada.

- Análisis de eficiencia en fase de formulación e implementación inicial.

Alcance

Excluye:

- Evaluación ecológica de largo plazo.

- Medición directa en campo de biodiversidad o captura de carbono.

- Reformulación integral del PRE.

Interesados del proyecto o Skateholders

ITEM	TIPO	INTERESADOS	NOMBRE / ENTIDAD
1	Interno	Profesionales investigadores del proyecto	Liceth Yamile Peña Suárez, Melisa Puello Santos y Daniela de Jesús Llorente Romero
2	Interno	Equipo Investigador	Estudiantes Proyecto de Grado
3	Externo	Autoridad Ambiental	MADS / Autoridad Ambiental Competente
4	Externo	Ejecutor plan de restauración	Unión Temporal
5	Externo	Comunidades del área de influencia	Comunidad de El Cocuy
6	Externo	Entidades de seguimiento y control ambiental	Autoridades ambientales y entes de control

- 1-Acta de constitución del proyecto.
- 2-Registro de interesados y matriz poder–interés.
- 3-Matriz de síntesis bibliográfica (Estado del arte).

Entregables

- 4-Documento final del proyecto de grado con normas APA.
- 5-Recomendaciones técnicas para optimización del PRE.

	FASE	HITO PRINCIPAL	ACTIVIDADES CLAVE	MES 1	MES 2	MES 3
Hitos	Fase 1 – Inicio del Proyecto	Aprobación del Acta de Constitución	Definición del alcance, objetivos, metodología y estructura del proyecto			
	Fase 1 – Inicio	Estructuración del marco teórico y estado del arte	Revisión bibliográfica, justificación y consolidación del problema de investigación			
	Fase 2 – Planificación	Diseño metodológico del análisis del PRE	Definición de variables, indicadores de eficiencia y técnicas de análisis documental			
	Fase 2 – Planificación	Consolidación de instrumentos de análisis	Organización de matrices, fuentes documentales y estructura analítica			
	Fase 3 – Ejecución investigativa	Recolección y revisión documental del PRE	Análisis de documentos técnicos, administrativos y ambientales del Plan de Restauración Ecológica			
	Fase 3 – Ejecución investigativa	Análisis de eficiencia del Plan de Restauración Ecológica	Evaluación de planificación, ejecución, recursos financieros y mecanismos de seguimiento			
	Fase 4 – Análisis y resultados	Interpretación de resultados técnicos	Relación entre recursos invertidos, actividades ejecutadas y resultados del PRE			
	Fase 4 – Formulación	Elaboración de recomendaciones técnicas y ambientales	Formulación de lineamientos para mejorar la eficiencia del PRE			
	Fase 5 – Cierre académico	Redacción del informe final	Integración de capítulos: justificación, análisis, resultados y conclusiones			
	Fase 5 – Cierre	Revisión, ajustes y entrega final	Correcciones académicas, validación metodológica y entrega del proyecto de grado			

Recursos y roles

Presupuesto:

Si bien el presente proyecto corresponde a una investigación académica y no requiere una inversión financiera directa por parte de una entidad contratante, se establece un presupuesto estimado que permite cuantificar los costos asociados al desarrollo del estudio, principalmente en términos de tiempo profesional y recursos operativos.

Estimación de costos del proyecto

Duración del proyecto: 3 meses
Equipo: 3 profesionales

Ítem	Descripción	Cantidad	Valor unitario (COP)	Valor total (COP)
1	Honorarios profesionales (3 investigadoras)	3 meses	4.000.000	36.000.000
2	Acceso a información y bases de datos	Global	300.000	300.000
3	Herramientas tecnológicas (software, licencias, internet)	Global	200.000	200.000
4	Gastos administrativos y operativos	Global	300.000	300.000
5	Imprevistos (5%)	-	-	1.840.000

Total estimado del proyecto: \$38.640.000 COP

El valor asignado a los honorarios profesionales (\$4.000.000 COP mensuales por investigadora) corresponde a una estimación acorde con las condiciones del mercado laboral colombiano para profesionales en el área ambiental, especialmente en actividades de consultoría, formulación y evaluación de instrumentos de gestión ambiental.

Este valor se encuentra dentro de los rangos reportados para consultores ambientales en Colombia, los cuales pueden oscilar entre aproximadamente \$3.2 y \$7 millones mensuales, dependiendo del nivel de experiencia y la complejidad del proyecto. En este sentido, el presupuesto propuesto representa una estimación razonable para un ejercicio de investigación aplicada con componente técnico especializado.

Es importante precisar que este presupuesto no implica una erogación real de recursos, sino que constituye un ejercicio de valoración económica del trabajo académico, permitiendo dimensionar el costo real de un estudio de estas características bajo condiciones de mercado.

Supuestos de la Organización y Ambientales:

Proyecto: Evaluación de la eficiencia del Plan de Restauración Ecológica – Puente La Colorada

Duración: 3 meses

Tipo de proyecto: Investigación aplicada – Proyecto Académico de Grado I.

ÍTEM	TIPO DE SUPUESTO	SUPUESTO DEL PROYECTO	IMPLICACIÓN EN EL PROYECTO	RIESGO ASOCIADO
1	Organizacional – Académico	Se contará con acompañamiento permanente del docente director y lineamientos metodológicos de la Universidad Piloto de Colombia	Garantiza rigor académico, coherencia metodológica y validación del proyecto	Retrasos en revisiones académicas o ajustes metodológicos
2	Organizacional – Información	Existirá disponibilidad de información documental del Plan de Restauración Ecológica (informes, soportes técnicos y administrativos)	Permite el análisis documental de la eficiencia del PRE	Limitaciones en el acceso a información técnica completa
3	Organizacional – Equipo investigador	El equipo investigador mantendrá continuidad durante los tres meses de ejecución del proyecto	Asegura trazabilidad del análisis y cumplimiento del	Atrasos en entregables por carga académica o laboral

			cronograma de hitos	
4	Organizacional – Institucional	Las entidades involucradas en el proyecto vial (ej. entidad ejecutora, interventoría y autoridad ambiental) cuentan con registros técnicos verificables	Facilita el análisis técnico de planificación, ejecución y seguimiento del PRE	Información incompleta o dispersa institucionalmente
5	Técnico – Metodológico	El enfoque de estudio de caso y análisis documental es suficiente para evaluar la eficiencia del PRE	Permite desarrollar el estudio sin necesidad de trabajo de campo	Limitación en la verificación empírica de resultados ecológicos
6	Técnico – Indicadores	El PRE contiene indicadores técnicos, financieros y de seguimiento analizables	Posibilita evaluar la relación entre recursos, actividades y resultados	Indicadores insuficientes o no medibles
7	Ambiental – Contexto ecológico	El área de influencia del proyecto (PNN El Cocuy) presenta condiciones ambientales estratégicas que justifican la restauración ecológica	Da pertinencia ambiental al análisis del PRE como medida de compensación	Factores ecológicos externos que influyen en la eficiencia del plan
8	Ambiental – Normativo	El Plan de Restauración Ecológica fue formulado conforme a lineamientos del Ministerio de Ambiente y normativa de sustracción ambiental	Permite evaluar el plan dentro del marco legal ambiental colombiano	Cambios normativos o interpretaciones institucionales
9	Ambiental – Implementación del PRE	Las acciones de restauración ecológica responden al diagnóstico biofísico del área intervenida	Permite analizar coherencia entre planificación y ejecución del plan	Desarticulación entre diagnóstico y acciones ejecutadas
10	Temporal	El proyecto se desarrollará dentro del periodo académico de tres (3) meses	Permite estructurar el cronograma de hitos y fases PMI	Limitación de tiempo para profundizar el análisis
11	Financiero – Indirecto	El estudio se basa en análisis documental y no requiere recursos financieros significativos	Viabilidad del proyecto académico sin costos elevados	Dependencia total de fuentes secundarias
12	Institucional – Gestión ambiental	La evaluación de la eficiencia del PRE aportará insumos para la mejora de la gestión ambiental en proyectos viales	Fortalece la toma de decisiones técnicas e institucionales	Baja aplicabilidad si no se socializan los resultados

Gerente del Proyecto asignado:

Liceth Yamile Peña Suárez

Melisa Puello Santos

Daniela de Jesús Llorente Romero

Responsables, funciones y obligaciones

Todos y cada persona involucrada en el proyecto tiene unas funciones y obligaciones específicas y correspondientes con su papel en el proyecto, que deberán estar claramente identificadas.

ÍTEM	RESPONSABLE / ROL	FUNCIÓN PRINCIPAL	OBLIGACIONES DENTRO DEL PROYECTO
------	-------------------	-------------------	----------------------------------

1	Investigadora Principal – Liceth Yamile Peña Suárez	Liderar el desarrollo integral del proyecto de investigación	Planificar, coordinar, estructurar el análisis del PRE, consolidar resultados, redactar el documento final y garantizar la coherencia técnica y metodológica del estudio
2	Melisa Puello Santos Daniela de Jesús Llorente Romero Equipo Investigador (Grupo de Proyecto de Grado)	Apoyar la ejecución académica y técnica del proyecto	Revisión documental, análisis de información, construcción del estado del arte, matrices de análisis y apoyo en la formulación de recomendaciones
6	Contratista responsable del plan	Fuente técnica de seguimiento del PRE	Proporcionar información técnica, reportes de seguimiento y contexto operativo del Plan de Restauración Ecológica (cuando aplique documentalmente)
7	Autoridad Ambiental (MADS / ANLA / CAR competente)	Entidad reguladora ambiental	Establecer lineamientos normativos sobre restauración ecológica y procesos de compensación ambiental
8	Comunidad académica (evaluadores y jurados)	Evaluación académica del proyecto	Revisar la calidad investigativa, pertinencia metodológica y aporte técnico del estudio
9	Fuentes documentales técnicas y normativas (rol indirecto)	Insumo técnico para el análisis del PRE	Proveer información verificable para el análisis documental de la eficiencia del plan

-Tiempo limitado (3 meses).

Restricciones

-Información sensible de carácter institucional.

-Alcance delimitado a fase inicial del PRE.

Riesgos iniciales y mitigación

Riesgo	Impacto	Mitigación
Información incompleta	Alto	Solicitud formal de documentos
Retrasos en validación	Medio	Entregas parciales anticipadas
Limitaciones presupuestales documentales	Medio	Análisis cualitativo complementario
Falta de indicadores claros en PRE	Alto	Construcción de marco analítico propio

El presente documento autoriza formalmente el inicio del Proyecto Académico de Grado I y reconoce la autoridad del equipo investigador para desarrollar las actividades establecidas dentro del alcance definido.

Aprobación

Firma Docente: _____

Fecha: _____

Nota. elaboración propia.

1.7. Registro de interesados.

Tabla 2.

Registro de interesados.

Interesado / Rol	Tipo	Interés (qué le importa)	Poder (1–3)	Interés (1–3)	Actitud	Necesidad de información	Expectativa clave	Estrategia de gestión
Docente asesor (Patrocinador académico)	Interno	Calidad metodológica, coherencia PMI, cumplimiento académico	3	3	+	Semanal	Entregables coherentes y técnicamente sólidos	Gestionar de cerca – reuniones periódicas y validaciones
Equipo investigador	Interno	Desarrollo exitoso del proyecto y	3	3	+	Permanente		Coordinación directa y

		aprobación académica						Cumplimiento del cronograma Entrega formal y cumplimiento normativo	seguimiento continuo
Coordinación académica	Interno	Cumplimiento de lineamientos institucionales	2	2	+	Por hitos			Mantener satisfecha
Entidad ejecutora del proyecto vial (ej. Instituto Nacional de Vías)	Externo	Evaluación objetiva del PRE y mejora institucional	3	2	0	Por hitos		Análisis técnico que no genere riesgo reputacional	Mantener satisfecha
Autoridad ambiental competente (ej. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible)	Externo	Cumplimiento de obligaciones ambientales	3	3	0	Por hitos		Análisis alineado con normativa	Gestionar de cerca
Interventoría ambiental	Externo	Evaluación de seguimiento técnico del PRE	2	2	0	Mensual		Claridad técnica en análisis	Mantener informada
Comunidad local área de influencia	Externo	Recuperación ecosistémica y beneficios ambientales	1	3	+	Por hitos		Transparencia en resultados	Mantener informada
Autoridades del área protegida (ej. Parque Nacional Natural El Cocuy)	Externo	Conservación del ecosistema	3	3	0	Por hitos		Restauración eficiente y sostenible	Gestionar de cerca
Entidades de control ambiental	Externo	Transparencia y trazabilidad	2	2	0	Por hitos		Evidencia documental clara	Mantener satisfechas

Nota. Elaboración propia.

1.7. Matriz Poder – Interés (priorización rápida).

El proyecto denominado “Evaluación de la eficiencia del Plan de Restauración Ecológica Puente La Colorada” se estructura metodológicamente bajo los lineamientos del Project Management Institute (PMI), específicamente en lo relacionado con la Fase de Inicio del proyecto. En este contexto, se incorpora el análisis y la clasificación de los interesados como un componente fundamental para la adecuada gestión del estudio. La identificación y categorización de los actores se realizó considerando dos criterios principales: el poder, entendido como la capacidad de influencia en la aprobación, validación o desarrollo del proyecto, y el interés, relacionado con el nivel de afectación o involucramiento frente a los resultados del estudio. Esta clasificación permite priorizar estrategias de comunicación y gestión, garantizando una articulación adecuada con las entidades y actores relevantes en el proceso evaluativo.

1.8. Escala de valoración aplicada

- Poder: Capacidad de influir en decisiones, recursos o aprobación (Bajo–Medio–Alto).
- Interés: Nivel de involucramiento o afectación por los resultados del proyecto (Bajo–Medio–Alto).

1.9. Análisis Estratégico de Priorización:

- El proyecto tiene alto componente técnico–normativo, por lo que la gestión debe concentrarse en autoridades ambientales y patrocinador académico.
- El riesgo reputacional y técnico se concentra en actores con poder alto.
- La sostenibilidad del análisis exige mantener legitimidad institucional.

Tabla 3.

Matriz de priorización 2x2

	INTERÉS BAJO	INTERÉS ALTO
	MANTENER SATISFECHOS	GESTIONAR DE CERCA
PODER ALTO	Contratista ejecutora del proyecto vial Entidades de control ambiental: Interés indirecto, pero influencia relevante. Estrategia: Informes ejecutivos por hitos y comunicación formal.	Autoridad Ambiental (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible): Regula los PRE y define lineamientos normativos. Administración PNN El Cocuy: Alta influencia sobre gestión ambiental del territorio. Estrategia: Reuniones periódicas, validación técnica anticipada, entregables parciales.
PODER BAJO	MONITOREAR Actores académicos secundarios. Apoyos administrativos no decisorios. Estrategia: Seguimiento eventual mínimo y comunicación eventual.	MANTENER INFORMADOS Comunidad local del área de influencia: Alto interés ambiental, baja capacidad decisoria. Interventoría ambiental: Interés técnico, poder limitado en contexto accesible. Estrategia: Comunicación clara, reportes técnicos resumidos y síntesis técnica accesible.

Nota. Elaboración propia.

CAPITULO 2.

2. ANTECEDENTES.

La restauración ecológica es reconocida a nivel mundial como una de las estrategias fundamentales para la recuperación de ecosistemas degradados por actividades antrópicas, incluidas aquellas asociadas a proyectos de infraestructura, de acuerdo con la Society for Ecological Restoration (SER), la restauración ecológica consiste en asistir el restablecimiento de la estructura, función y composición de los ecosistemas, integrando dimensiones ecológicas, sociales e institucionales en su implementación (SER, 2019). Este enfoque resalta que la restauración no se limita a la siembra o recuperación de cobertura vegetal, sino que implica procesos planificados orientados al restablecimiento de la integridad ecológica.

En el contexto de los proyectos de infraestructura vial, la intervención de áreas ambientalmente sensibles genera impactos significativos sobre la cobertura vegetal, la biodiversidad y los procesos ecológicos, lo que hace indispensable la adopción de medidas de compensación y restauración; si bien la formulación técnica de los planes de restauración constituye un componente esencial, su adecuada implementación depende de la coherencia entre lo planificado, los recursos disponibles y los mecanismos de seguimiento aplicados (Clewel & Aronson, 2013).

En Colombia, la ejecución de proyectos de infraestructura vial en áreas de reserva forestal o en zonas de especial importancia ambiental se encuentra regulada por un marco normativo que establece procedimientos específicos para la sustracción de áreas protegidas, el Decreto 1076 de 2015 dispone que, como resultado de estos procesos, los titulares de los proyectos deben formular e implementar planes de restauración ecológica

orientados a la recuperación de las áreas intervenidas y al restablecimiento de los servicios ecosistémicos afectados (Presidencia de la República de Colombia, 2015), estas disposiciones consolidan los Planes de Restauración Ecológica como una obligación ambiental vinculante.

Adicionalmente, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible ha definido lineamientos técnicos para la formulación y ejecución de los planes de restauración ecológica, resaltando la importancia del seguimiento, la evaluación y la articulación institucional para garantizar la efectividad de las medidas adoptadas (MADS, 2018), no obstante, estos lineamientos se han orientado principalmente hacia criterios biofísicos y técnicos, dejando en segundo plano el análisis sobre cómo se desarrollan los procesos de planificación, asignación de recursos y seguimiento de los planes desde una perspectiva de eficiencia.

En el caso del área de influencia del Parque Nacional Natural El Cocuy, la ejecución de proyectos de infraestructura vial ha requerido la aplicación de procesos de sustracción, dando lugar a la formulación de planes de restauración ecológica como medidas de compensación ambiental, sin embargo, la evidencia disponible se ha centrado principalmente en la evaluación de resultados ecológicos o en el cumplimiento de requisitos normativos, sin abordar de manera sistemática el análisis de la eficiencia en la implementación de dichos planes, particularmente en lo que corresponde con la relación entre recursos invertidos, actividades ejecutadas y resultados alcanzados.

