

Evaluación del Plan de Compensación del Componente Biótico del proyecto Autopista Conexión Norte UF1 según los principios de la Sociedad de Restauración Ecológica - SER y el Manual de Compensaciones del Componente Biótico



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Colombia

Jenny Paola Caviedes Pacheco - 8988795

Edna Leonor Calderón Urueña - 8982475

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS

FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

SANTIAGO DE CALI

2025

Evaluación del Plan de Compensación del Componente Biótico del proyecto Autopista Conexión Norte UF1 según los principios de la Sociedad de Restauración Ecológica - SER y el Manual de Compensaciones del Componente Biótico



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Colombia

Jenny Paola Caviedes Pacheco - 8988795

Edna Leonor Calderón Urueña – 8982475

PhD. Swanni Tatiana Alvarado Romero

Directora

Trabajo de Grado para optar por el título de
MAGÍSTER EN RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS

FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

SANTIAGO DE CALI

2025

NOTA DE ADVERTENCIA

“La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de tesis. Solo velará porque no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica y porque las tesis no contengan ataques personales contra persona alguna, antes bien se vea en ellas el anhelo de buscar la Verdad y la Justicia”

Artículo 23 de la Resolución No. 13 de julio de 1946.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento a Autopistas del Nordeste S.A.S., por su apoyo al facilitar toda la información necesaria para la revisión del plan de compensación del componente biótico de la UF1. Su compromiso hizo posible identificar herramientas de mejora que fortalecen el cumplimiento de los objetivos de compensación ambiental.

De manera especial y sincera un agradecimiento a la Dra. Swanni Alvarado, nuestra directora, quien con su paciencia y conocimiento nos apoyó desde el primer día para alcanzar este objetivo.

A nuestra amiga Sandra Franco, "*Pelu*", por su valiosa compañía, su inteligencia y su afecto durante este proceso. Su apoyo incondicional fue fundamental para mantener viva la motivación y alcanzar este sueño.

Jenny Paola Caviedes Pacheco

Agradecimientos a Dios, a mis padres y mi pareja por ser el apoyo incondicional y quienes motivan todos mis sueños.

Edna Leonor Calderón Urueña

Agradecimientos a Dios y mi Familia, a mi pareja y amigos por su paciencia y apoyo en cada momento de este proceso de formación tan importante para mí desarrollo profesional.

Tabla de Contenido

1. RESUMEN	7
2. INTRODUCCIÓN	8
3. MÉTODOS.....	11
3.1 Contexto	11
3.2 Área de estudio.....	11
3.3 Análisis de la Información.....	14
3.3.1 Análisis del enfoque SMART como herramienta de planificación medible, alcanzable y efectiva para valorar los objetivos y metas de las acciones de compensación del PCCB con un enfoque restaurativo	15
3.3.2 Análisis de Correspondencia entre los Principios de la SER (2019), el MCCB (2018) y los Objetivos y Metas del PCCB.....	16
3.3.3 Revisión de las acciones de compensación propuestas en el PCCB con actividades restaurativas	17
4. RESULTADOS.....	19
4.1 Análisis del enfoque SMART como herramienta de planificación medible, alcanzable y efectiva para valorar los objetivos y metas de las acciones de compensación del PCCB con un enfoque restaurativo	19
4.2 Análisis de Correspondencia entre los Principios de la SER (2019), el MCCB (2018) y los Objetivos y Metas del Plan de Compensación (PCCB).....	25
4.3 Revisión de las acciones de compensación propuestas en el PCCB con actividades restaurativas...	29
5. DISCUSIÓN	33
6. CONCLUSIONES	36
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

Lista de Figuras

Figura 1. Mapa biomas Unidad Funcional 1, polígonos del bosque de paz y los predios a intervenir con las estrategias de restauración (municipios de Remedios, Segovia y Zaragoza, departamento de Antioquia). 13	14
Figura 2. Relación porcentual de las áreas naturales en los ecosistemas intervenidos por el proyecto Conexión Norte	14
Figura 3. Objetivos S.M.A.R.T.....	15
Figura 4. a) Ocho principios para la restauración ecológica. b) Principios orientadores de las compensaciones del componente biótico 2018	17
Figura 5. Metodología empleada continuo restaurativo.	18
Figura 6. Alineación del PCCB con los Principios de la SER (2019).....	27
Figura 7. Representación esquemática de las acciones del Plan de Compensación del Componente Biótico de la Unidad Funcional 1 del proyecto Autopista Conexión Norte (Remedios–Zaragoza), ubicadas dentro del continuo restaurativo definido por Gann et al. (2019).....	31
Figura 8. Diagrama radial estrategia de rehabilitación siembra a tres bolillos con gremios ecológicos (1443 ind/ha).....	32
Figura 9. Diagrama radial estrategia de preservación monitoreo de atributos de biodiversidad en áreas de preservación.	33