La ausencia de estudios orientados a examinar la eficiencia de los Planes de Restauración Ecológica derivados de procesos de sustracción en áreas de alta sensibilidad ambiental, como el entorno del Parque Nacional Natural El Cocuy, limita la comprensión integral de los factores que inciden en el cumplimiento efectivo de las obligaciones

ambientales, en este contexto, analizar el caso del Plan de Restauración Ecológica asociado al proyecto de infraestructura vial Puente La Colorada permite aportar elementos que contribuyan al fortalecimiento de la gestión ambiental en este tipo de intervenciones, desde una perspectiva de sostenibilidad y mejora continua.

2.1. Estado del arte.

En los últimos años, la restauración ecológica se ha consolidado como una estrategia central para mitigar y compensar los impactos generados por proyectos de infraestructura, en particular en aquellos asociados a intervenciones sobre ecosistemas naturales. La literatura reciente destaca un cambio de enfoque desde la revegetalización hacia la recuperación de funciones ecosistémicas, resiliencia y conectividad del paisaje, integrando criterios biofísicos y de gestión adaptativa para garantizar resultados sostenibles en el tiempo (Gann et al., 2021; Meli et al., 2022). Este enfoque reconoce que el éxito de la restauración no depende únicamente de la cobertura vegetal lograda, sino de la recuperación de procesos ecológicos y de la capacidad del sistema restaurado para mantenerse sin intervenciones externas prolongadas (Aronson et al., 2020).

En el contexto de América Latina, la restauración ecológica ha sido implementada principalmente como medida de compensación derivada de procesos de licenciamiento ambiental en sectores como el vial, energético y minero. Estudios recientes han evidenciado avances en la formulación de planes de restauración, pero también limitaciones significativas en su implementación, seguimiento y evaluación de resultados, especialmente en lo relacionado con la permanencia de las coberturas restauradas, la diversidad biológica alcanzada y la articulación con las comunidades locales (Murcia et al., 2021; Crouzeilles et al., 2020). Estas limitaciones han llevado a enfatizar la necesidad de evaluar no solo la ejecución de las acciones, sino su eficiencia y efectividad a mediano y largo plazo.

En Colombia, la restauración ecológica asociada a procesos de sustracción ambiental en proyectos de infraestructura vial ha adquirido relevancia en los últimos años como mecanismo de compensación ambiental y recuperación de servicios ecosistémicos estratégicos. Estudios recientes del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt evidencian que los procesos de restauración en zonas intervenidas por infraestructura deben orientarse bajo el enfoque de restauración funcional, priorizando la conectividad ecológica y la recuperación de la estructura del paisaje, más allá de acciones aisladas de revegetalización (Humboldt, 2021). Este enfoque resulta clave en zonas como el norte de Colombia, donde las dinámicas de fragmentación y presión antrópica son altas, especialmente en corredores viales.

Desde la perspectiva normativa y de gestión, el marco regulatorio colombiano liderado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible establece que los procesos de sustracción de áreas de reserva o de ecosistemas estratégicos deben incluir planes de restauración ecológica con metas medibles y mecanismos de seguimiento (MADS, 2022). Investigaciones recientes han señalado que uno de los principales desafíos radica en la evaluación de la eficiencia de dichos planes, ya que en muchos casos se formulan indicadores de cumplimiento físico (áreas intervenidas o número de individuos plantados), pero no indicadores de recuperación ecológica real (IDEAM, 2023).

En el contexto de proyectos viales, investigaciones desarrolladas por el Instituto Nacional de Vías han documentado que la implementación de planes de restauración ecológica en obras lineales enfrenta dificultades relacionadas con la heterogeneidad de los suelos, la compactación, la alteración del drenaje natural y la introducción de especies invasoras (INVÍAS, 2021). Estas condiciones son especialmente relevantes en regiones de transición entre bosque seco tropical y zonas húmedas, como ocurre en amplios sectores del Caribe colombiano, donde la resiliencia ecosistémica es variable.

Diversos estudios recientes en ecosistemas de bosque seco tropical en la región Caribe, liderados por universidades como la Universidad de Córdoba y la Universidad del Magdalena, han evidenciado que los procesos de restauración ecológica requieren un enfoque adaptativo que incorpore monitoreo permanente, participación comunitaria y selección de especies nativas funcionales (García et al., 2022; Pérez & Rojano, 2023). Estos estudios destacan que la supervivencia de plántulas y la recuperación de cobertura vegetal dependen en gran medida de factores como la disponibilidad hídrica, la presión ganadera y el mantenimiento post-siembra.

En relación con la evaluación de la eficiencia de los planes de restauración, literatura reciente en gestión ambiental plantea la necesidad de integrar indicadores ecológicos, sociales y económicos, en coherencia con los principios de sostenibilidad (Gann et al., 2019; adaptado en estudios regionales recientes 2020–2024). En Colombia, investigaciones del IDEAM han propuesto marcos de seguimiento basados en indicadores de diversidad, estructura de la vegetación, conectividad y captura de carbono, lo cual permite evaluar la efectividad a mediano y largo plazo de las medidas de compensación (IDEAM, 2023).

En el caso específico de la región donde se ubica el proyecto del Puente La Colorada, caracterizada por la influencia de cuencas hidrográficas asociadas al río Magdalena y ecosistemas intervenidos por actividades agropecuarias, estudios recientes han identificado que los procesos de restauración ecológica deben priorizar la recuperación de rondas hídricas, la estabilización de taludes y la reconexión de corredores biológicos ribereños (Corpamag, 2022; Cardique, 2023). Estas acciones son fundamentales para garantizar la funcionalidad ecológica del paisaje y la reducción de riesgos asociados a erosión y pérdida de biodiversidad.

Adicionalmente, investigaciones recientes en gerencia de proyectos ambientales han resaltado que la eficiencia de los planes de restauración ecológica depende en gran medida de

la articulación institucional, la disponibilidad presupuestal y la continuidad en la implementación de los programas de mantenimiento y monitoreo (PMI, 2021; BID, 2022). En proyectos viales, donde los tiempos de obra suelen ser más cortos que los procesos ecológicos, se ha evidenciado la necesidad de diseñar esquemas de seguimiento post-obra que aseguren la sostenibilidad de las acciones de restauración en el tiempo.

Finalmente, la literatura reciente coincide en que la evaluación de la eficiencia de los planes de restauración ecológica derivados de procesos de sustracción ambiental debe trascender el cumplimiento normativo y orientarse hacia la medición de impactos reales sobre los servicios ecosistémicos, la resiliencia del territorio y el bienestar de las comunidades locales. Este enfoque es coherente con los principios de la gerencia ambiental y la sostenibilidad, y constituye el marco conceptual adecuado para evaluar el caso del proyecto de infraestructura vial Puente La Colorada en Colombia.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Restauración ecológica.

La restauración ecológica se define como el proceso de asistir la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido, con el propósito de restablecer su estructura, composición y funcionalidad ecológica, de tal manera que pueda retomar su trayectoria y mantener su resiliencia frente a perturbaciones futuras (Society for Ecological Restoration, 2019; Gann, G. D. et al., 2021).

Este enfoque trasciende la simple recuperación de la cobertura vegetal, ya que implica la reactivación de procesos ecológicos fundamentales como los ciclos biológicos, la dinámica hidrológica y las interacciones entre especies, garantizando así la sostenibilidad del ecosistema en el tiempo (Food and Agriculture Organization & World Resources Institute, 2019).

A nivel global, diversos estudios han demostrado que el éxito de los procesos de restauración depende de factores como las condiciones iniciales del ecosistema, la presión antrópica y la selección de estrategias adecuadas (Crouzeilles, R. et al., 2020; Meli, P. et al., 2022). En este sentido, la restauración puede desarrollarse mediante diferentes enfoques, incluyendo restauración activa, regeneración natural asistida y control de factores de degradación, los cuales deben seleccionarse en función del contexto ecológico específico.

En el contexto colombiano, la restauración ecológica adquiere un papel estratégico en la gestión ambiental de proyectos de infraestructura, especialmente en ecosistemas sensibles como el bosque seco tropical y las áreas de alta importancia ecológica (Instituto Alexander von Humboldt, 2021; García, H. et al., 2022).

En proyectos como el Puente La Colorada, la restauración ecológica se constituye en una medida clave para compensar los impactos generados por la intervención de ecosistemas, requiriendo la formulación de Planes de Restauración Ecológica (PRE) que integren criterios técnicos, ecológicos y sociales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022).

2.2.2. Compensación ambiental en proyectos de infraestructura

La compensación ambiental es un instrumento fundamental de la gestión ambiental orientado a equilibrar los impactos negativos generados por proyectos de desarrollo, especialmente cuando estos no pueden ser evitados o mitigados completamente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022).

Este instrumento se fundamenta en el principio de la jerarquía de la mitigación, el cual establece que los impactos deben ser evitados, minimizados, restaurados y, finalmente, compensados cuando persisten efectos residuales. Este enfoque ha sido ampliamente

adoptado en la gestión de proyectos de infraestructura a nivel internacional (Banco Interamericano de Desarrollo, 2022).

En Colombia, la compensación ambiental se articula con instrumentos como la sustracción de áreas de reserva forestal, donde se exige la formulación de Planes de Restauración Ecológica como medida para restituir los servicios ecosistémicos afectados (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2023).

Estos planes deben diseñarse bajo criterios técnicos que garanticen la equivalencia ecológica, considerando la calidad del ecosistema intervenido, la ubicación del área de compensación y los objetivos de conservación del territorio. Asimismo, deben incorporar mecanismos de monitoreo y seguimiento que permitan evaluar la efectividad de las acciones implementadas (FAO & WRI, 2019).

En proyectos de infraestructura vial, como los desarrollados por el Instituto Nacional de Vías, la compensación ambiental se convierte en un componente clave para garantizar la sostenibilidad del proyecto, permitiendo mitigar impactos, restaurar ecosistemas y fortalecer la conectividad ecológica (INVÍAS, 2021).

2.2. Marco contextual

El Parque Nacional Natural El Cocuy constituye una de las áreas protegidas más importantes del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia, declarado en el marco de la Ley 2 de 1959 como parte de las zonas de reserva forestal del país. Esta área se caracteriza por la presencia de ecosistemas estratégicos de páramo, subpáramo y bosques altoandinos, los cuales desempeñan un papel fundamental en la regulación hídrica, la conservación de la biodiversidad y el sostenimiento de servicios ecosistémicos esenciales para las regiones de Boyacá, Arauca y Norte de Santander.

No obstante, estos ecosistemas han sido históricamente afectados por diversas presiones antrópicas, tales como la expansión de la frontera agropecuaria, prácticas inadecuadas de uso del suelo y el desarrollo de proyectos de infraestructura vial, los cuales han generado procesos de fragmentación del paisaje, pérdida de cobertura vegetal y alteración de las dinámicas ecológicas del territorio.

En este contexto, se enmarcan proyectos estratégicos de infraestructura como el Puente La Colorada y el corredor vial de la Carretera de la Soberanía (La Lejía – Saravena), los cuales buscan mejorar la conectividad regional y promover el desarrollo socioeconómico en zonas históricamente aisladas del país. Sin embargo, la ejecución de este tipo de proyectos ha implicado la intervención de áreas ambientalmente sensibles, incluyendo zonas asociadas a la Reserva Forestal El Cocuy, lo que ha requerido la aplicación de instrumentos de manejo ambiental como la sustracción de áreas de reserva y la implementación de medidas de compensación ambiental.

En el caso del proyecto Puente La Colorada, la intervención sobre la Reserva Forestal El Cocuy dio lugar a la expedición de la Resolución 1936 de 2015 por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, mediante la cual se autorizó la sustracción de un área específica, estableciendo como obligación la formulación e implementación de un Plan de Restauración Ecológica como medida de compensación ambiental.

Este plan fue estructurado para el predio La Porfía, seleccionado con base en criterios ecológicos y de conectividad, con el fin de contribuir a la recuperación de ecosistemas estratégicos en la región.

Por su parte, el corredor vial de la Carretera de la Soberanía, desarrollado en el marco del programa “Vías para la Legalidad y Reactivación Visión 2030”, ha implicado la ejecución de

obras de mejoramiento, mantenimiento y gestión predial, social y ambiental sostenible en un territorio de alta sensibilidad ecológica. Este proyecto ha requerido la implementación de planes de compensación ambiental y estrategias de restauración ecológica orientadas a mitigar los impactos generados sobre los ecosistemas y garantizar el cumplimiento de las obligaciones ambientales derivadas del licenciamiento y la normatividad vigente.

Con el fin de contrarrestar los impactos derivados de estas intervenciones, el Sistema de Parques Nacionales Naturales ha promovido la implementación de programas de restauración ecológica orientados a recuperar la estructura, composición y funcionalidad de los ecosistemas degradados, mediante estrategias como la regeneración natural asistida, la restauración activa y el establecimiento de especies nativas.

En este escenario, los Planes de Restauración Ecológica y los instrumentos de compensación ambiental adquieren un papel fundamental, no solo como mecanismos de cumplimiento normativo, sino como herramientas clave para garantizar la sostenibilidad ambiental de los proyectos de infraestructura vial.

Asimismo, permiten fortalecer la conectividad ecológica del territorio y contribuir a la conservación de los ecosistemas estratégicos del Parque Nacional Natural El Cocuy y su área de influencia.

CAPITULO 3.

3. METODOLOGIA

3.1. Variables del estudio

En el presente estudio, la variable dependiente corresponde a la eficiencia en la implementación del Plan de Restauración Ecológica asociado al proyecto de infraestructura vial Puente La Colorada. Esta variable se analiza a partir de la relación entre lo planificado, los recursos utilizados y las acciones ejecutadas durante la formulación y desarrollo del plan, considerando criterios de coherencia, uso adecuado de recursos y cumplimiento de lo programado.

Como variables independientes se contemplan aquellos factores que inciden directamente en el desarrollo del Plan de Restauración Ecológica. En primer lugar, se analiza la planeación del plan, entendida como la claridad en la definición de actividades, metas, tiempos y recursos asignados. En segundo lugar, se examina la ejecución presupuestal, considerando la correspondencia entre los recursos financieros proyectados y los efectivamente utilizados. También se incluye el cumplimiento del cronograma, evaluando el desarrollo de las actividades dentro de los tiempos previstos, así como los mecanismos de seguimiento implementados, los cuales permiten verificar el avance y ajuste de las acciones contempladas en el plan.

De manera complementaria, se consideran variables relacionadas con la relación entre recursos y resultados, particularmente el análisis del costo asociado a las actividades ejecutadas y la coherencia entre los recursos invertidos y las acciones desarrolladas. Estas variables permiten examinar la eficiencia del plan desde una perspectiva práctica y aplicable en el corto plazo.

Como variables de control se tienen en cuenta elementos contextuales que pueden influir en el análisis, tales como el tipo de proyecto de infraestructura vial al cual está asociado el plan, el alcance específico del Plan de Restauración Ecológica formulado y la disponibilidad de información documental para el desarrollo del estudio. Estos factores permiten delimitar el análisis y garantizar que las conclusiones se circunscriban al caso específico del Puente La Colorada.

3.2. Diseño de la investigación

El presente estudio corresponde a una investigación aplicada, dado que se orienta al análisis de un caso real con el propósito de generar insumos que permitan mejorar la implementación de los Planes de Restauración Ecológica en proyectos de infraestructura vial. No se limita a la reflexión teórica, sino que busca aportar recomendaciones prácticas basadas en el análisis del caso del Puente La Colorada.

El enfoque metodológico es cualitativo–cuantitativo, en la medida en que combina el análisis descriptivo de documentos técnicos y administrativos con la revisión de información relacionada con programación, recursos y ejecución presupuestal. El método adoptado es el estudio de caso, centrado específicamente en el Plan de Restauración Ecológica derivado del proceso de sustracción ambiental asociado al proyecto Puente La Colorada, en el municipio de El Cocuy.

Las técnicas empleadas corresponden principalmente al análisis documental, mediante la revisión de informes técnicos, documentos normativos, soportes administrativos y registros financieros disponibles. El alcance del estudio es descriptivo–analítico, ya que se busca caracterizar el desarrollo del plan y examinar la relación entre planificación, recursos y ejecución.

El tiempo estimado para el desarrollo de la investigación es de tres meses, periodo en el cual se realizará la recopilación, organización y análisis de la información documental necesaria para responder la pregunta de investigación y cumplir los objetivos planteados.

3.3. Enfoque de la investigación

3.3.1. Descripción del enfoque del proyecto (cuantitativo, cualitativo o mixto).

El enfoque metodológico del proyecto es cualitativo–cuantitativo (mixto), en la medida en que integra componentes interpretativos y analíticos orientados a evaluar la eficiencia del Plan de Restauración Ecológica (PRE) desde una perspectiva integral. El componente cualitativo comprende el análisis descriptivo de documentos técnicos y administrativos del PRE, la revisión de informes normativos, actos administrativos y lineamientos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, así como la interpretación de la coherencia entre el diagnóstico ambiental, la planificación y la ejecución de las actividades. De igual manera, incluye la evaluación de la articulación institucional entre los diferentes actores involucrados (autoridad ambiental e interventoría). Estas actividades responden a un análisis interpretativo y contextual propio del enfoque cualitativo, dado que se examinan procesos, se analiza la coherencia técnica, se valoran los mecanismos de seguimiento y se estudia la planificación como una categoría conceptual, trascendiendo la simple medición de variables numéricas para comprender cómo se estructuró y desarrolló el plan de restauración.

Por su parte, el componente cuantitativo incorpora el análisis de la ejecución presupuestal, la relación entre los recursos financieros proyectados y los efectivamente ejecutados, el cumplimiento de los cronogramas establecidos, la evaluación de indicadores técnicos y financieros y la relación costo–resultado ambiental. En este nivel se definen variables dependientes e independientes claramente delimitadas, se aplican indicadores medibles y se realizan comparaciones entre los recursos invertidos y las actividades

ejecutadas, permitiendo evaluar la eficiencia como la relación entre insumos y productos. Estos elementos corresponden a la lógica cuantitativa, ya que implican procesos de medición, comparación y análisis relacional entre variables, complementando así el análisis cualitativo y fortaleciendo la rigurosidad metodológica del estudio.

3.3.2. Justificación del enfoque mixto según la naturaleza del problema y los objetivos planteados.

El enfoque del proyecto es de carácter mixto (cualitativo–cuantitativo), en la medida en que permite analizar de manera integral tanto los aspectos técnicos, administrativos e institucionales asociados al Plan de Restauración Ecológica (PRE), como los elementos medibles relacionados con la eficiencia en su implementación. Desde la dimensión cualitativa, se examinan los procesos de planificación, la coherencia técnica del plan y la articulación entre los actores involucrados; mientras que, desde la dimensión cuantitativa, se evalúan indicadores asociados al uso de recursos financieros, cronogramas de ejecución y cumplimiento de actividades. La integración de ambas dimensiones posibilita la formulación de recomendaciones aplicadas orientadas a mejorar la eficiencia del plan.

La naturaleza del problema a evaluar la eficiencia de un Plan de Restauración Ecológica en el marco de un proyecto de infraestructura vial sometido a procesos de sustracción ambiental en el área de influencia del Parque Nacional Natural El Cocuy exige una aproximación metodológica integradora. Esto se debe a que la eficiencia ambiental no puede ser comprendida únicamente a partir de variables cuantificables, como costos o tiempos de ejecución, ni exclusivamente desde análisis interpretativos relacionados con la gestión institucional o la coherencia técnica del plan. Por el contrario, requiere un análisis que articule ambas perspectivas para lograr una comprensión completa del fenómeno estudiado.

En consecuencia, el enfoque mixto es metodológicamente coherente con la pregunta de investigación, los objetivos planteados, las variables definidas y el diseño de estudio de caso aplicado al PRE del proyecto Puente La Colorada.

En cuanto a la relación con la pregunta de investigación, esta se formula de la siguiente manera: ¿Cuál es el nivel de eficiencia en la implementación del Plan de Restauración Ecológica asociado al proyecto Puente La Colorada y qué recomendaciones pueden formularse para mejorar su planificación, ejecución y seguimiento? Esta pregunta implica, en primer lugar, determinar un nivel de eficiencia, lo cual corresponde a una dimensión medible de carácter cuantitativo; en segundo lugar, analizar los procesos de planificación, ejecución y coherencia técnica del plan, lo cual corresponde a una dimensión interpretativa de carácter cualitativo; y, finalmente, formular recomendaciones técnicas derivadas del análisis integrado de ambas dimensiones. Por tanto, la pregunta de investigación no puede resolverse únicamente mediante herramientas estadísticas ni exclusivamente mediante análisis descriptivos, sino que requiere una integración metodológica.

En relación con los objetivos del proyecto, el objetivo general consiste en evaluar la eficiencia en la implementación del Plan de Restauración Ecológica, lo cual implica analizar la relación entre los recursos invertidos y los resultados obtenidos (dimensión cuantitativa), así como examinar los procesos de planificación, ejecución y seguimiento del plan (dimensión cualitativa). Por su parte, los objetivos específicos refuerzan esta lógica mixta, en la medida en que incluyen el análisis de la planificación, ejecución y seguimiento del PRE (enfoque cualitativo descriptivo), el examen de la relación entre recursos y actividades ejecutadas (enfoque cuantitativo analítico) y la formulación de recomendaciones orientadas a la mejora del plan (síntesis integradora). En este sentido, existe una correspondencia directa entre los objetivos planteados y la adopción de un enfoque metodológico mixto.

3.4. Tipo de estudio

3.4.1. Definición del tipo de estudio

El proyecto se clasifica como descriptivo con alcance analítico aplicado porque se orienta a caracterizar, analizar y evaluar cómo se ha desarrollado el Plan de Restauración Ecológica (PRE) asociado al proyecto vial Puente La Colorada, en el área de influencia del Parque Nacional Natural El Cocuy.

3.4.2. Justificación del estudio descriptivo según la naturaleza del problema

Teniendo en cuenta que, el problema central identificado es la ausencia de un análisis sistemático sobre la eficiencia del Plan de Restauración Ecológica. El estudio busca analizar la planificación del PRE, examinar la ejecución presupuestal, evaluar mecanismos de seguimiento, describir la relación entre recursos y actividades ejecutadas y formular recomendaciones de mejora. Adicionalmente, las siguientes acciones planteadas en el proyecto corresponden metodológicamente a un estudio descriptivo porque caracteriza un fenómeno real (la implementación del PRE), examina variables ya existentes (planeación, ejecución, seguimiento), no modifica la realidad observada, se basa en análisis documental y se circunscribe a un caso específico (estudio de caso). Es decir, el proyecto no intenta probar causalidad ni intervenir el plan de restauración, sino describir técnicamente su desempeño en términos de eficiencia.

3.4.3. Cómo el estudio descriptivo contribuirá a resolver el problema.

El enfoque descriptivo del estudio permite aportar a la solución del problema planteado a través de varios componentes fundamentales. En primer lugar, la sistematización técnica garantiza la organización estructurada de la información dispersa contenida en el Plan de Restauración Ecológica (PRE), mediante la construcción de matrices analíticas que facilitan la visualización de la coherencia entre la planificación y la ejecución de las actividades. En

segundo lugar, la identificación de brechas se logra a partir de la descripción detallada de cronogramas, recursos asignados y actividades desarrolladas, lo que permite detectar posibles retrasos, desviaciones presupuestales, ausencia de indicadores y debilidades en los mecanismos de seguimiento. Asimismo, el estudio constituye una base para la mejora institucional, en la medida en que un análisis descriptivo técnicamente estructurado puede proporcionar insumos relevantes para entidades como el Instituto Nacional de Vías o el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, fortaleciendo la gestión ambiental en futuros procesos de sustracción. Finalmente, la investigación favorece la generación de evidencia aplicada, al transformar la información documental en un análisis técnico sistemático que contribuye a cerrar el vacío identificado en la literatura, relacionado con la escasa evaluación de la eficiencia en los Planes de Restauración Ecológica.

El presente proyecto de grado es descriptivo con alcance analítico aplicado bajo modalidad de estudio de caso, porque analiza un fenómeno real sin manipular variables, se centra en caracterizar planificación, ejecución y eficiencia, evalúa información existente mediante análisis documental y busca formular recomendaciones basadas en evidencia técnica.

Finalmente, este tipo de estudio se ajusta plenamente al problema de investigación planteado, ya que permite comprender de manera estructurada cómo se ha desarrollado el Plan de Restauración Ecológica del Puente La Colorada y, a partir de esa descripción técnica, proponer mejoras orientadas a optimizar la eficiencia ambiental en proyectos de infraestructura vial.

3.5. Métodos de recolección de datos

Para el desarrollo de la presente investigación se empleará principalmente el método de análisis documental, dado que el objeto de estudio corresponde al Plan de Restauración

Ecológica (PRE) derivado del proceso de sustracción ambiental asociado al proyecto de infraestructura vial Puente La Colorada, cuya información se encuentra contenida en documentos técnicos, administrativos y normativos.

El análisis documental permite examinar de manera sistemática información previamente generada, lo cual resulta pertinente para estudios de caso orientados a evaluar procesos de planificación, ejecución y seguimiento en proyectos ambientales. Este método facilita la revisión crítica de documentos institucionales con el fin de identificar la relación entre los recursos asignados, las actividades ejecutadas y los resultados esperados del plan de restauración.

En este contexto, las principales fuentes de información que serán objeto de análisis corresponden al Plan de Restauración Ecológica formulado para el proyecto Puente La Colorada, así como a los actos administrativos asociados al proceso de sustracción ambiental que dio origen a la obligación de implementar dicho plan. De igual manera, se revisarán los informes técnicos y ambientales relacionados con la implementación del PRE, junto con los registros de programación y ejecución de actividades desarrolladas durante su aplicación. Adicionalmente, se analizará la información presupuestal vinculada a las acciones de restauración ecológica, con el fin de evaluar la relación entre los recursos financieros asignados y las actividades ejecutadas. Finalmente, se considerarán los lineamientos técnicos expedidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en materia de restauración ecológica, los cuales constituyen el marco de referencia normativo y técnico para la formulación, implementación y seguimiento de este tipo de instrumentos ambientales.

La elección del análisis documental se justifica porque permite examinar la coherencia entre la planificación del PRE, la asignación de recursos y las actividades desarrolladas, sin

necesidad de realizar trabajo de campo, lo cual resulta coherente con el alcance temporal y académico del proyecto.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos utilizadas en el estudio se centran en la revisión sistemática de documentos técnicos y administrativos, complementada con herramientas de organización y análisis de información.

3.6.1. Técnicas de recolección

Las principales técnicas utilizadas en el desarrollo de la investigación serán la revisión documental técnica, el análisis comparativo de información y la sistematización de la información. La revisión documental técnica consistirá en la lectura crítica y sistemática de los documentos asociados al Plan de Restauración Ecológica (PRE), con el propósito de identificar información relevante relacionada con la planificación, la ejecución de actividades, la asignación de recursos y los mecanismos de seguimiento implementados. Por su parte, el análisis comparativo de la información permitirá contrastar los contenidos del PRE con los lineamientos normativos y técnicos establecidos por las autoridades ambientales competentes, con el fin de evaluar la coherencia entre lo planificado y lo ejecutado. Finalmente, la sistematización de la información se desarrollará mediante la organización de los datos recopilados en matrices analíticas que faciliten la identificación de relaciones entre variables como planificación, recursos financieros, actividades ejecutadas y resultados esperados, permitiendo así un análisis integral del desempeño del plan.

3.6.2. Instrumentos de recolección.

Para apoyar el desarrollo de las técnicas mencionadas se emplearán diversos instrumentos de análisis que permitan garantizar una recolección sistemática, organizada y

trazable de la información. En primer lugar, se utilizará una matriz de análisis documental, diseñada para organizar y sistematizar la información relevante de los documentos revisados, incluyendo aspectos como los objetivos del Plan de Restauración Ecológica (PRE), las actividades programadas, el cronograma establecido, los recursos asignados y los mecanismos de seguimiento definidos. Asimismo, se implementarán matrices de relación recursos y actividades, orientadas a analizar la correspondencia y sinergia entre los recursos financieros y técnicos proyectados y las actividades efectivamente ejecutadas en el marco del plan.

Finalmente, se aplicarán matrices de indicadores de eficiencia, las cuales permitirán evaluar el nivel de cumplimiento del cronograma, la eficiencia en el uso de los recursos y la coherencia entre la planificación y la ejecución del PRE, facilitando posteriormente el análisis integral de los datos obtenidos.

3.7. Plan de análisis de datos

El análisis de la información recolectada se realizará mediante un enfoque descriptivo–analítico, orientado a examinar la eficiencia del Plan de Restauración Ecológica a partir de la relación entre planificación, recursos utilizados y actividades ejecutadas.

3.7.1. Organización y sistematización de la información

En esta etapa se recopilarán los documentos técnicos y administrativos relacionados con el PRE y se organizarán en matrices de análisis documental. Este proceso permitirá clasificar la información según categorías como planificación, ejecución presupuestal, cronograma de actividades y mecanismos de seguimiento.

3.7.2. Identificación de variables de análisis

La identificación de variables de análisis se realizará con base en el diseño metodológico del proyecto, el cual permite estructurar el estudio de manera organizada para evaluar la eficiencia en la implementación del Plan de Restauración Ecológica, en este sentido, se analizarán principalmente variables relacionadas con la planeación del Plan de Restauración Ecológica, entendida como la definición de actividades, metas, tiempos y recursos establecidos en el documento del plan, asimismo, se examinarán los recursos financieros asignados para la ejecución de las acciones de restauración, con el propósito de identificar la correspondencia entre los recursos proyectados y los requerimientos técnicos del plan.

De igual manera, se evaluará la ejecución presupuestal del plan, considerando la forma en que los recursos financieros han sido utilizados durante el desarrollo de las actividades previstas. Adicionalmente, se analizará el cumplimiento del cronograma de actividades, con el fin de determinar si las acciones contempladas en el plan se han desarrollado dentro de los tiempos programados.

Finalmente, se revisarán los mecanismos de seguimiento y control implementados, los cuales permiten verificar el avance del plan, monitorear el cumplimiento de las actividades y facilitar la toma de decisiones durante su implementación.

3.7.3. Análisis de coherencia entre planificación y ejecución

El análisis de coherencia entre planificación y ejecución se orientará a evaluar la correspondencia entre lo establecido en el Plan de Restauración Ecológica y las actividades que han sido efectivamente desarrolladas durante su implementación. Para ello, se examinará el cumplimiento de las metas programadas en el plan, verificando si las acciones previstas se ejecutaron conforme a lo planteado en los objetivos y en el cronograma de actividades.

De igual manera, se analizará el uso de los recursos técnicos y financieros destinados a la restauración ecológica, con el propósito de identificar si estos fueron utilizados de manera coherente con la planificación inicial del plan.

Finalmente, se evaluará la adecuación de los mecanismos de seguimiento implementados, considerando si estos permiten verificar de forma efectiva el avance de las actividades, facilitar el control del proceso y apoyar la toma de decisiones durante la ejecución del Plan de Restauración Ecológica.

3.7.4. Interpretación de resultados

Finalmente, los resultados obtenidos serán interpretados a partir de los principios de gestión ambiental sostenible y restauración ecológica, con el fin de identificar fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora en la implementación del plan.

Este análisis permitirá formular recomendaciones orientadas a mejorar la eficiencia de los Planes de Restauración Ecológica en proyectos de infraestructura vial.

3.8. Plan preliminar del proyecto (lineamientos PMI)

El presente proyecto se estructura bajo los lineamientos generales de gestión de proyectos propuestos por el Project Management Institute (PMI), con el fin de organizar de manera sistemática las fases de desarrollo del estudio.

3.8.1 Alcance preliminar.

El alcance preliminar del proyecto se orienta a evaluar la eficiencia en la implementación del Plan de Restauración Ecológica asociado al proyecto de infraestructura vial Puente La Colorada. En este sentido, el estudio se centrará en el análisis de los procesos de

planificación, ejecución y seguimiento del plan, con el propósito de identificar la relación existente entre los recursos utilizados, las actividades desarrolladas y los resultados esperados desde una perspectiva de gestión ambiental sostenible.

Dentro del alcance del proyecto se contempla, en primer lugar, el análisis documental del Plan de Restauración Ecológica, mediante la revisión de los documentos técnicos y administrativos que sustentan su formulación e implementación, asimismo, se realizará la evaluación de la planificación del plan, considerando la definición de objetivos, metas, cronograma y recursos asignados para el desarrollo de las acciones de restauración ecológica.

De igual manera, se analizará la ejecución de los recursos financieros y técnicos destinados al plan, con el fin de examinar la correspondencia entre los recursos proyectados y las actividades ejecutadas. Adicionalmente, se revisarán los mecanismos de seguimiento y control implementados durante la ejecución del plan, evaluando su capacidad para verificar el avance de las actividades y apoyar la toma de decisiones.

Finalmente, el proyecto permitirá identificar brechas y oportunidades de mejora en la implementación del Plan de Restauración Ecológica, con el fin de aportar recomendaciones orientadas a fortalecer su eficiencia.

3.8.2 Cronograma.

El desarrollo del proyecto se realizará en un periodo aproximado de tres meses, distribuidos de manera progresiva según las fases de inicio, planificación, ejecución investigativa, análisis de resultados y cierre del proyecto. El cronograma permite organizar las actividades de forma secuencial, garantizando el cumplimiento de los objetivos planteados dentro del tiempo establecido para el desarrollo del proyecto académico.

Durante el primer mes se desarrollarán las actividades relacionadas con el inicio y la planificación del proyecto, incluyendo la definición del problema de investigación, la formulación de los objetivos y la delimitación del alcance del estudio. Asimismo, en esta etapa se realizará el diseño metodológico del proyecto y la construcción de los instrumentos de análisis documental que permitirán organizar y sistematizar la información del Plan de Restauración Ecológica.

En el segundo mes se llevará a cabo la recolección y análisis inicial de la información, mediante la revisión documental del Plan de Restauración Ecológica, los informes técnicos y los documentos administrativos asociados al proceso de sustracción ambiental. Durante esta fase también se analizará la planificación del plan, la asignación de recursos financieros y técnicos, así como el cumplimiento del cronograma de actividades establecido en el PRE.

Finalmente, durante el tercer mes se realizará la interpretación de los resultados obtenidos, identificando fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora en la implementación del Plan de Restauración Ecológica. Con base en este análisis se formularán recomendaciones orientadas a mejorar la eficiencia en la gestión de este tipo de instrumentos ambientales. Posteriormente se procederá a la redacción final del documento de investigación y a la entrega del proyecto académico.

A continuación, se presenta el cronograma preliminar del proyecto.

Tabla 4.

Cronograma preliminar del proyecto.

Fase del proyecto	Actividades principales	Mes 1	Mes 2	Mes 3
Inicio del proyecto	Definición del problema, objetivos y alcance			
Planificación	Diseño metodológico y construcción de instrumentos de análisis			

Recolección de información	Revisión documental del PRE y recopilación de datos	
Análisis de información	Evaluación de planificación, recursos y ejecución	
Resultados y recomendaciones	Interpretación de resultados y formulación de recomendaciones	
Cierre del proyecto	Redacción final y entrega del documento	

Nota. Elaboración propia.

3.8.3. Estimación de costos y recursos

El presente proyecto corresponde a una investigación de carácter académico, por lo cual no requiere una inversión financiera directa significativa para su desarrollo. En este sentido, los recursos necesarios se relacionan principalmente con el talento humano involucrado en el proceso investigativo, así como con herramientas técnicas, tecnológicas y de acceso a información que permiten realizar el análisis documental del Plan de Restauración Ecológica objeto de estudio.

En cuanto a los recursos humanos, el proyecto contará con la participación del equipo investigador conformado por los estudiantes responsables del desarrollo del proyecto de grado, quienes se encargarán de la planificación, recopilación de información, análisis documental y elaboración del informe final de investigación. Asimismo, se contará con la orientación y acompañamiento del docente director del proyecto, quien brindará asesoría metodológica, revisión de avances y validación académica del proceso investigativo.

Respecto a los recursos técnicos, el desarrollo del estudio requerirá el acceso a bases de datos académicas y científicas que permitan consultar literatura especializada en restauración ecológica, gestión ambiental y evaluación de proyectos. De igual manera, será fundamental disponer de la documentación técnica asociada al Plan de Restauración Ecológica del proyecto Puente La Colorada, incluyendo informes técnicos, documentos normativos y soportes administrativos. También se emplearán herramientas informáticas que faciliten la

organización, sistematización y análisis de la información documental recopilada durante el proceso investigativo.