Lista de Tablas

Tabla 1. Factor de compensación por áreas naturales a intervenir	13
Tabla 2. Objetivos y metas propuestos por el proyecto Conexión Norte en el PCCB formulado	19
Tabla 3. Reformulación de metas del proyecto Conexión Norte, con un formato SMART	23
Tabla 4. Matriz de correspondencia entre los Principios de la SER (2019), el MCCB (2018) y los Objetivos y Metas del Plan de Compensación (PCCB).....	26
Tabla 5. Principios de la RE Vs. Principios del MCCB y metas SMART reformulados	28

1. RESUMEN

Este estudio de caso tiene como objetivo revisar el enfoque con el que fueron planteados los objetivos y metas del Plan de Compensación del Componente Biótico (PCCB) del proyecto de infraestructura 4G denominado *Autopista Conexión Norte UF1, tramo Remedios-Zaragoza*. La evaluación se realiza en el marco de las acciones de restauración ecológica formuladas, tomando como base los principios de la Sociedad para la Restauración Ecológica – SER y los lineamientos establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico, adoptado mediante la Resolución 0256 del 22 de febrero de 2018. El PCCB se encuentra bajo Licenciamiento Ambiental otorgado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, la cual ha aprobado parcialmente algunas de las acciones de compensación propuestas por el concesionario Autopistas del Nordeste S.A.S. Estas acciones tienen un enfoque de rehabilitación ecológica sobre áreas degradadas por actividades mineras y ganaderas, localizadas en el polígono denominado “Bosque de Paz”, en jurisdicción del municipio de Remedios y dentro del área de influencia directa del proyecto vial. Como parte del análisis, se presenta una propuesta de reformulación de los objetivos y metas del PCCB a la luz de la metodología SMART, en concordancia con la evolución reciente de la disciplina de la restauración ecológica y su creciente relevancia en la agenda internacional, donde se promueve su implementación como una estrategia clave y casi obligatoria en los nuevos acuerdos globales sobre biodiversidad y cambio climático. El escenario resultante de este ejercicio es un conjunto de recomendaciones al PCCB, el cual continúa en proceso de ajustes por parte del titular de la Licencia Ambiental. Este escenario representa una oportunidad para mejorar el alcance y la eficacia del plan, mediante la incorporación de nuevas herramientas conceptuales y metodológicas que potencien su contribución a la restauración ecológica y la sostenibilidad territorial.

Palabras clave: Continuo restaurativo, principios orientadores, conectividad ecológica, infraestructura vial, compensaciones ambientales.

ABSTRACT

This study case aims to review the approach used to formulate the goals of the Biotic Component Compensation Plan (PCCB) for the 4G infrastructure project known as the Conexión Norte UF1 Highway, specifically the Remedios–Zaragoza section. The evaluation is conducted within the framework of the proposed ecological restoration actions, based on the principles of the Society for Ecological Restoration – SER and the guidelines set forth in the Biotic Component Compensation Manual, adopted through Resolution 0256 of February 22, 2018. The PCCB is governed by an Environmental License granted by the National Environmental Licensing Authority – ANLA, which has partially approved some of the compensation actions proposed by the concessionaire Autopistas del Nordeste S.A.S. These actions are

oriented toward ecological restoration in areas degraded by mining and livestock activities, located within the polygon known as “Bosque de Paz,” in the jurisdiction of the municipality of Remedios and within the direct area of influence of the road project. As part of the analysis, a proposal is presented to reformulate the PCCB’s goals using the SMART methodology. This aligns with the recent evolution of the ecological restoration discipline and its growing relevance in the international agenda, where its implementation is promoted as a key and nearly mandatory strategy under new global agreements on biodiversity and climate change. The outcome of this exercise is a set of recommendations for the PCCB, which remains under review and adjustment by the holder of the Environmental License. This scenario represents an opportunity to improve the scope and effectiveness of the plan by incorporating new conceptual and methodological tools that enhance their contribution to ecological restoration and territorial sustainability.

Keywords: Restoration continuum, Guiding principles, Ecological connectivity, Road infrastructure, Environmental compensations.

2. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas IPBES (2024), la pérdida de hábitat constituye uno de los factores directos más determinantes en la pérdida global de biodiversidad. En las últimas décadas en el país, esta problemática se ha multiplicado con la aprobación de numerosos proyectos de infraestructura que han implicado cambios en el uso del suelo y fragmentación de ecosistemas (IDEAM, 2021). A esto se suma, la lectura histórica de MapBiomias Colombia: 40 años de cambios (1985–2024) donde se observa una reducción alarmante de coberturas boscosas, destacando a Antioquia como el tercer departamento con mayor pérdida neta 593,2 mil hectáreas deforestadas, equivalentes al 10,3 % del total nacional y al 17,4 % del bosque original registrado en 1985 (MapBiomias Colombia, 2024). Buena parte de estas transformaciones se concentran en zonas como el bajo cauca, el nordeste, el magdalena medio y Urabá, regiones donde confluye tensiones derivadas de la expansión agropecuaria, la minería y el desarrollo vial, lo que convierte el departamento en un territorio prioritario para orientar esfuerzos de restauración ecológica (MapBiomias Colombia, 2024).

En estos escenarios que han sido altamente intervenidos, la infraestructura vial actúa como un generador de factores de degradación ecológicos directos e indirectos. La ecología vial ha documentado como las carreteras interrumpen la continuidad del paisaje, reducen la conectividad ecológica, contribuyen a la fragmentación de hábitats, elevan la mortalidad de fauna por atropellamientos, además modifican y alteran los flujos hidrológicos y facilitan la introducción de especies invasoras a través de corredores de dispersión (Forman et al., 2003; Coffin, 2007). En regiones tropicales, como buena parte de Colombia,

estos efectos se intensifican al superponerse con zonas de alta biodiversidad, reduciendo la disponibilidad de hábitat para la fauna silvestre y comprometiendo procesos ecológicos esenciales como la dispersión de semillas y el flujo genético (Laurance et al., 2009).

Frente a este panorama, la preocupación por la pérdida de biodiversidad y la degradación de los ecosistemas ha impulsado en Colombia la creación de instrumentos de política pública orientados a la restauración y compensación ecológica. El Plan Nacional de Restauración (PNR), formulado en 2015 estableció directrices para priorizar ecosistemas estratégicos y definir metas de recuperación en cumplimiento de los compromisos internacionales sobre biodiversidad y cambio climático (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS], 2015). Ese mismo año, el Decreto 1076 de 2015 consolidó la normativa ambiental al exigir que los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) incluyan un Plan de Compensación del Componente Biótico (PCCB) con el fin de mitigar los impactos residuales sobre la biodiversidad (Presidencia de la República de Colombia, 2015). Posteriormente, las Resoluciones 256 y 1428 de 2018 consolidaron el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (MCCB), que introdujo lineamientos técnicos para orientar estas medidas con criterios de no pérdida neta de biodiversidad (MADS, 2018a; MADS, 2018b).¹

El marco que articulan el PNR y el MCCB, exige que los PCCB definan objetivos ecológicos bien delimitados, identifiquen áreas equivalentes en valor ecológico a las afectadas y establezcan mecanismos de monitoreo y sostenibilidad a largo plazo. Estas orientaciones se enmarcan con los estándares internacionales de restauración ecológica impulsados por la Sociedad para la Restauración Ecológica (SER, 2004; Gann et al., 2019), los cuales promueven desde la restauración de ecosistemas alternativos cuando las condiciones ambientales han cambiado drásticamente, hasta restauración de la estructura y función cuando aún no se han perdidos los mecanismos de regeneración del ecosistema y es posible la restauración ecológica. Estos desarrollos normativos y técnicos reflejan una evolución sustantiva en la política ambiental colombiana: más allá de cumplir trámites administrativos, las compensaciones buscan consolidar procesos que sean ambientalmente eficaces, socialmente equitativos y sostenibles en el tiempo (FAO, SER & IUCN CEM, 2023).