Por otra parte, en relación con los recursos físicos, el proyecto requiere el uso de equipos de cómputo que permitan el procesamiento, almacenamiento y análisis de la información recolectada, así como el acceso a software de ofimática y herramientas digitales para la elaboración del documento final. Adicionalmente, se utilizarán bibliotecas digitales y repositorios académicos que faciliten la consulta de fuentes bibliográficas especializadas y documentos de referencia para el desarrollo del estudio.

En conjunto, estos recursos permiten garantizar la viabilidad técnica y académica del proyecto, facilitando el análisis sistemático de la información y el cumplimiento de los objetivos planteados dentro del tiempo establecido para su ejecución.

3.8.4 Involucramiento de interesados (stakeholders)

El proyecto involucra diferentes actores institucionales y académicos que tienen interés en el desarrollo y resultados del estudio.

Tabla 5.

Matriz de Stakeholders (Involucramiento de interesados)

Stakeholder / Interesado	Tipo de actor	Interés en el proyecto	Nivel de influencia	Estrategia de gestión
Equipo investigador	Interno	Desarrollo exitoso del proyecto de investigación, cumplimiento de objetivos académicos y generación de resultados técnicos.	Alto	Coordinación permanente entre los miembros del equipo, seguimiento continuo al cronograma y distribución clara de responsabilidades.
Autoridad ambiental competente	Externo	Garantizar que los procesos de restauración ecológica y compensación ambiental se desarrollen conforme	Alto	Mantener referencia a lineamientos normativos y asegurar que el análisis del PRE esté alineado con la regulación ambiental.

Interventoría ambiental del proyecto	Externo	a la normativa ambiental vigente. Realizar seguimiento técnico al cumplimiento de las acciones contempladas en el Plan de Restauración Ecológica.	Medio	Utilizar la información técnica disponible para el análisis del seguimiento del PRE y considerar los reportes técnicos como fuente documental del estudio.
Comunidades del área de influencia	Externo	Beneficiarse de la recuperación ambiental del territorio y de los procesos de restauración ecológica derivados del proyecto.	Bajo	Mantener informadas a las comunidades sobre los beneficios ambientales derivados de la restauración ecológica y considerar su rol como beneficiarios indirectos del proceso.

Nota. Elaboración propia.

3.8.5. Análisis preliminar de riesgos.

Durante el desarrollo del proyecto pueden presentarse algunos riesgos que podrían afectar el desarrollo del análisis, entre los principales riesgos identificados se encuentran los relacionados a continuación:

Tabla 6.

Análisis preliminar de riesgos.

Riesgo	Impacto	Estrategia de mitigación
Acceso limitado a información técnica	Alto	Uso de fuentes documentales alternativas
Información incompleta del PRE	Alto	Complementar análisis con normativa ambiental
Retrasos en el desarrollo del cronograma	Medio	Seguimiento periódico del avance del proyecto
Falta de indicadores claros en el PRE	Medio	Construcción de criterios de análisis propios

Nota. Elaboración propia.

3.9. Metodología del estudio.

En coherencia con el enfoque metodológico mixto adoptado en el presente estudio, el análisis de la información se desarrolló mediante la integración de técnicas cualitativas y cuantitativas orientadas a evaluar la eficiencia en la implementación del Plan de Restauración Ecológica (PRE) del proyecto Puente La Colorada.

Desde la dimensión cualitativa, se realizó un análisis documental y técnico de los instrumentos asociados al PRE, incluyendo informes de planificación, registros administrativos, documentos contractuales y reportes de seguimiento. Este análisis permitió examinar aspectos relacionados con la coherencia técnica del plan, la articulación institucional y los procesos de ejecución.

Desde la dimensión cuantitativa, se evaluaron variables asociadas al uso de recursos, cumplimiento de cronogramas, ejecución de actividades e indicadores de seguimiento, con el fin de analizar la relación entre los recursos invertidos y los resultados obtenidos durante la implementación del plan.

El método de análisis se fundamentó en la triangulación de información, mediante la integración de diversas fuentes, tales como documentos técnicos del Plan de Restauración Ecológica, registros administrativos del proyecto, evidencia fotográfica y cartográfica del área intervenida, así como información derivada de los procesos de monitoreo ecológico. Este enfoque permitió contrastar los resultados obtenidos con los objetivos planteados en el plan, fortaleciendo la validez del análisis y la confiabilidad de los resultados.

En este sentido, la articulación entre el análisis cualitativo, cuantitativo y la triangulación de información permitió desarrollar una evaluación integral de la eficiencia del PRE, considerando tanto los aspectos técnicos y administrativos como los resultados ecológicos alcanzados.

3.9.1. Variables analizadas.

Para evaluar la eficiencia del PRE se definieron cuatro dimensiones principales.

Tabla 7.

Variables analizadas

Dimensión	Descripción
-----------	-------------

Técnica	Diseño ecológico del plan, acciones de restauración, especies utilizadas
Administrativa	procesos contractuales, trámites, aprobación de la autoridad ambiental
Institucional	coordinación entre actores del proyecto
Ecológica	resultados de recuperación de cobertura y funcionalidad ecosistémica

Nota. Elaboración propia.

3.9.2. Análisis de datos y evaluación del plan de restauración ecológica

A continuación, se establece la matriz de análisis documental.

Tabla 8.

Matriz de análisis documental.

Documento	Tipo	Dimensión analizada	Resultado
Resolución 1936 de 2015	Normativo	Institucional	Define obligación de compensación
Plan de Restauración Predio La Porfía	Técnico	Técnica	Define acciones y metas
Propuesta de restauración presentada al MADS	Administrativo	Administrativa	Evidencia gestión ante autoridad
Programa de restauración PNN El Cocuy	Lineamientos técnicos	Técnica	Marco conceptual de restauración
Programa de monitoreo PNN El Cocuy	Seguimiento	Ecológica	Define indicadores

Nota. Elaboración propia.

3.9.3. Contexto de implementación del Plan de Restauración

El Plan de Restauración Ecológica (PRE) formulado para el predio La Porfía, ubicado en jurisdicción del municipio de Tame (Arauca), constituye una medida de compensación ambiental derivada del proceso de sustracción definitiva de la Reserva Forestal El Cocuy, autorizado mediante la Resolución 1936 del 2 de septiembre de 2015 por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Dicha resolución estableció como obligación la formulación e implementación de acciones orientadas a compensar los impactos ambientales generados por el proyecto de

infraestructura vial Puente La Colorada, mediante la recuperación ecológica de áreas degradadas o con procesos de transformación antrópica.

El predio seleccionado para la compensación ambiental se encuentra localizado dentro del ámbito territorial de la Reserva Forestal del Cocuy, en la zona de transición ecológica entre la cordillera oriental y el piedemonte de la Orinoquía, caracterizada por presentar ecosistemas de bosque denso alto, bosque fragmentado con vegetación secundaria y mosaicos de pastos con espacios naturales.

Inicialmente, el Plan de Restauración contemplaba la implementación de estrategias de restauración activa, incluyendo acciones de nucleación ecológica, enriquecimiento forestal, aislamiento de áreas, establecimiento de especies arbóreas nativas y monitoreo ecológico de parcelas permanentes. Sin embargo, durante el desarrollo del proceso administrativo se presentaron demoras significativas en los pronunciamientos de la autoridad ambiental, lo cual generó un desfase temporal entre la formulación del plan y su implementación efectiva.

Este desfase permitió que el área objeto de restauración experimentara procesos naturales de sucesión ecológica secundaria, favorecidos por la disminución de las presiones antrópicas y por las condiciones climáticas y edáficas del territorio.

Como resultado de esta situación, al momento de la evaluación del plan se evidenció que una parte considerable de los procesos de recuperación ecológica se desarrollaron mediante restauración pasiva, reduciendo la necesidad de intervención directa.

3.10. Metodología para el análisis de datos.

3.10.1. Algoritmo metodológico para la evaluación de la eficiencia del Plan de Restauración Ecológica

Para efectos del presente estudio, el algoritmo metodológico se define como un conjunto ordenado, lógico y secuencial de pasos orientado a transformar información cualitativa y cuantitativa en un resultado medible, representado en este caso por un índice de eficiencia del Plan de Restauración Ecológica (PRE).

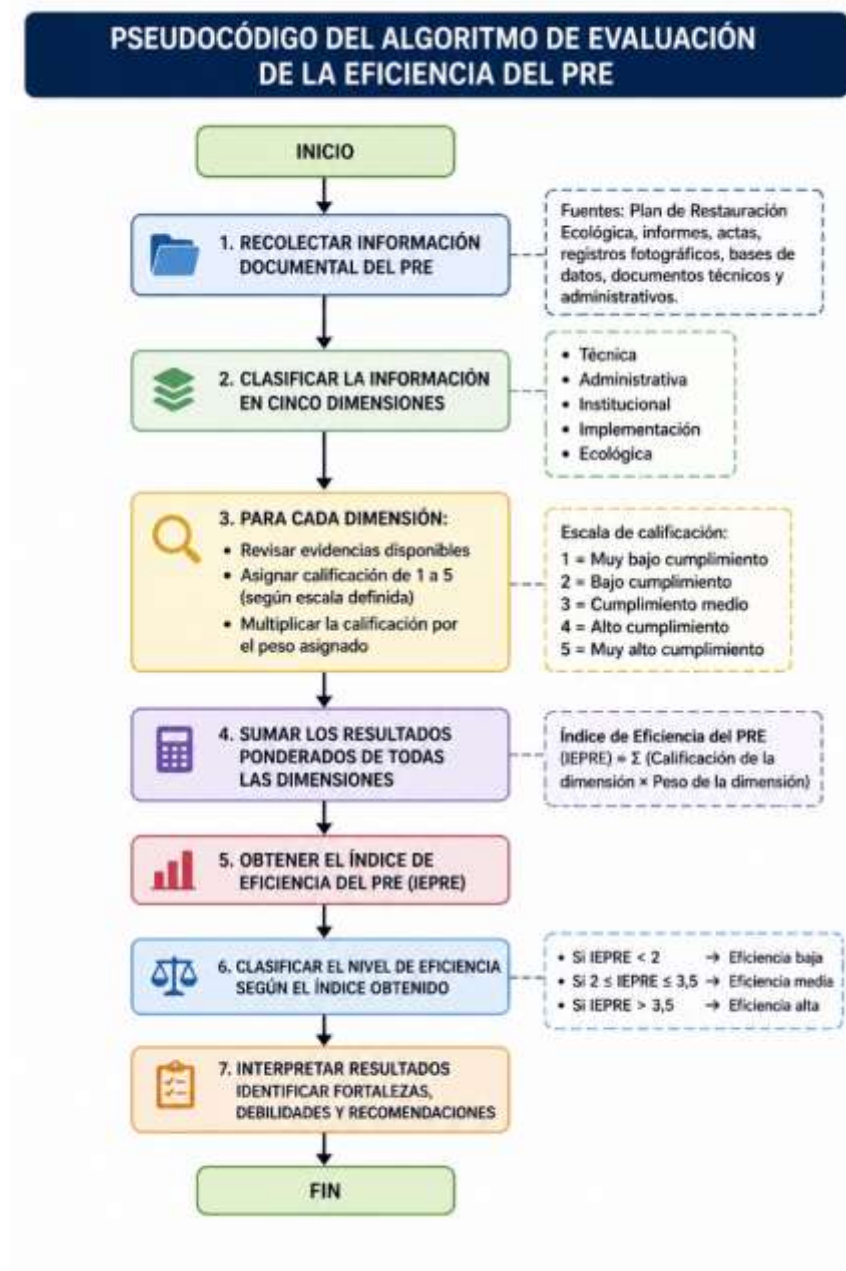
El algoritmo propuesto corresponde a una herramienta de evaluación multicriterio diseñada para analizar la eficiencia del PRE, mediante la integración de variables de carácter técnico, administrativo, institucional, de implementación y ecológico.

Su propósito es estructurar y sistematizar la información documental y técnica disponible, con el fin de obtener un indicador cuantificable que permita establecer el nivel de eficiencia del plan, facilitando la interpretación de resultados y la identificación de oportunidades de mejora en su implementación.

El algoritmo se organiza como una secuencia lógica de pasos que inicia con la recolección y análisis de la información, continúa con su clasificación en dimensiones de evaluación, la asignación de calificaciones con base en criterios previamente definidos, la aplicación de ponderaciones relativas y, finalmente, la obtención de un índice consolidado de eficiencia.

Figura 2.

Pseudocódigo del algoritmo de evaluación de la eficiencia del PRE



Nota: elaboración propia.

La figura anterior representa el pseudocódigo del algoritmo, el cual describe de manera secuencial el procedimiento metodológico utilizado en la investigación.

En primer lugar, se realiza la recolección de información documental del PRE, incluyendo informes técnicos, registros administrativos y evidencia de seguimiento. Posteriormente, esta información es clasificada en cinco dimensiones de análisis: técnica, administrativa, institucional, de implementación y ecológica.

Para cada dimensión, se asigna una calificación en una escala de 1 a 5, con base en la evidencia disponible, y se multiplica por el peso relativo definido en la investigación. Finalmente, los resultados ponderados son sumados para obtener el Índice de Eficiencia del PRE (IEPRE), el cual permite clasificar el nivel de eficiencia en bajo, medio o alto.

3.10.2. Finalidad del algoritmo

El algoritmo tiene como finalidad principal generar un índice consolidado de eficiencia que permita evaluar el desempeño del Plan de Restauración Ecológica de manera integral.

De forma específica, permite estandarizar la comparación entre variables heterogéneas, facilitar la valoración del plan mediante criterios verificables y cuantificables, y apoyar la triangulación de información proveniente de diferentes fuentes, tales como documentos técnicos, registros administrativos, información cartográfica y datos de monitoreo ecológico.

3.10.3. Estructura general del algoritmo

El algoritmo metodológico se desarrolla a través de las siguientes etapas:

1. Definición de variables e indicadores:

Se identifican las variables clave en cada dimensión (técnica, administrativa, institucional, implementación y resultados ecológicos) y se establecen indicadores específicos para su evaluación.

2. Asignación de criterios de evaluación:

A cada indicador se le asigna una escala de valoración (por ejemplo, de 1 a 5), que permite calificar el nivel de cumplimiento o desempeño.

3. Ponderación de variables:

Se asigna un peso relativo a cada dimensión, de acuerdo con su importancia en la evaluación de la eficiencia del PRE.

4. Valoración de la información:

Se analizan las fuentes documentales, administrativas y técnicas para asignar puntajes a cada indicador, con base en evidencia verificable.

5. Cálculo del índice de eficiencia:

Se integran los puntajes obtenidos mediante una sumatoria ponderada, generando un índice global de eficiencia del plan.

6. Análisis e interpretación de resultados:

El índice obtenido se interpreta en función de rangos de eficiencia (bajo, medio, alto), permitiendo identificar fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora.

3.10.4. Herramientas para la implementación del algoritmo

La ejecución del algoritmo se realizará mediante el uso de herramientas ofimáticas, principalmente hojas de cálculo en Microsoft Excel, donde se estructurarán matrices de evaluación, tablas de ponderación y cálculos automáticos del índice de eficiencia.

Adicionalmente, se emplearán matrices de análisis comparativo y tablas de consolidación de información, que permitirán organizar los datos provenientes de diferentes fuentes y facilitar su interpretación.

El uso de estas herramientas permite garantizar la trazabilidad del análisis, la transparencia en la asignación de valores y la replicabilidad del ejercicio metodológico.

3.11. Procedimiento de evaluación y criterios de calificación del PRE

Con el propósito de operacionalizar el algoritmo metodológico de evaluación multicriterio, se diseñó una matriz de análisis en hoja de cálculo, la cual permitió organizar, sistematizar y valorar la información recopilada del Plan de Restauración Ecológica (PRE) del proyecto Puente La Colorada.

Esta matriz constituye el instrumento técnico mediante el cual se integran las diferentes dimensiones de análisis (técnica, administrativa, institucional, de implementación y de resultados ecológicos), a partir de la definición de variables, indicadores, criterios de calificación y ponderaciones previamente establecidos.

El diligenciamiento de la matriz se realizó con base en el análisis de fuentes documentales, registros administrativos y evidencia técnica del proyecto, lo que permitió asignar calificaciones a cada indicador de manera sustentada. Posteriormente, mediante la aplicación de ponderaciones y el cálculo de puntajes, se obtuvo un índice consolidado de eficiencia que sirve como base para el análisis de resultados.

De esta manera, la matriz de evaluación se configura como una herramienta que garantiza la trazabilidad, transparencia y replicabilidad del proceso de análisis, permitiendo transformar información cualitativa y cuantitativa en resultados medibles y comparables.

Tabla 9.*Matriz de análisis.*

Dimensión	Variable	Indicador	Descripción	Peso (%)	Calificación (1-5)	Puntaje Ponderado
Técnica	Planificación	Claridad metodológica	El PRE presenta lineamientos técnicos definidos, pero con limitaciones en criterios de eficiencia.	20	3	12
Administrativa	Gestión	Cumplimiento cronograma	Se evidencian ajustes en tiempos y desarticulación en la programación.	20	3	12
Institucional	Articulación	Coordinación actores	Limitada articulación entre entidades ejecutoras y de seguimiento.	15	2	6
Implementación	Ejecución	Cumplimiento actividades	Las actividades se ejecutan, pero sin evaluación clara de eficiencia.	25	3	15
Resultados ecológicos	Impacto	Recuperación ecosistema	Se observan avances en restauración, pero sin indicadores robustos de resultado.	20	3	12

Nota. Fuentes documentales y elaboración propia.

A partir de la aplicación del algoritmo metodológico de evaluación multicriterio y el diligenciamiento de la matriz de análisis, se obtuvo un puntaje global de 57 sobre 100, lo que corresponde a un nivel de eficiencia medio en la implementación del Plan de Restauración Ecológica (PRE) del proyecto Puente La Colorada.

Los resultados por dimensión evidencian un comportamiento diferenciado en el desempeño del plan. En la dimensión técnica se obtuvo un puntaje de 12 sobre 20, lo que indica que el PRE cuenta con una estructura metodológica definida y lineamientos técnicos

claros; sin embargo, presenta limitaciones en la incorporación de criterios de eficiencia dentro de su formulación.

En la dimensión administrativa, el puntaje alcanzado fue de 12 sobre 20, reflejando un nivel de cumplimiento medio en la gestión del cronograma y en la ejecución de las actividades programadas, con evidencias de ajustes y posibles desarticulaciones en la planeación.

Por su parte, la dimensión institucional obtuvo el puntaje más bajo, con 6 sobre 15, lo cual evidencia debilidades en la articulación entre los actores responsables de la ejecución, seguimiento y control del plan, así como limitaciones en los procesos de coordinación interinstitucional.

En cuanto a la dimensión de implementación, se obtuvo el puntaje más alto dentro del análisis, con 15 sobre 25, lo que indica que las actividades de restauración ecológica se han ejecutado de acuerdo con lo establecido en el plan, aunque sin un enfoque claro hacia la evaluación de su eficiencia.

Finalmente, la dimensión de resultados ecológicos alcanzó un puntaje de 12 sobre 20, evidenciando avances en los procesos de restauración; no obstante, se identifican limitaciones en la disponibilidad y calidad de indicadores que permitan medir de manera objetiva el impacto ambiental logrado.

En conjunto, los resultados muestran que el PRE presenta un desempeño operativo adecuado, con cumplimiento de actividades y avances en restauración, pero con debilidades en la medición de la eficiencia, el seguimiento basado en indicadores y la articulación institucional.

3.11.1 Matriz general de dimensiones, variables e indicadores

Con el fin de estructurar el proceso de evaluación de la eficiencia del Plan de Restauración Ecológica (PRE), se construyó una matriz general de dimensiones, variables e indicadores, la cual permite organizar de manera sistemática los elementos de análisis definidos en el marco metodológico. Esta matriz constituye el instrumento base para la operacionalización del algoritmo multicriterio, en la medida en que traduce los componentes conceptuales del estudio en variables observables y verificables.

La selección de las dimensiones técnica, administrativa, institucional, de implementación y de resultados ecológicos responde a la necesidad de abordar el PRE desde un enfoque integral, considerando tanto los aspectos de planificación y gestión como los resultados obtenidos en términos ecológicos. A partir de estas dimensiones, se definieron variables específicas e indicadores que permiten evaluar de manera detallada cada componente del plan, garantizando la coherencia entre los objetivos del estudio y el proceso de análisis.

Asimismo, la inclusión de fuentes de verificación y tipos de dato asociados a cada indicador permite asegurar la trazabilidad y confiabilidad de la información utilizada, facilitando la triangulación entre documentos técnicos, registros administrativos y evidencia de campo. De esta manera, la matriz no solo organiza la información, sino que orienta el proceso de evaluación, permitiendo posteriormente asignar valores, ponderar resultados y calcular el índice de eficiencia del PRE.

En este sentido, la matriz se configura como una herramienta metodológica fundamental que articula el enfoque mixto de la investigación, al integrar variables cualitativas y cuantitativas

en un mismo esquema de análisis, garantizando una evaluación estructurada, transparente y replicable.

Tabla 10.

Matriz de variables e indicadores para la evaluación del PRE

Dimensión	Variable	Indicador	Fuente de verificación	Tipo de dato
Técnica	Coherencia del diagnóstico	Correspondencia entre caracterización del área y acciones formuladas	PRE, cartografía, fotografías	Cualitativo
Técnica	Pertinencia de acciones de restauración	Adecuación de nucleación, enriquecimiento, aislamiento y monitoreo al estado del predio	PRE	Cualitativo
Técnica	Selección de especies	Correspondencia entre especies propuestas y ecosistema local	PRE, fichas técnicas	Cualitativo
Técnica	Claridad metodológica	Nivel de definición de procedimientos, fases y metas	PRE	Cualitativo
Técnica	Diseño del monitoreo	Existencia de indicadores, parcelas, periodicidad y criterios de seguimiento	PRE, programa de monitoreo PNN Cocuy	Mixto
Administrativa	Oportunidad de trámites	Tiempo transcurrido entre requerimientos, ajustes y respuesta institucional	Actos administrativos, oficios, cronología	Cuantitativo
Administrativa	Complejidad documental	Existencia de soportes, anexos, radicados, planos y memoria técnica	Expediente, matrices de control	Cualitativo
Administrativa	Consistencia presupuestal	Correspondencia entre costos proyectados y costos requeridos al momento de ejecutar	PRE, presupuesto	Mixto
Administrativa	Trazabilidad de gestión	Seguimiento cronológico a actuaciones, cesiones, ajustes y aprobaciones	Línea de tiempo documental	Cualitativo
Administrativa	Eficiencia del trámite	Relación entre tiempo invertido y avance efectivo del proceso	Cronología, actos, decisiones	Mixto

Institucion al	Articulación interinstitucional	Coordinación entre ejecutor, autoridad ambiental y demás actores	Actas, comunicaciones, oficios	Cualitativo
Institucion al	Claridad de competencias	Definición de responsabilidades por actor	Resoluciones, actos, comunicaciones	Cualitativo
Institucion al	Flujo de información	Oportunidad y suficiencia del intercambio documental	Radicados, respuestas	Cualitativo
Institucion al	Soporte técnico-jurídico	Sustento normativo y técnico de decisiones y ajustes	Resolución 1936 de 2015, autos, plan	Cualitativo
Implementación	Cumplimiento de acciones	Porcentaje de acciones desarrolladas frente a las programadas	PRE, informes, registros	Cuantitativo
Implementación	Cumplimiento del cronograma	Grado de ejecución temporal frente al plan propuesto	Cronograma, seguimiento	Cuantitativo
Implementación	Ajuste adaptativo	Capacidad del plan para adecuarse a la regeneración natural del predio	Informes técnicos, fotos, análisis comparado	Cualitativo
Implementación	Uso de insumos	Relación entre insumos previstos y realmente requeridos	Presupuesto, registros de ejecución	Mixto
Implementación	Control de disturbios	Medidas adoptadas para evitar nuevas presiones sobre el área	Evidencia de campo, seguimiento	Cualitativo
Resultados ecológicos	Cobertura vegetal	Incremento o mantenimiento de cobertura natural	Mapas, fotografías, comparación temporal	Cuantitativo
Resultados ecológicos	Supervivencia/regeneración	Presencia de individuos vivos, plántulas y reclutamiento natural	Monitoreo, observación de campo	Mixto
Resultados ecológicos	Diversidad	Presencia de diferentes especies y estratos	Inventarios, registros biológicos	Mixto
Resultados ecológicos	Conectividad	Continuidad ecológica con coberturas adyacentes	Cartografía, análisis espacial	Cualitativo
Resultados ecológicos	Estabilidad ecológica	Evidencia de sucesión, estructura vegetal y reducción de degradación	Seguimiento, fotos, inspección	Cualitativo

Nota. Elaboración propia.

3.11.2. Escala de calificación

Para homogenizar la comparación, cada indicador se calificará en una escala de 1 a 5.

Tabla 11.

Escala de valoración de indicadores

Puntaje	Valoración	Criterio general
1	Muy deficiente	No existe evidencia suficiente o el desempeño es claramente inadecuado
2	Deficiente	La evidencia existe, pero el cumplimiento es bajo o insuficiente
3	Aceptable	El indicador presenta cumplimiento parcial o intermedio
4	Bueno	El indicador evidencia cumplimiento adecuado y consistente
5	Muy bueno	El indicador presenta cumplimiento alto, sólido y verificable

Nota.

Para mejorar la objetividad, cada variable puede calificarse con una breve justificación técnica. Por ejemplo, si la regeneración natural del predio demuestra recuperación evidente de cobertura y estructura vegetal, el indicador de cobertura podría calificarse con 4 o 5. Si, por el contrario, los tiempos administrativos fueron excesivos y afectaron la oportunidad del proceso, la variable de oportunidad de trámites podría recibir una calificación de 2 o 3.

3.11.3. Ponderación de dimensiones

Dado que el propósito central del estudio es evaluar la eficiencia del PRE y no únicamente la legalidad del trámite, la mayor ponderación se asigna a los resultados ecológicos, sin dejar de valorar los componentes técnicos y de gestión.

Tabla 12.

Ponderación propuesta por dimensión

Dimensión	Ponderación
-----------	-------------

Técnica	0.20
Administrativa	0.20
Institucional	0.15
Implementación	0.20
Resultados ecológicos	0.25
Total	1.00

Nota.

Esta distribución se justifica porque el PRE fue formulado para producir efectos reales sobre la recuperación ecológica del área, pero su eficacia depende también de la calidad del diseño, la gestión administrativa y la capacidad de implementación. El documento del plan contempla precisamente componentes de metodología, acciones, monitoreo y costos, lo cual respalda este abordaje integral.

3.11.4 Fórmula de cálculo del índice por dimensión

Cada dimensión se calcula como el promedio simple de las variables que la componen.

- Fórmula 1. Puntaje por dimensión

$$D_i = \frac{\sum V_i}{n}$$

Donde:

- D_i = puntaje de la dimensión
- $\sum V_i$ = suma de los puntajes de las variables de la dimensión
- n = número de variables evaluadas en la dimensión

Ejemplo para la dimensión técnica:

$$DT = \frac{CD + PA + SE + CM + DM}{5}$$

Donde:

- DT = dimensión técnica
- CD = coherencia del diagnóstico
- PA = pertinencia de acciones
- SE = selección de especies
- CM = claridad metodológica
- DM = diseño del monitoreo

3.11.5 Fórmula del índice consolidado de eficiencia

- Fórmula 2. Índice de Eficiencia del Plan de Restauración Ecológica

$$IEPRE = (DT \times 0.20) + (DA \times 0.20) + (DI \times 0.15) + (DImp \times 0.20) + (DE \times 0.25)$$

Donde:

- $IEPRE$ = Índice de Eficiencia del Plan de Restauración Ecológica
- DT = puntaje de la dimensión técnica
- DA = puntaje de la dimensión administrativa
- DI = puntaje de la dimensión institucional
- $DImp$ = puntaje de la dimensión de implementación
- DE = puntaje de la dimensión ecológica

3.11.6. Criterios de interpretación del índice final

Con el fin de facilitar la lectura y análisis del índice de eficiencia obtenido mediante la aplicación del algoritmo multicriterio, se establecieron rangos de interpretación que permiten clasificar el desempeño del Plan de Restauración Ecológica en diferentes niveles. Estos rangos se construyen a partir de una escala de valoración de 1 a 5, en la cual se integran los

resultados de las distintas dimensiones evaluadas, permitiendo traducir el valor numérico del índice en categorías cualitativas de eficiencia.

La clasificación definida muy baja, baja, media, alta y muy alta eficiencia permite contextualizar el resultado obtenido, facilitando su comprensión y análisis dentro del marco del estudio. De esta manera, el índice no se limita a un valor numérico, sino que adquiere significado en términos del desempeño del plan, permitiendo identificar de manera clara el nivel de eficiencia en su implementación.

Asimismo, estos criterios de interpretación constituyen una herramienta clave para el análisis de resultados, ya que permiten establecer comparaciones, identificar brechas en la gestión del plan y orientar la formulación de conclusiones y recomendaciones. En este sentido, la tabla de interpretación del índice de eficiencia se integra como un elemento fundamental dentro del proceso metodológico, al vincular el cálculo cuantitativo con su respectiva lectura cualitativa.

Tabla 13.

Interpretación del índice de eficiencia

Rango	Interpretación
4.50 – 5.00	Muy alta eficiencia
3.50 – 4.49	Alta eficiencia
2.50 – 3.49	Eficiencia media
1.50 – 2.49	Baja eficiencia
1.00 – 1.49	Muy baja eficiencia

Esta escala resulta especialmente útil porque permite mostrar que el PRE pudo alcanzar una eficiencia alta o media-alta en términos ecológicos, aun cuando hubiera restricciones administrativas por las demoras en el pronunciamiento de la autoridad ambiental.

De acuerdo con estos rangos, el índice obtenido en el presente estudio se ubica en la categoría de eficiencia media, lo que evidencia un desempeño intermedio del Plan de Restauración Ecológica.

3.11.7. Matriz de valoración diligenciada.

La matriz de evaluación multicriterio del Plan de Restauración Ecológica (PRE) constituye el instrumento central para la aplicación del algoritmo de análisis, en la medida en que permite asignar valores cuantitativos a variables previamente definidas a partir de información cualitativa y documental. A través de esta matriz se integran las dimensiones técnica, administrativa, institucional, de implementación y de resultados ecológicos, facilitando una evaluación estructurada del desempeño del plan.

El diligenciamiento de la matriz se realiza mediante la asignación de puntajes en una escala de 1 a 5, sustentados en una justificación técnica basada en la revisión de documentos del PRE, registros administrativos, evidencia de ejecución y análisis de resultados ecológicos. Este proceso garantiza que cada valoración esté respaldada por evidencia verificable, permitiendo reducir la subjetividad en el análisis.

De esta manera, la matriz no solo cumple una función de registro, sino que se configura como un mecanismo de transformación de la información, al convertir datos cualitativos en valores cuantificables que posteriormente son utilizados en la consolidación del índice de eficiencia del PRE. En este sentido, su aplicación resulta fundamental para asegurar la coherencia, trazabilidad y validez del proceso de evaluación.

Tabla 14.

Matriz de valoración diligenciada.

Dimensión	Variable	Puntaje	Justificación técnica	Fuente
		(1-5)		

Técnica	Coherencia del diagnóstico	3	Existe correspondencia general entre diagnóstico y acciones, aunque sin enfoque en eficiencia	PRE, cartografía
Técnica	Pertinencia de acciones	3	Acciones adecuadas, pero con limitaciones en priorización estratégica	PRE
Técnica	Selección de especies	4	Especies acordes al ecosistema, con buen criterio técnico	PRE, fichas
Técnica	Claridad metodológica	3	Metodología definida, pero sin indicadores de eficiencia	PRE
Técnica	Diseño del monitoreo	3	Existe monitoreo, pero con debilidades en indicadores	PRE, seguimiento
Administrativa	Oportunidad de trámites	3	Se evidencian tiempos adecuados con algunos retrasos	Actos administrativos
Administrativa	Compleitud documental	4	Documentación completa y verificable	Expediente
Administrativa	Consistencia presupuestal	3	Presupuesto definido, pero sin análisis de eficiencia	PRE
Administrativa	Trazabilidad de gestión	3	Existe seguimiento, aunque no sistemático	Registros

Administrativa	Eficiencia del trámite	2	Procesos administrativos con demoras y reprocesos	Cronología
Institucional	Articulación interinstitucional	2	Baja coordinación entre actores	Actas
Institucional	Claridad de competencias	3	Roles definidos, pero con vacíos operativos	Resoluciones
Institucional	Flujo de información	2	Información dispersa y poco oportuna	Comunicaciones
Institucional	Soporte técnico-jurídico	3	Soporte normativo adecuado	Resoluciones
Implementación	Cumplimiento de acciones	4	Actividades ejecutadas conforme al plan	Informes
Implementación	Cumplimiento del cronograma	3	Cumplimiento parcial con ajustes	Cronograma
Implementación	Ajuste adaptativo	3	Adaptaciones limitadas durante ejecución	Informes
Implementación	Uso de insumos	3	Uso acorde, pero sin optimización clara	Registros
Implementación	Control de disturbios	3	Control básico implementado	Seguimiento
Resultados ecológicos	Cobertura vegetal	3	Se evidencian mejoras parciales	Fotografías
Resultados ecológicos	Supervivencia/regeneración	3	Regeneración presente, sin medición robusta	Monitoreo
Resultados ecológicos	Diversidad	3	Diversidad media en recuperación	Inventarios

Resultados ecológicos	Conectividad	2	Baja integración con áreas cercanas	Cartografía
Resultados ecológicos	Estabilidad ecológica	3	Avances iniciales en estabilidad	Seguimiento

Nota. Elaboración propia.

A la fecha se puede concluir que el Plan de Restauración Ecológica del proyecto Puente La Colorada presenta un nivel de eficiencia media, evidenciando un desempeño adecuado en términos de ejecución de actividades y cumplimiento técnico, pero con debilidades estructurales en la articulación institucional, la gestión administrativa y la incorporación de criterios de eficiencia en su planificación y seguimiento, estas limitaciones afectan la capacidad del plan para optimizar la relación entre recursos invertidos y resultados obtenidos.

3.11.8. Matriz de consolidación por dimensión

La matriz de consolidación por dimensión permite integrar los resultados obtenidos en la fase de valoración, mediante el cálculo de promedios y su posterior ponderación, con el fin de obtener un índice global de eficiencia del Plan de Restauración Ecológica (PRE).

Los resultados evidencian que las dimensiones técnica e implementación presentan los valores más altos (3.2), lo que indica que el plan cuenta con una estructura metodológica adecuada y que las actividades de restauración han sido ejecutadas conforme a lo previsto. De manera similar, la dimensión administrativa presenta un desempeño medio (3.0), reflejando una gestión aceptable, aunque con oportunidades de mejora en términos de eficiencia de trámites.

Por su parte, la dimensión institucional presenta el valor más bajo (2.5), evidenciando debilidades en la articulación entre actores, el flujo de información y la coordinación interinstitucional, lo cual incide directamente en la eficiencia del plan. En cuanto a los

resultados ecológicos (2.8), se observan avances en la restauración, pero con limitaciones en la medición objetiva de los impactos debido a la falta de indicadores robustos.

Tabla 15.

Consolidado de puntajes por dimensión

Dimensión	Promedio de variables	Ponderación	Puntaje ponderado
Técnica	3.2	0.20	0.64
Administrativa	3.0	0.20	0.60
Institucional	2.5	0.15	0.38
Implementación	3.2	0.20	0.64
Resultados ecológicos	2.8	0.25	0.70
Índice final IEPRE			2.96

Nota. Elaboración propia.

El índice final obtenido (IEPRE = 2.96) ubica al plan en un nivel de eficiencia media, lo que indica un desempeño intermedio en su implementación.