En los últimos años, los lineamientos establecidos por Gann et al. (2019) y las orientaciones globales del decenio de la restauración, promovidas por la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2024) han cobrado mayor relevancia, especialmente por su propuesta del continuo restaurativo. Estos enfoques ofrecen un marco conceptual útil para fortalecer la calidad de los PCCB y subrayan la importancia de formular metas claras y verificables con procesos ecológicos de largo plazo. Una forma

¹ El 05 de julio de 2025 el Ministerio publicó una nueva versión del Manual, el cual se encuentra en estado de aprobación final: <https://www.minambiente.gov.co/consulta/por-la-cual-se-adopta-el-manual-de-compensaciones-del-componente-biotico-y-se-toman-otras-determinaciones/>

concreta de avanzar en esta dirección es la adopción de la metodología SMART, que proporciona criterios para construir metas específicas, medibles, alcanzables, relevantes y con un horizonte temporal definido (Doran, 1981; Bjerke & Renger, 2017).

Según SER (2004), los proyectos de restauración ecológica deben orientarse hacia la recuperación de ecosistemas que integren especies nativas características de la región que, representen los grupos funcionales necesarios y mantengan su integración en el paisaje mediante flujos biológicos y físicos. En este marco, los principios no se atribuyen al ecosistema en sí mismo, sino que constituyen criterios aplicables a la planificación, implementación y evaluación de las intervenciones restaurativas, definiendo parámetros de desempeño y estrategias de monitoreo que permitan valorar el progreso del proceso restaurativo. Estas orientaciones se articulan con compromisos internacionales como la Iniciativa 20x20 (World Resources Institute, 2015) y las Metas Aichi para la Diversidad Biológica (Convention on Biological Diversity, 2010), que promueven la restauración de ecosistemas degradados como un componente central de la agenda global de sostenibilidad.

En este marco normativo y conceptual, se ubica el proyecto de infraestructura Autopista Conexión Norte, concesionado bajo la modalidad de Asociación Público-Privada (APP) mediante el contrato N.º 009 de 2014, con una vigencia de 25 años (Autopistas del Nordeste, 2014). Su Unidad Funcional 1 (Remedios–Zaragoza), de 59.6 km de vía nueva, exige el cumplimiento de obligaciones de compensación establecidas en la licencia ambiental otorgada mediante la Resolución 0717 de 2016 y modificada por la Resolución 0652 de 2018. Dichas obligaciones incluyen la selección de áreas de compensación dentro del polígono denominado Bosque de Paz, en jurisdicción del municipio de Remedios. Sin embargo, para 2025 la ejecución de estas medidas presenta un desfase significativo: mientras el avance técnico de la obra alcanza el 99,3 %, las acciones de compensación apenas han iniciado ejecución de algunas de sus actividades iniciales (Resolución ANLA 3022 de 2023; ANI, 2025). Este escenario evidencia la necesidad de fortalecer tanto la formulación como la implementación del PCCB (MADS, 2018a).

El presente estudio propone una revisión del PCCB formulado para la Unidad Funcional 1 del proyecto Autopista Conexión Norte, con el propósito de evaluar si sus objetivos y metas cumplen con los criterios de la metodología SMART (Doran, 1981; Bjerke & Renger, 2017), se contrasta su coherencia con los principios establecidos por la SER (Gann et al., 2019) y los principios orientadores del MCCB (MADS, 2018a). A partir de este ejercicio comparativo, se propone un ajuste a la formulación de dichos objetivos y metas, buscando fortalecer su efectividad y permitiendo valorar su nivel de alineación con los estándares nacionales e internacionales en restauración ecológica. En conjunto, el estudio ofrece una lectura del estado actual del PCCB y señala los elementos clave que deben ajustarse para asegurar su aporte real a la restauración ecológica.

3. MÉTODOS

3.1 Contexto

La Concesión Autopistas del Nordeste ejecuta el contrato de Concesión N.º 009 de 2014, bajo la modalidad de Asociación Público-Privada (APP), con una vigencia de 25 años, que contempla la construcción, mejoramiento, rehabilitación, operación, mantenimiento y reversión del proyecto Autopistas Conexión Norte. Dentro de este, la Unidad Funcional 1 comprende un tramo nuevo de 59.6 km entre los municipios de Remedios y Zaragoza, atravesando también el municipio de Segovia (Autopistas del Nordeste, 2014). Para su desarrollo, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) otorgó licencia ambiental mediante la Resolución 0717 de 2016, modificada por la Resolución 0652 de 2018, en la cual se establecieron obligaciones de compensación ambiental por impactos al componente biótico que no podían ser evitados o corregidos. En este marco, se seleccionaron áreas dentro del polígono del Bosque de Paz “Inclusión, Paz y Memoria para la Vida y el Futuro del Municipio de Remedios”, con criterios de integridad y equivalencia ecológica respecto a los ecosistemas intervenidos (Autopistas del Nordeste, 2024).