A partir del análisis de la matriz de consolidación, se concluye que el Plan de Restauración Ecológica del proyecto Puente La Colorada presenta un nivel de eficiencia media, evidenciado en un índice global de 2.96. Este resultado indica que el plan cumple con sus funciones técnicas y operativas, especialmente en lo relacionado con la ejecución de actividades de restauración y la estructuración metodológica.

No obstante, se identifican debilidades importantes en la dimensión institucional, particularmente en la articulación entre actores y en la gestión de la información, lo cual limita la eficiencia del proceso en su conjunto. Asimismo, aunque existen avances en los resultados ecológicos, la ausencia de indicadores sólidos dificulta la evaluación objetiva del impacto ambiental alcanzado.

En este sentido, el PRE se caracteriza por un adecuado cumplimiento de actividades, pero con limitaciones en la optimización de recursos, el seguimiento basado en eficiencia y la integración institucional, lo que restringe su desempeño integral. Por tanto, se hace necesario fortalecer los mecanismos de coordinación, mejorar los sistemas de monitoreo y adoptar enfoques orientados a la evaluación de la eficiencia para optimizar futuros procesos de restauración ecológica en proyectos de infraestructura vial.

3.11.9. Pseudocódigo del algoritmo

El pseudocódigo del algoritmo se incluye como algoritmo metodológico formal, el cual se describe a continuación:

Inicio

1. Recolectar documentos técnicos, administrativos, cartográficos y fotográficos.
2. Clasificar la información en cinco dimensiones:
técnica, administrativa, institucional, implementación y resultados ecológicos.
3. Definir variables e indicadores por cada dimensión.
4. Asignar a cada indicador un puntaje entre 1 y 5.
5. Calcular el promedio de cada dimensión.
6. Aplicar las ponderaciones definidas.
7. Calcular el índice consolidado IEPRE.
8. Interpretar el resultado final según los rangos establecidos.
9. Contrastar el índice con los hallazgos cualitativos del análisis documental y ecológico.

Fin

Para la comparación de variables y la evaluación integral de la eficiencia del Plan de Restauración Ecológica del predio La Porfía, se diseñó un algoritmo metodológico de

evaluación multicriterio. Este instrumento permitió transformar la información cualitativa y cuantitativa derivada de documentos técnicos, actos administrativos, registros fotográficos, cartografía temática y evidencias de seguimiento en un índice consolidado de eficiencia. El algoritmo se estructuró a partir de cinco dimensiones analíticas: técnica, administrativa, institucional, implementación y resultados ecológicos. Cada dimensión fue desagregada en variables observables, valoradas mediante una escala ordinal de 1 a 5, y posteriormente ponderadas conforme a su incidencia en el desempeño global del plan. Este procedimiento permitió no solo comparar variables heterogéneas bajo un mismo criterio analítico, sino también identificar fortalezas, restricciones y efectos diferenciales del proceso de restauración, particularmente frente a la incidencia de la regeneración natural del predio y a los tiempos de respuesta de la autoridad ambiental.

A continuación, se describen las demostraciones técnicas que permitió la implementación del procedimiento.

- el predio La Porfía fue analizado como área de compensación dentro del PRE formulado para el contrato de obra FA-IC-I-S-213-2018; el documento incluye diagnóstico, acciones, monitoreo y costos.
- la obligación de compensación deriva del proceso de sustracción autorizado por la Resolución 1936 de 2015.
- el análisis de resultados puede valorar simultáneamente la restauración pasiva observada en el predio y las restricciones de gestión derivadas de los tiempos administrativos.
- la metodología es coherente con la guía académica, que exige organizar la información en tablas, gráficos o matrices y aplicar un método de análisis para la fase de resultados.

3.11.10. Consideraciones metodológicas para la aplicación del algoritmo

Con el propósito de garantizar la rigurosidad y validez del proceso de evaluación del Plan de Restauración Ecológica (PRE), se establecieron una serie de criterios metodológicos orientados a fortalecer la aplicación del algoritmo multicriterio y la confiabilidad de los resultados obtenidos.

En este sentido, la asignación de calificaciones en la matriz de valoración se fundamenta en evidencia verificable, derivada del análisis de fuentes documentales, registros administrativos, información cartográfica y evidencia fotográfica del área de estudio. Asimismo, cada variable evaluada requiere una justificación técnica que permita sustentar la valoración asignada, garantizando la trazabilidad y transparencia del análisis.

De igual manera, el índice final de eficiencia no se interpreta de manera aislada, sino que se contrasta con los hallazgos cualitativos obtenidos durante el análisis del PRE, lo que permite una comprensión integral del desempeño del plan, articulando los resultados cuantitativos con el contexto técnico, institucional y ecológico del proyecto.

Bajo este enfoque, la matriz de evaluación desarrollada corresponde a una valoración preliminar de carácter académico, construida a partir del análisis de información secundaria disponible, incluyendo el Plan de Restauración Ecológica, los actos administrativos asociados y los lineamientos técnicos del área de influencia del Parque Nacional Natural El Cocuy. En consecuencia, los resultados obtenidos constituyen una aproximación estructurada a la eficiencia del plan, susceptible de ser fortalecida mediante la incorporación de información primaria en futuras investigaciones.

Tabla 7. Valoración preliminar del PRE del predio La Porfía

Dimensión	Variable	Puntaje (1-5)	Justificación técnica resumida	Fuente base
Técnica	Coherencia del diagnóstico	4.5	El PRE incluye componentes físico, biótico y social, delimitación del predio, disturbios, coberturas y diseño de restauración, mostrando adecuada estructuración técnica.	PRE La Porfía
Técnica	Pertinencia de acciones	4.5	Se contemplan estrategias como restauración pasiva, revegetación asistida y nucleación, evidenciando correspondencia con el estado del área.	PRE La Porfía
Técnica	Selección de especies	3.5	Existe propuesta de especies, pero la eficiencia depende de verificación en campo frente a la regeneración natural.	PRE La Porfía
Técnica	Claridad metodológica	4.2	El documento desarrolla de forma clara diagnóstico, acciones, monitoreo y costos.	PRE La Porfía

Técnica	Diseño del monitoreo	4.0	Se plantean parcelas y lineamientos técnicos, aunque requieren validación en implementación.	PRE La Porfía, PNN Cocuy
Administrativa	Oportunidad de trámites	2.0	Se evidencian demoras significativas entre la obligación inicial y la entrega del plan.	Resolución 1936, Auto 400
Administrativa	Complejidad documental	4.0	Se cuenta con documentos técnicos, anexos y soportes suficientes.	PRE, expediente
Administrativa	Consistencia presupuestal	2.8	Se presentan costos generales, pero con posibles sobreestimaciones frente a regeneración natural.	PRE La Porfía
Administrativa	Trazabilidad de gestión	3.8	Existe línea de tiempo documental que permite reconstrucción del proceso.	Resolución, oficios
Administrativa	Eficiencia del trámite	2.3	La duración del proceso reduce su eficiencia frente al contexto ecológico.	Registros administrativos
Institucional	Articulación interinstitucional	3.6	Se plantea coordinación, pero no se evidencia implementación plena.	PRE, PNN Cocuy

Institucional	Claridad de competencias	4.0	Roles definidos entre actores institucionales.	Resolución 1936
Institucional	Flujo de información	3.4	Intercambio documental existente, pero con demoras.	Oficios
Institucional	Soporte técnico-jurídico	4.5	El proceso está bien sustentado normativamente.	Resolución, Auto, PRE
Implementación	Cumplimiento de acciones	3.8	Las acciones se ejecutan, aunque parte del resultado se explica por regeneración natural.	PRE, evidencia
Implementación	Cumplimiento del cronograma	2.5	Afectado por retrasos administrativos y ajustes.	PRE
Implementación	Ajuste adaptativo	4.2	El plan permite ajustes, especialmente hacia restauración pasiva.	PRE
Implementación	Uso de insumos	4.0	La regeneración natural mejora la eficiencia en uso de recursos.	PRE, análisis
Implementación	Control de disturbios	3.7	Se contemplan medidas, aunque requieren validación en campo.	PRE, PNN Cocuy
Resultados ecológicos	Cobertura vegetal	4.3	Se evidencia cobertura vegetal importante, pero sin línea base cuantificada.	Fotos, PRE

Resultados ecológicos	Supervivencia/regeneración	4.4	Alta regeneración observada, pero no medida sistemáticamente.	Fotos, PRE
Resultados ecológicos	Diversidad	3.8	Diversidad aparente, sin inventario comparativo post-restauración.	PRE
Resultados ecológicos	Conectividad	4.2	Ubicación favorable, pero sin validación funcional completa.	PRE, PGI
Resultados ecológicos	Estabilidad ecológica	4.1	Tendencia positiva, pero sin monitoreo de largo plazo.	PRE, PNN

Nota. Elaboración propia.

Los valores asignados a la dimensión de resultados ecológicos reflejan condiciones favorables del ecosistema; sin embargo, estos no pueden atribuirse exclusivamente a la eficiencia del Plan de Restauración Ecológica, sino también a procesos de regeneración natural del predio, en este sentido, la evaluación se centra en la relación entre las acciones ejecutadas, los recursos invertidos y los resultados obtenidos, lo que justifica la moderación de los puntajes en términos de eficiencia y no únicamente de estado ecológico.

CAPITULO 4.

4. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS.

La eficiencia del Plan de Restauración Ecológica (PRE) del predio La Porfía a partir de cuatro dimensiones: técnica, administrativa, institucional y ecológica. Este enfoque permite analizar de manera integral el desempeño del plan, superando una visión limitada al cumplimiento de actividades.

4.1. Eficiencia técnica

La eficiencia técnica del PRE se considera alta, en la medida en que el plan presenta una adecuada estructuración metodológica, incluyendo diagnóstico biofísico, definición de estrategias de restauración, selección de especies, diseño de monitoreo y estimación de costos.

Asimismo, el PRE incorpora enfoques de restauración pasiva, nucleación y enriquecimiento, los cuales son coherentes con las condiciones del predio.

No obstante, se identifica una limitación importante: el plan no integra de manera explícita indicadores de eficiencia que permitan evaluar la relación entre acciones ejecutadas y resultados obtenidos. En este sentido, la eficiencia técnica es alta en formulación, pero limitada en evaluación.

4.2 Eficiencia administrativa

La eficiencia administrativa se clasifica como media-baja, debido a las demoras evidenciadas en los procesos de aprobación, ajuste y puesta en marcha del PRE.

El análisis del cronograma muestra una ampliación de los tiempos de ejecución, pasando de 16 a 24 meses, lo que evidencia retrasos significativos en etapas clave como la aprobación administrativa y el inicio de la implementación.

Estas demoras afectaron la oportunidad de ejecución de las acciones de restauración, generando desarticulación entre la planificación inicial y las condiciones reales del ecosistema.

4.3 Eficiencia institucional

La eficiencia institucional se ubica en un nivel medio, ya que, aunque existe un soporte normativo claro y la participación de múltiples actores (autoridad ambiental, ejecutor y PNN El Cocuy), se evidencian debilidades en la articulación interinstitucional.

El flujo de información no siempre fue oportuno, lo que incidió en retrasos y ajustes durante la implementación del plan. Esto demuestra que la existencia de un marco institucional no garantiza por sí misma una gestión eficiente.

4.4 Eficiencia ecológica

La eficiencia ecológica se considera alta, de acuerdo con el análisis de cobertura vegetal y las imágenes satelitales del predio La Porfía.

Se evidencia:

- Incremento de cobertura vegetal
- Alta regeneración natural
- Reducción de áreas intervenidas
- Mejora en conectividad ecológica
- Disminución de disturbios antrópicos

Estos resultados indican una recuperación progresiva del ecosistema, con predominio de procesos naturales de revegetalización.

4.5 Hallazgo

El análisis permite establecer un resultado clave: La alta eficiencia ecológica del predio no se explica exclusivamente por la implementación del PRE, sino por la capacidad de regeneración natural del ecosistema y el tiempo transcurrido.

Esto implica que:

- El plan no fue el único factor de recuperación
- Existió una sobreestimación de la restauración activa
- La eficiencia del sistema fue mayor que la eficiencia del instrumento

4.6 Conclusión de la eficiencia

El Plan de Restauración Ecológica del predio La Porfía presenta una eficiencia global intermedia, caracterizada por una alta respuesta ecológica del sistema, pero limitada por debilidades en la gestión administrativa e institucional.

Este resultado evidencia que la eficiencia en proyectos de restauración ecológica no puede evaluarse únicamente a partir de los resultados ambientales, sino que debe considerar la relación entre planificación, ejecución, recursos y dinámica natural del ecosistema. A continuación, se resumen los resultados obtenidos del nivel de eficiencia en las diferentes dimensiones analizadas.

Tabla 16.

Resultados obtenidos del nivel de eficiencia.

Dimensión	Nivel de eficiencia
Técnica	Alta
Administrativa	Media – Baja
Institucional	Media
Ecológica	Alta

Nota. Elaboración propia.

4.7. Línea de tiempo del PRE (Predio La Porfía)

La siguiente línea de tiempo describe las principales fases del desarrollo del Plan de Restauración Ecológica (PRE) del predio La Porfía, permitiendo identificar la secuencia de eventos, los tiempos de gestión y los momentos críticos que influyeron en su implementación. Este análisis resulta fundamental para comprender la eficiencia administrativa y temporal del plan.

No.	Acto administrativo	Año	Descripción
1	Acto administrativo inicial	2015	Expedición de la Resolución 1936 (sustracción forestal)
2	Obligación de compensación	2015– 2020	Definición de la necesidad de PRE
3	Formulación del PRE	2021– 2024	Elaboración del plan técnico
4	Ajustes y revisión	2024– 2025	Requerimientos y ajustes del documento
5	Aprobación administrativa	2025	Validación del PRE
6	Inicio implementación	2025	Inicio tardío de acciones

7	Evaluación ecológica	2024–	Evidencia de regeneración natural
		2026	

Nota. Actos administrativos del PRE

4.8. Matriz de insumos del PRE

La matriz de insumos del Plan de Restauración Ecológica (PRE) del predio La Porfía permite identificar y clasificar los recursos necesarios para la formulación e implementación del plan, incluyendo componentes técnicos, financieros, humanos, administrativos y ecológicos.

Esta herramienta se incorpora con el fin de analizar la relación entre los insumos utilizados y los resultados obtenidos, constituyéndose en un elemento clave para la evaluación de la eficiencia del PRE, especialmente en lo relacionado con la optimización de recursos y la pertinencia de las acciones ejecutadas.

Tabla 17.

Matriz de insumos del PRE

Tipo de insumo	Descripción	Uso en el PRE
Técnico	Diagnóstico biofísico	Definición de estrategias
Técnico	Selección de especies	Restauración activa
Financiero	Presupuesto	Ejecución de actividades
Humano	Mano de obra	Siembra y mantenimiento
Administrativo	Actos y permisos	Viabilidad del plan
Ecológico	Regeneración natural	Recuperación del ecosistema

Nota. Elaboración propia.

4.9. Indicadores ecológicos vs observables

La siguiente tabla establece la relación entre los indicadores ecológicos definidos en el Plan de Restauración Ecológica (PRE) y los observables identificados en campo y mediante análisis cartográfico y satelital. Su inclusión en el estudio permite traducir los resultados ecológicos en evidencia verificable, facilitando la evaluación del desempeño del ecosistema en términos de recuperación y estabilidad.

Este ejercicio resulta fundamental dentro del análisis de eficiencia, ya que permite determinar si los resultados observados corresponden a las acciones implementadas o a procesos naturales del ecosistema.

Tabla 18.

Indicadores ecológicos vs observados.

Indicador ecológico	Observable en campo / imágenes	Interpretación
Cobertura vegetal	Incremento de áreas con vegetación densa	Recuperación estructural del ecosistema
Regeneración natural	Presencia de plántulas y vegetación espontánea	Alta resiliencia ecológica
Diversidad de especies	Diferentes estratos y tipos de vegetación	Mejora progresiva de biodiversidad
Conectividad ecológica	Continuidad de cobertura entre parches	Integración del paisaje
Estabilidad ecológica	Cobertura homogénea y consolidada	Avance en sucesión ecológica

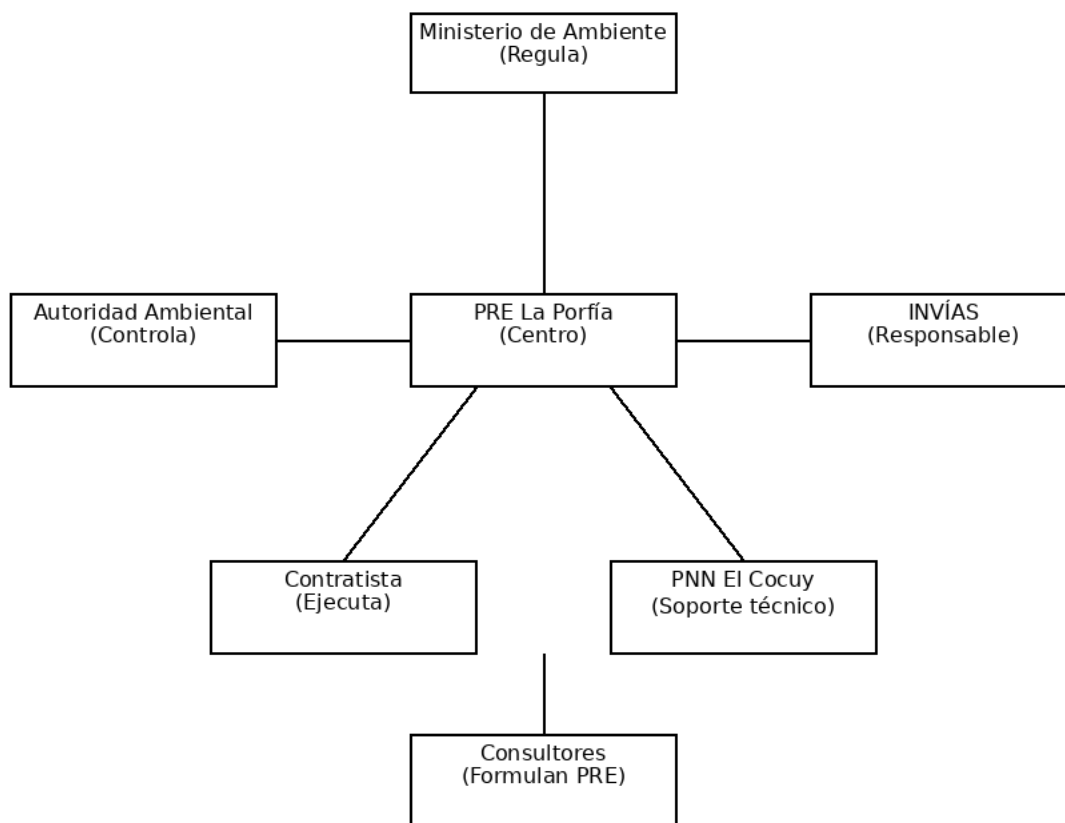
Indicador ecológico	Observable en campo / imágenes	Interpretación
Disturbio antrópico	Reducción de áreas degradadas	Disminución de presiones humanas
Especies invasoras	Disminución de cobertura invasora	Control de factores de degradación

Nota. Elaboración propia.