En el PCCB se definieron acciones de preservación para la protección de remanentes de bosque denso y atributos de biodiversidad sujetos a monitoreo, junto con medidas de rehabilitación ecológica en coberturas degradadas por minería y pastos. Dicho plan, formulado bajo los criterios de equivalencia ecosistémica y dentro de las mismas subzonas hidrográficas afectadas, ha sido objeto de múltiples revisiones. Desde la versión inicial presentada en 2020 hasta la versión 4, radicada en atención a la Resolución 1872 y al Auto 6961 de 2024, el proyecto ha atendido requerimientos de la ANLA que incluyen cambios en áreas, acciones y mecanismos, en su mayoría por condiciones de orden público. No obstante, para 2025 aún no se cuenta con aprobación total de las medidas propuestas, y únicamente se ha reportado el inicio de actividades en las áreas de compensación (Autopistas del Nordeste, 2024).

3.2 Área de estudio

La Unidad Funcional 1 (UF1) del proyecto Autopista Conexión Norte se localiza en el nordeste del departamento de Antioquia, abarcando los municipios de Remedios, Segovia y Zaragoza. El área se emplaza sobre la vertiente oriental de la Cordillera Central, específicamente en el sector sur de la Serranía de San Lucas, con influencia del valle medio del río Magdalena (Autopistas del Nordeste, 2024).

Desde el punto de vista biogeográfico, el territorio corresponde al Orobioma Bajo de los Andes, y se inscribe dentro de las zonas de vida Bosque Muy Húmedo Tropical (bmh-T) y Bosque Muy Húmedo Premontano en transición al Tropical (bmh-PM Tro), según la clasificación de Holdridge adoptada en Colombia. Estos ecosistemas corresponden a bosques naturales de carácter tropical y subandino bajo, originalmente dominados por coberturas boscosas densas (Autopistas del Nordeste, 2024).

El rango altitudinal del área oscila entre 0 y 1.800 msnm, con una altitud predominante cercana a los 700 msnm en el sector de Remedios. Presenta una precipitación media anual superior a 2.000 mm, alcanzando valores entre 4.000 y 8.000 mm en sectores como el polígono del Bosque de Paz. La temperatura media anual es aproximadamente de 24 °C, correspondiente al piso térmico tropical–premontano (Autopistas del Nordeste, 2024).

Es importante precisar que, aunque el ecosistema original del área corresponde a bosques muy húmedos tropicales y premontanos, actualmente una proporción significativa del territorio ha sido transformada por actividades antrópicas, principalmente ganadería extensiva y minería, generando un predominio de coberturas secundarias y agropecuarias (Autopistas del Nordeste, 2024).

Para la identificación y delimitación de las unidades de cobertura de la tierra en el área intervenida por el corredor vial, se realizó interpretación visual de ortofotografías conforme a la Leyenda Corine Land Cover adaptada para Colombia (IDEAM, 2010). En el área de influencia directa se identificaron 44 tipos de ecosistemas agrupados en 24 unidades de cobertura diferenciadas en el Plan de Compensación del Componente Biótico (PCCB) (Autopistas del Nordeste, 2024).

Los ecosistemas más representativos desde el punto de vista ecológico corresponden al Bosque Muy Húmedo Premontano transición al Tropical (bmh-PM Tro) y al Bosque Muy Húmedo Tropical (bmh-T), considerados entre los ecosistemas más amenazados del país y con baja representatividad en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (IDEAM, 2017; Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2020). No obstante, en términos de cobertura actual del suelo, predominan unidades de uso antrópico derivadas de la transformación del bosque natural (Autopistas del Nordeste, 2024).

En términos de ocupación, la unidad Pastos limpios (PI) representa el 26,31 % del área de interés (970,61 ha), seguida del Mosaico de pastos con espacios naturales (Pen) con 15,65 % (577,25 ha), y Pastos enmalezados (Pe) con 11,24 % (414,67 ha). Estas coberturas reflejan un alto grado de intervención histórica y reciente sobre los ecosistemas boscosos originales (Autopistas del Nordeste, 2024).

En la Figura 1, se observa los biomas de la Unidad Funcional 1, los polígonos del bosque de paz y los predios a intervenir con las estrategias de restauración (municipios de Remedios, Segovia y Zaragoza, departamento de Antioquia).