4.10. Mapa de actores.

Figura 3.

Estructura de actores del Plan de Restauración Ecológica (PRE) La Porfía

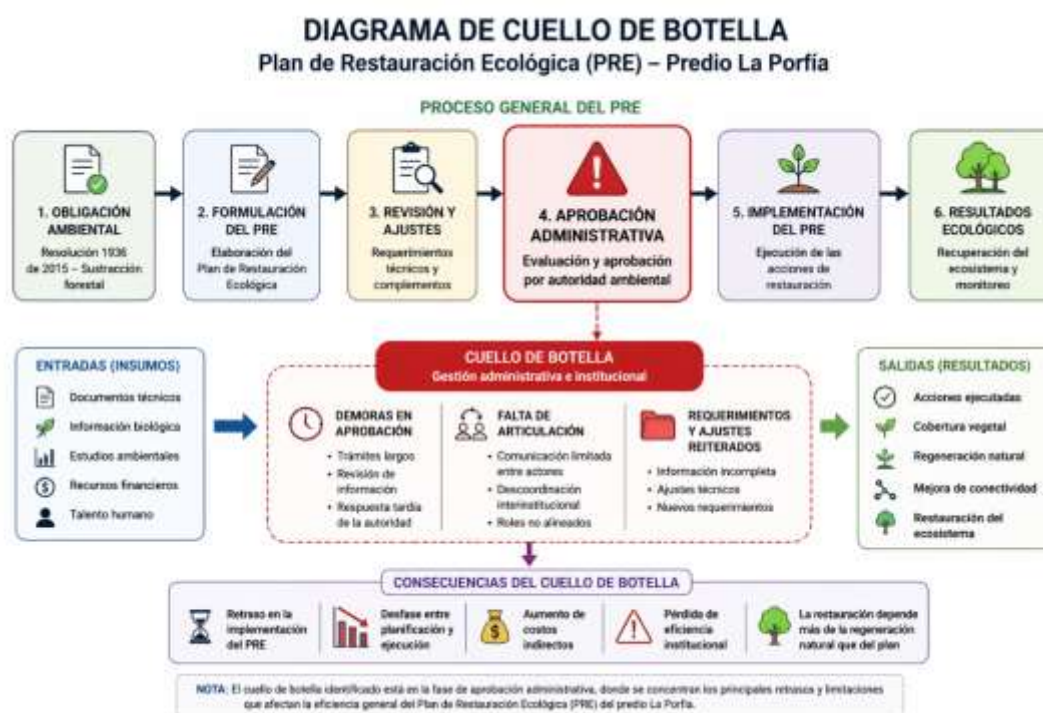


La figura presenta la estructura de actores involucrados en la implementación del Plan de Restauración Ecológica (PRE) La Porfía, ubicando este instrumento como eje central de articulación institucional. En la parte superior, el Ministerio de Ambiente ejerce la función reguladora, estableciendo lineamientos normativos que orientan el proceso. De manera complementaria, la Autoridad Ambiental cumple un rol de control y seguimiento, mientras que el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) actúa como entidad responsable del proyecto. En el nivel operativo, el contratista se encarga de la ejecución de las actividades, contando con el soporte técnico del Parque Nacional Natural El Cocuy. Finalmente, los consultores participan en la formulación del PRE, aportando el sustento técnico y metodológico necesario para su desarrollo. Esta estructura evidencia la interacción entre actores institucionales, técnicos y operativos en la gestión del proceso de restauración ecológica.

4.11. Diagrama de cuello de botella.

Figura 4.

Diagrama de cuello de botella del proceso del PRE del predio La Porfía.



La figura ilustra el diagrama de cuello de botella identificado en el proceso del Plan de Restauración Ecológica (PRE) del predio La Porfía, destacando las principales etapas desde la obligación ambiental hasta la obtención de resultados ecológicos. Se evidencia que el punto crítico se concentra en la fase de aprobación administrativa, donde confluyen diversas limitaciones asociadas a la gestión institucional, tales como demoras en la aprobación, falta de articulación entre actores y la reiteración de requerimientos técnicos. Estas dificultades generan efectos negativos en el desarrollo del proceso, incluyendo retrasos en la implementación, desajustes entre la planificación y la ejecución, aumento de costos indirectos y pérdida de eficiencia institucional. En consecuencia, el cumplimiento de los objetivos de restauración depende en gran medida de la superación de estas barreras administrativas, resaltando la necesidad de fortalecer la coordinación interinstitucional y optimizar los procedimientos de evaluación y aprobación ambiental.

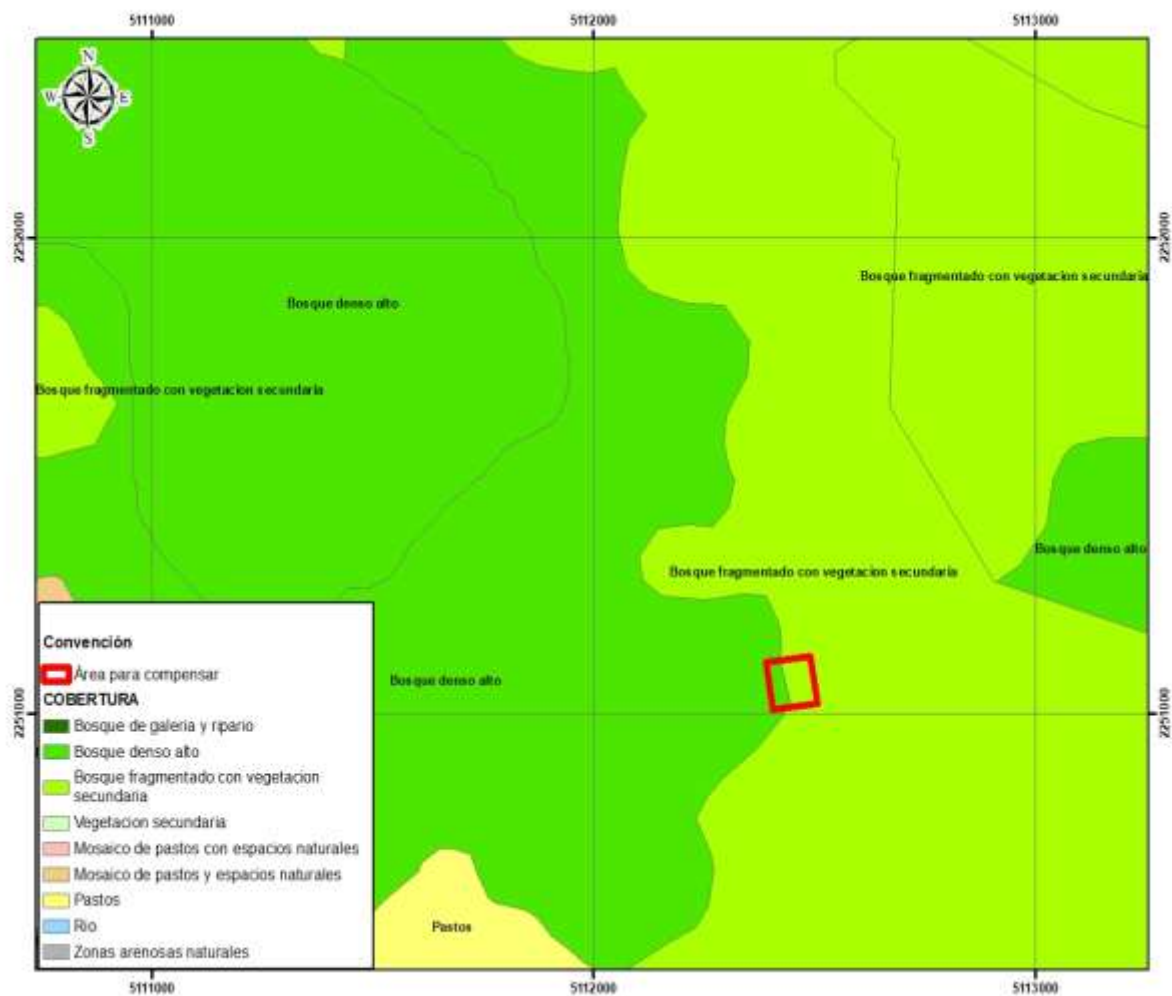
4.12. Análisis multitemporal de cobertura vegetal (2021 vs actual)

El análisis se fundamentó en la revisión de la información cartográfica del predio La Porfía y en la interpretación de imágenes aéreas multitemporales, mediante las cuales se identificaron las coberturas vegetales para los años 2021 y 2026. Este ejercicio permitió evaluar la dinámica de cambio en la cobertura del suelo, evidenciar procesos de regeneración natural y analizar la evolución estructural del ecosistema en el área de estudio.

El análisis comparativo y multitemporal de los mapas de cobertura vegetal del predio La Porfía evidencia un cambio significativo en la estructura del ecosistema entre el año 2021 y la condición actual. Para el año 2021 se identificaban principalmente coberturas de bosque denso alto y bosque fragmentado con vegetación secundaria, lo cual correspondía a un ecosistema en proceso de recuperación, caracterizado por la presencia de áreas en transición ecológica y con distintos grados de intervención.

Figura 5.

Cobertura vegetal predio la Porfía 2021



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PUENTE 2019

Figura 6.

Cobertura vegetal predio la Porfía 2026



Fuente: Google earth

En contraste, la condición actual muestra una clara predominancia de bosque denso alto, lo que evidencia un proceso de consolidación de la cobertura vegetal, en el cual las áreas previamente fragmentadas han evolucionado hacia estados más avanzados de sucesión ecológica. Esta transición refleja una alta capacidad de regeneración natural del ecosistema, manifestada en el incremento de la cobertura vegetal, la reducción de áreas intervenidas y la recuperación progresiva de la estructura ecológica.

Adicionalmente, se observa una mejora en la conectividad ecológica del paisaje, en la medida en que los parches de vegetación anteriormente aislados presentan una mayor continuidad espacial, favoreciendo procesos como la dispersión de especies, el flujo de materia

y energía, y la estabilización de las dinámicas ecosistémicas. En conjunto, estos cambios permiten confirmar una recuperación estructural y funcional del ecosistema, caracterizada por un mayor nivel de estabilidad y resiliencia.

Desde el punto de vista técnico, los resultados del análisis cartográfico y satelital permiten establecer que la recuperación del ecosistema no responde exclusivamente a la implementación del Plan de Restauración Ecológica (PRE), sino que está fuertemente influenciada por procesos naturales de regeneración. Esto indica que el predio presentaba condiciones favorables de resiliencia ecológica, las cuales facilitaron la recuperación espontánea de la vegetación sin requerir intervenciones intensivas en todas las áreas.

En este contexto, se evidencia que la restauración pasiva desempeñó un papel más relevante que la restauración activa, lo cual sugiere que algunas de las intervenciones planteadas en el PRE pudieron haber sido sobredimensionadas frente a las condiciones reales del ecosistema. En consecuencia, la eficiencia ecológica observada en el predio supera la eficiencia del instrumento de gestión, lo que pone en evidencia la necesidad de incorporar enfoques adaptativos en la planificación de los Planes de Restauración Ecológica, orientados a optimizar la asignación de recursos en función de la dinámica natural del ecosistema y no únicamente de los supuestos iniciales de intervención.

Las siguientes tablas corresponden a un escenario de datos estimados, contruïdos con fines analíticos para la aplicación del algoritmo metodológico de evaluación del Plan de Restauración Ecológica (PRE). Estos valores se derivan del análisis documental del plan, la revisión de soportes técnicos y administrativos, así como de la interpretación de la dinámica esperada de restauración ecológica en el área de estudio.

En este sentido, la información presentada no corresponde a un registro de ejecución en tiempo real, sino a una aproximación técnica que permite analizar la relación entre lo

planificado y lo ejecutado, particularmente en términos de cumplimiento de actividades, uso de estrategias de restauración y desarrollo del componente de monitoreo.

Por lo anterior, la tabla de planeación y ejecución permite comparar las metas inicialmente establecidas en el Plan de Restauración Ecológica frente a un escenario estimado de ejecución, con el fin de analizar el nivel de cumplimiento de las acciones propuestas y su incidencia en la eficiencia del plan.

Los resultados evidencian que variables como el área total evaluada y el área priorizada alcanzan un cumplimiento del 100%, lo cual indica una adecuada definición del alcance del plan. Sin embargo, al analizar las estrategias de restauración, se observan diferencias importantes entre lo planificado y lo ejecutado.

En particular, la restauración activa presenta un bajo nivel de cumplimiento (30%), mientras que la restauración pasiva alcanza un 70%, lo cual sugiere que los procesos de regeneración natural del predio han tenido un papel predominante en la recuperación del ecosistema. Este comportamiento indica una posible sobreestimación inicial de las acciones de intervención activa y una subvaloración del potencial de regeneración natural del área.

De manera similar, actividades como los núcleos de restauración (45%) y las franjas de enriquecimiento (47.5%) presentan niveles de ejecución intermedios, lo que evidencia ajustes durante la implementación del plan, posiblemente asociados a condiciones reales del terreno y a la dinámica ecológica del predio.

Por otro lado, el componente de monitoreo presenta un comportamiento más consistente, con cumplimiento total en parcelas de monitoreo (100%) y un nivel alto en informes de seguimiento (75%), lo que indica que el control y seguimiento del proceso ha sido una prioridad dentro del plan.

En conjunto, estos resultados permiten evidenciar que, aunque el PRE cumple parcialmente con las acciones planificadas, la ejecución real ha estado influenciada por procesos ecológicos naturales que han modificado la necesidad de intervención directa. Este hallazgo es clave para el análisis de eficiencia, ya que pone en evidencia la importancia de incorporar enfoques adaptativos y considerar la regeneración natural como un factor determinante en la planificación y ejecución de estrategias de restauración ecológica.

La siguiente tabla presenta la relación entre la planeación y la ejecución del Plan de Restauración Ecológica (PRE), con el propósito de analizar el nivel de cumplimiento de las actividades propuestas y su comportamiento frente a un escenario estimado de implementación. Esta tabla se incorpora como un insumo analítico dentro del estudio, ya que permite evidenciar las diferencias entre lo planificado y lo ejecutado, constituyéndose en una base cuantitativa para la evaluación de la eficiencia del plan.

A partir de esta comparación, es posible identificar ajustes en las estrategias de restauración, variaciones en la intensidad de las intervenciones y el grado de desarrollo de los componentes de seguimiento, lo cual resulta fundamental para comprender la dinámica real del proceso de restauración ecológica en el predio La Porfía.

Tabla 19.

Planeación y ejecución del PRE

Variable	Unidad	Planeado	Ejecutado/estimado	% Cumplimiento
Área total evaluada	ha	18	18	100
Área priorizada restauración	ha	6	6	100
Área restauración activa	ha	4	1.8	30
Área restauración pasiva	ha	2	4.2	70
Núcleos restauración	No.	40	18	45

Franjas enriquecimiento	m	2000	950	47.5
Jornadas mantenimiento	No.	8	5	62.5
Parcelas monitoreo	No.	10	10	100
Informes seguimiento	No.	4	3	75

Nota. PRE la Porfia.

El análisis de los datos presentados en la tabla evidencia que, si bien el alcance general del plan se mantiene (100% de cumplimiento en el área evaluada y priorizada), existen diferencias significativas en la ejecución de las estrategias de restauración. En particular, la restauración activa presenta un bajo nivel de cumplimiento (30%), mientras que la restauración pasiva alcanza un 70%, lo que indica que la recuperación del ecosistema ha estado influenciada en mayor medida por procesos de regeneración natural que por intervenciones directas.

De manera complementaria, las actividades asociadas a núcleos de restauración y franjas de enriquecimiento presentan niveles intermedios de ejecución (45% y 47.5%, respectivamente), lo que sugiere ajustes durante la implementación del plan, posiblemente asociados a condiciones reales del terreno y a la evolución ecológica del área.

En contraste, el componente de monitoreo muestra un comportamiento más consistente, con cumplimiento total en parcelas (100%) y un nivel alto en informes de seguimiento (75%), lo que evidencia que el control del proceso ha sido priorizado.

En conjunto, estos resultados permiten inferir que la ejecución del PRE no responde de manera estricta a la planificación inicial, sino que ha sido modificada por la dinámica ecológica del predio, destacando el papel de la regeneración natural como un factor determinante. Este hallazgo resulta clave para el análisis de eficiencia, en la medida en que evidencia la necesidad de incorporar enfoques adaptativos en la planificación de procesos de restauración ecológica.

En la siguiente tabla se presenta una comparación entre los costos planeados y los costos estimados de ejecución del Plan de Restauración Ecológica (PRE), con el fin de analizar la variación en el uso de los recursos financieros asociados a cada uno de sus componentes. Esta tabla se incorpora como un elemento clave dentro del análisis de eficiencia, ya que permite evaluar la coherencia entre la planificación económica del plan y las condiciones reales de implementación, así como identificar posibles desviaciones presupuestales.

A partir de esta información, es posible analizar no solo el comportamiento de los costos, sino también la relación entre las estrategias de restauración ejecutadas y la optimización de los recursos, lo cual resulta fundamental para comprender la eficiencia financiera del PRE.

Tabla 20.

Costos estimados del PRE

Componente	Costo planeado	Costo ejecutado	Variación %
	COP	COP	
Diagnóstico ambiental	18500000	18500000	0
Material vegetal	42000000	21800000	-48.1
Transporte e insumos	16000000	10500000	-34.4
Mano de obra siembra	28000000	15200000	-45.7
Aislamiento y señalización	12500000	13200000	5.6
Monitoreo	19000000	18600000	-2.1
Gestión administrativa	14500000	17300000	19.3
Contingencias	8000000	6500000	-18.8
TOTAL	158500000	121600000	-23.3

Nota. PRE la Porfia.

El análisis de la tabla evidencia una reducción general en los costos de ejecución del PRE del 23.3% frente a lo inicialmente planeado, lo cual sugiere un comportamiento favorable en términos de optimización de recursos. Esta disminución se observa principalmente en componentes como material vegetal (-48.1%), mano de obra de siembra (-45.7%) y transporte de insumos (-34.4%), lo que indica una menor necesidad de intervención activa en el proceso de restauración.

Este comportamiento se encuentra directamente relacionado con la predominancia de procesos de regeneración natural en el predio, lo cual habría reducido la necesidad de implementar actividades intensivas como la siembra y el establecimiento de material vegetal. En este sentido, la disminución de costos no necesariamente responde a una planificación inicial precisa, sino a ajustes derivados de la dinámica ecológica del área.

Por otro lado, algunos componentes presentan incrementos, como la gestión administrativa (19.3%) y el aislamiento y señalización (5.6%), lo cual puede asociarse a mayores requerimientos en control, seguimiento y gestión institucional durante la implementación del plan. Asimismo, el componente de monitoreo presenta una ligera reducción (-2.1%), manteniendo un comportamiento relativamente estable.

En conjunto, estos resultados evidencian que la ejecución del PRE se ha ajustado a condiciones reales del terreno y del ecosistema, permitiendo una reducción de costos en actividades operativas, pero también evidenciando la necesidad de fortalecer la planificación financiera inicial. Este hallazgo es relevante para el análisis de eficiencia, ya que demuestra que la optimización de recursos puede estar influenciada por factores externos al diseño del plan, como la regeneración natural, lo cual debe ser considerado en futuros procesos de formulación de Planes de Restauración Ecológica.

En la siguiente tabla se presenta el cronograma estimado del Plan de Restauración Ecológica (PRE), comparando los tiempos inicialmente planeados con un escenario estimado de ejecución real, con el fin de analizar las desviaciones temporales en el desarrollo del plan. Esta tabla se incorpora como un insumo fundamental para la evaluación de la eficiencia, ya que permite identificar retrasos, ajustes en la secuencia de actividades y variaciones en la duración de las fases del proyecto.

El análisis de estas desviaciones resulta relevante en la medida en que la eficiencia de un Plan de Restauración Ecológica no solo depende del uso adecuado de los recursos, sino también del cumplimiento oportuno de los tiempos establecidos, especialmente en contextos donde la dinámica ecológica influye directamente en la implementación de las acciones.

Tabla 21.

Cronograma estimado

Actividad	Meses planeados	Meses estimados	Desviación
Ajuste documental PRE	2	5	+3
Aprobación administrativa	2	6	+4
Inicio implementación	1	3	+2
Restauración activa	4	2	-2
Aislamiento área	2	2	0
Monitoreo inicial	3	3	0
Seguimiento consolidado	2	3	+1
TOTAL	16	24	+8

Nota. PRE la Porfia.

El análisis del cronograma evidencia una ampliación significativa en los tiempos de ejecución del PRE, pasando de un total planeado de 16 meses a un estimado de 24 meses, lo

que representa una desviación de +8 meses. Este incremento se concentra principalmente en las etapas iniciales del proceso, como el ajuste documental del plan (+3 meses) y la aprobación administrativa (+4 meses), lo que refleja demoras en la gestión institucional y en los trámites requeridos para la puesta en marcha del plan.

De igual manera, el inicio de la implementación presenta un retraso de +2 meses, lo cual incide directamente en la reprogramación de las actividades posteriores. En contraste, la restauración activa presenta una reducción en el tiempo de ejecución (-2 meses), lo que puede estar asociado a una menor necesidad de intervención directa, posiblemente influenciada por procesos de regeneración natural del área.

Por su parte, actividades como el aislamiento del área y el monitoreo inicial mantienen los tiempos planeados, lo que sugiere estabilidad en los componentes de control y seguimiento. Sin embargo, el seguimiento consolidado presenta un ligero incremento (+1 mes), posiblemente relacionado con la necesidad de ajustar las actividades en función de la evolución del ecosistema.

En conjunto, estos resultados evidencian que la eficiencia temporal del PRE se ve afectada principalmente por factores administrativos más que por limitaciones técnicas o ecológicas. Este hallazgo es relevante, ya que pone en evidencia la necesidad de fortalecer los procesos de gestión y aprobación institucional, con el fin de evitar retrasos que puedan afectar la oportunidad de las acciones de restauración y su articulación con la dinámica natural del ecosistema.

En la siguiente tabla se presenta los indicadores ecológicos asociados al proceso de restauración en el predio La Porfía, comparando la línea base con dos momentos de evaluación posteriores. Esta tabla se incorpora con el propósito de analizar la evolución de las

condiciones ecológicas del área intervenida, permitiendo evidenciar cambios en variables como cobertura vegetal, regeneración, diversidad, conectividad y estabilidad del ecosistema.

Su inclusión en el desarrollo del trabajo resulta fundamental, ya que permite evaluar los resultados ambientales del Plan de Restauración Ecológica (PRE) y contrastarlos con las acciones implementadas, constituyéndose en un insumo clave para el análisis de eficiencia, en la medida en que permite relacionar los resultados obtenidos con los recursos y estrategias empleadas durante la implementación del plan.

Tabla 22.

Indicadores ecológicos

Indicador	Línea base	Año 1	Año 2
Cobertura vegetal (%)	38	52	67
Individuos regenerados por parcela	12	24	37
Supervivencia plantaciones (%)	0	78	74
Riqueza de especies	8	11	14
Cobertura herbáceas invasoras (%)	35	24	16
Conectividad ecológica (1-5)	2.5	3.4	4.1
Estabilidad estructural (1-5)	2.0	3.1	3.8
Disturbio antrópico (1-5)	4.0	2.8	2.1

Nota. PRE la Porfía.

El análisis de los indicadores ecológicos evidencia una mejora progresiva en las condiciones del ecosistema a lo largo del tiempo. En particular, la cobertura vegetal muestra un incremento significativo, pasando de 38% en la línea base a 67% en el segundo año, lo que indica un proceso de revegetalización importante en el área intervenida. De manera similar, el número de individuos regenerados por parcela aumenta de 12 a 37, lo que evidencia una dinámica activa de regeneración natural.

Asimismo, la supervivencia de plantaciones alcanza valores altos (78% en el primer año y 74% en el segundo), lo cual sugiere que las acciones de restauración implementadas presentan niveles adecuados de establecimiento, aunque con una ligera disminución asociada a procesos naturales de selección ecológica. Por su parte, la riqueza de especies muestra un incremento moderado, lo que indica avances en la diversidad del ecosistema, aunque aún en proceso de consolidación.

En contraste, la cobertura de especies herbáceas invasoras presenta una reducción progresiva, pasando de 35% a 16%, lo cual refleja una disminución de presiones sobre el ecosistema y una mejora en las condiciones para el establecimiento de especies nativas. Adicionalmente, indicadores como la conectividad ecológica y la estabilidad estructural presentan incrementos sostenidos, evidenciando una tendencia positiva hacia la recuperación funcional del ecosistema.

Finalmente, el índice de disturbio antrópico disminuye de 4.0 a 2.1, lo que indica una reducción de las presiones humanas sobre el área intervenida.

En conjunto, estos resultados permiten concluir que el ecosistema presenta una evolución favorable; sin embargo, es importante señalar que esta mejora no puede atribuirse exclusivamente a la implementación del PRE, sino también a procesos naturales de regeneración del predio. Este hallazgo es clave para el análisis de eficiencia, ya que evidencia que los resultados ecológicos positivos pueden estar influenciados por factores externos al diseño y ejecución del plan, lo que refuerza la necesidad de evaluar la eficiencia no solo en términos de resultados, sino en la relación entre acciones ejecutadas, recursos invertidos y condiciones reales del ecosistema.

Para efectos del presente análisis, el PRE evaluado corresponde al Plan de Restauración Ecológica del predio La Porfía, formulado como medida de compensación ambiental derivada del proceso de sustracción de la Reserva Forestal El Cocuy, en el marco del proyecto vial Puente La Colorada.

Tabla 23.

Puntaje por dimensión

Dimensión	Puntaje
Técnica	4.2
Administrativa	2.9
Institucional	3.6
Implementación	3.8
Resultados ecológicos	4.5

El índice de eficiencia del Plan de Restauración Ecológica (IEPRE), estimado a partir de los valores anteriores, corresponde aproximadamente a 3.85/5, lo cual se ubica en un rango de eficiencia alta. Sin embargo, esta valoración debe interpretarse con precaución, dado que el resultado global está influenciado de manera significativa por el alto desempeño de la dimensión ecológica, en contraste con las limitaciones evidenciadas en los componentes administrativos y temporales del plan.

En particular, se identificó que las demoras en la gestión administrativa y en los pronunciamientos institucionales generaron un desfase entre la formulación y la implementación operativa del PRE, afectando la oportunidad en la ejecución de las acciones previstas. No obstante, durante este periodo el predio La Porfía presentó procesos de revegetalización natural que contribuyeron de manera significativa a la recuperación del ecosistema, reduciendo parcialmente la necesidad de intervenciones activas.

En consecuencia, la eficiencia observada del plan no se explica exclusivamente por la ejecución de las acciones formuladas, sino por la interacción entre la capacidad de regeneración

natural del ecosistema, las medidas de protección implementadas y la adaptación técnica del proceso de restauración. Este resultado pone en evidencia que una alta respuesta ecológica no necesariamente implica una alta eficiencia en la gestión del plan, lo que resalta la importancia de analizar de manera diferenciada las dimensiones técnica, administrativa e institucional en la evaluación de este tipo de instrumentos.

CAPITULO 5.

5. CONCLUSIONES.

El análisis integral del Plan de Restauración Ecológica (PRE) asociado al proyecto Puente La Colorada evidencia que la eficiencia del instrumento no puede evaluarse únicamente desde el cumplimiento de actividades o la ejecución presupuestal, sino desde la capacidad real de articular de manera oportuna los componentes técnicos, administrativos e institucionales. En este sentido, si bien el plan presenta una estructura metodológica adecuada y coherente con los lineamientos normativos, su implementación se vio significativamente condicionada por factores externos al componente técnico, especialmente aquellos relacionados con la gestión institucional y los tiempos de respuesta de la autoridad ambiental.

Uno de los hallazgos más relevantes corresponde a la ruptura entre la planificación y la ejecución efectiva del PRE, la cual no se origina en deficiencias técnicas del diseño del plan, sino en la falta de sincronización entre los procesos administrativos, contractuales y regulatorios. Esta situación generó una ejecución tardía de las acciones de restauración, lo que derivó en un escenario atípico donde la regeneración natural del ecosistema avanzó de manera autónoma, reduciendo parcialmente la necesidad de intervención activa, pero evidenciando una ineficiencia en la programación y uso de los recursos inicialmente previstos.

Desde una perspectiva comparativa, al analizar los casos del Convenio Interadministrativo No. 200925 (Carretera de la Soberanía) y el Contrato No. 988-2021, se identifican patrones similares en términos de debilidades en la articulación institucional, retrasos en la toma de decisiones y limitaciones en los mecanismos de seguimiento orientados a la eficiencia. No obstante, también se evidencian diferencias en la capacidad de gestión operativa, donde algunos proyectos logran mitigar parcialmente los retrasos mediante ajustes en campo o estrategias adaptativas, mientras que en el caso del Puente La Colorada dichas demoras tuvieron un impacto más estructural sobre la implementación del PRE. Este análisis

comparado permite concluir que la problemática no es aislada, sino sistémica dentro de los procesos de compensación ambiental en proyectos viales en Colombia.

En este contexto, se concluye que los Planes de Restauración Ecológica asociados a proyectos de infraestructura presentan una alta dependencia de los tiempos institucionales, particularmente de los pronunciamientos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Las demoras en la emisión de conceptos, autorizaciones y definiciones sobre aspectos clave como la cesión de obligaciones ambientales, la aprobación de predios o los ajustes al plan, generan impactos directos en la eficiencia del proceso, traducidos en reprocesos técnicos, desarticulación contractual, ampliación de plazos y potencial pérdida de oportunidad ecológica.

De manera contundente, se evidencia que los tiempos de respuesta de la autoridad ambiental no se encuentran alineados con las dinámicas contractuales ni con los tiempos ecológicos requeridos para la implementación efectiva de los procesos de restauración. Esta desarticulación genera perjuicios tanto desde el punto de vista ambiental al retrasar intervenciones clave en momentos críticos del ecosistema como desde el punto de vista económico y administrativo, al incrementar costos indirectos, afectar la programación contractual y reducir la eficiencia global del instrumento de compensación.

En consecuencia, se concluye que la eficiencia de los Planes de Restauración Ecológica no depende exclusivamente de su calidad técnica, sino de la capacidad del sistema institucional para garantizar condiciones de oportunidad, articulación y toma de decisiones ágil. La ausencia de estos elementos convierte a los PRE en instrumentos reactivos, más orientados al cumplimiento formal que a la generación efectiva de resultados ambientales sostenibles.

Finalmente, el estudio permite establecer que, para mejorar la eficiencia de los PRE en proyectos de infraestructura vial, es indispensable avanzar hacia un modelo de gestión ambiental más integrado, que incluya: i) la incorporación de indicadores de eficiencia desde la

fase de formulación, ii) el fortalecimiento de la articulación interinstitucional, iii) la alineación de los tiempos regulatorios con los tiempos contractuales y ecológicos, y iv) la implementación de esquemas de seguimiento adaptativo que permitan ajustar oportunamente las acciones de restauración. Solo bajo este enfoque será posible garantizar que las medidas de compensación ambiental cumplan su propósito de manera efectiva, eficiente y sostenible.

BIBLIOGRAFIA.

- Aronson, J., Goodwin, N., Orlando, L., Eisenberg, C., & Cross, A. T. (2020). A world of possibilities: Six restoration strategies to support the United Nations Decade on Ecosystem Restoration. *Restoration Ecology*, 28(4), 730–736.
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2022). *Gestión sostenible de infraestructura en América Latina*.
- Crouzeilles, R., Curran, M., Ferreira, M. S., Lindenmayer, D. B., Grelle, C. E. V., & Benayas, J. M. R. (2020). A global meta-analysis on the ecological drivers of forest restoration success. *Nature Communications*, 11(1), 1–8.
- Corporación Autónoma Regional del Magdalena (CORPAMAG). (2022). *Lineamientos para restauración ecológica en áreas de ronda hídrica en el departamento del Magdalena*.
- Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (CARDIQUE). (2023). *Guía técnica para compensaciones ambientales y restauración en proyectos de infraestructura*.
- ESOAM / Ambiotec Consultoría Ambiental. (2021). *Plan de compensación del componente biótico para el proyecto “Mejoramiento mediante la construcción del nuevo puente de Honda sobre el río Magdalena”*. Documento técnico ambiental.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) & World Resources Institute (WRI). (2019). *Monitoring forest and landscape restoration: A guide to identifying priorities and indicators for monitoring forest and landscape restoration*. FAO.
- Gann, G. D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C. R., Jonson, J., Hallett, J. G., Eisenberg, C., Guariguata, M. R., Liu, J., Hua, F., Echeverría, C., Gonzales, E., Shaw,

- N., Decler, K., & Dixon, K. W. (2019). International principles and standards for the practice of ecological restoration (2nd ed.). *Restoration Ecology*, 27(S1), S1–S46.
- Gann, G. D., et al. (2021). International principles and standards for the practice of ecological restoration. *Restoration Ecology*, 27(S1), S1–S46.
- García, H., Martínez, L., & Rangel, O. (2022). Restauración ecológica en bosque seco tropical del Caribe colombiano: avances y retos. *Colombia Forestal*, 25(2), 45–60.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2023). Indicadores para el monitoreo de la restauración ecológica en Colombia.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2021). Bases conceptuales para la restauración ecológica en Colombia.
- Instituto Nacional de Vías (INVÍAS). (2021). Manual ambiental para proyectos de infraestructura vial en Colombia.
- International Union for Conservation of Nature (IUCN). (2025). Opportunities and challenges for monitoring ecosystem restoration.
- Meli, P., Holl, K. D., Benayas, J. M. R., Jones, H. P., Montoya, D., & Mateos, D. M. (2022). A global review of restoration effectiveness. *PLoS ONE*, 17(1), e0261895.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). Lineamientos para la compensación ambiental por pérdida de biodiversidad.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (s. f.). Plan Nacional de Restauración Ecológica, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Degradadas. Gobierno de Colombia.

Murcia, C., Guariguata, M. R., Andrade, Á., et al. (2021). Challenges for scaling up ecological restoration in Colombia. *Conservation Letters*, 14(1), e12786.

Pérez, J., & Rojano, C. (2023). Evaluación de la regeneración natural en áreas en restauración del Caribe colombiano. *Acta Biológica Colombiana*, 28(1), 112–125.

Project Management Institute (PMI). (2021). Guía de buenas prácticas para la sostenibilidad en la gestión de proyectos.

Society for Ecological Restoration (SER). (2019). Principios y estándares internacionales para la práctica de la restauración ecológica (2.^a ed.).

Unión Temporal Puente 2019. (2025). Plan de restauración ecológica asociado al proyecto “Terminación del puente vehicular La Colorada ubicado en la vía Sácamá – La Cabuya – Saravena”, predio La Porfía, municipio de Tame (Arauca). Documento técnico del proyecto.

ANEXOS.

Anexo 1. Diapositivas de presentación del proyecto. [PRESENTACIÓN PROYECTO DE GRADO
FINAL 05-05-2026.pptx](#)