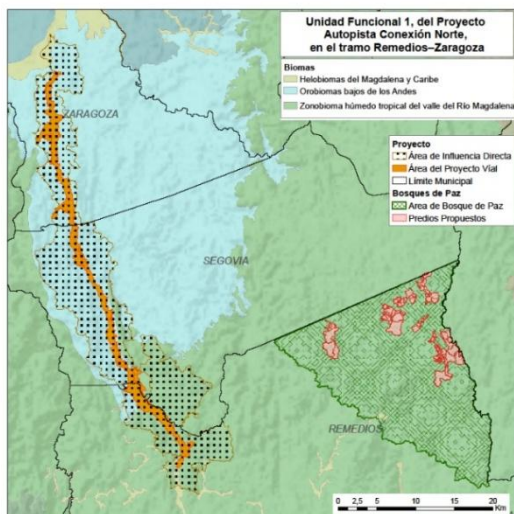


Figura 1. Mapa biomás Unidad Funcional 1, polígonos del bosque de paz y los predios a intervenir con las estrategias de restauración (municipios de Remedios, Segovia y Zaragoza, departamento de Antioquia).

(Fuente: autores de este trabajo, 2025)

En total, el proyecto afecta aproximadamente 392,8 ha, de las cuales 128,5 ha corresponden a coberturas naturales las cuales será compensadas tal como se resume en la Tabla 1 y 264,3 ha a coberturas no naturales, las cuales deben ser objeto de compensación aplicando un factor 1:1. (Autopistas del Nordeste, 2024).

Tabla 1. Factor de compensación por áreas naturales a intervenir

CÓDIGO	ECOSISTEMA	ÁREA (ha)	REPRESENTATIVIDAD	RAREZA	POTENCIA DE PERDIDA	REMANENCIA	FACTOR DE COMPENSACIÓN	ÁREA QUE COMPENSAR
BG-OBA	Bosque de galería y/o ripario en Orobioma bajo de los Andes	27,07	2,5	1,5	2	2	8	216,56
BG-ZHTMC	Bosque de galería y/o ripario en Zonobioma húmedo tropical del Magdalena y Caribe	9,19	2	1,75	2	2	7,75	71,2225
BFRA-OBA	Bosque fragmentado en Orobioma bajo de los Andes	6,13	2,25	2	1,75	2	8	49,04
BFRA-ZHTMC	Bosque fragmentado en Zonobioma húmedo tropical del Magdalena y Caribe	23,05	2	1,75	2	2	7,75	178,6375
VSA-OBA	Vegetación secundaria alta en Orobioma bajo de los Andes	17,37	1,5	1,5	1	1	4	69,48
VSA-ZHTMC	Vegetación secundaria alta en Zonobioma húmedo tropical del Magdalena y Caribe	16,74	2	1,75	2	2	3,875	64,8675
VSB-OBA	Vegetación secundaria baja en Orobioma bajo de los Andes	12,1	2,5	1,5	1	2	4	48,4

CÓDIGO	ECOSISTEMA	ÁREA (ha)	REPRESENTATIVIDAD	RAREZA	POTENCIA DE PERDIDA	REMANENCIA	FACTOR DE COMPENSACIÓN	ÁREA QUE COMPENSAR
VSB-ZHTMC	Vegetación secundaria baja en Zonobioma húmedo tropical del Magdalena y Caribe	16,39	1	0,875	1	1	3,875	63,51125
TOTAL		128,5						761,87

(Fuente: Autopistas del Nordeste, 2024)

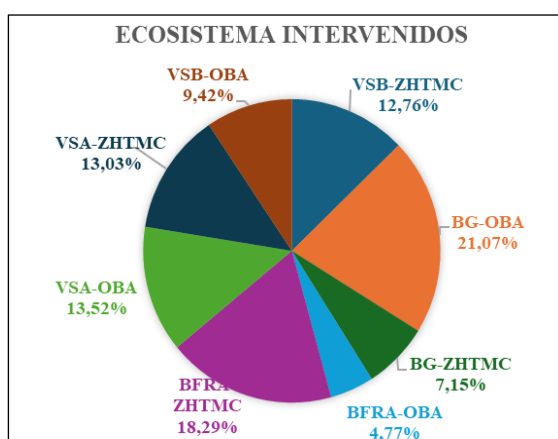


Figura 2. Relación porcentual de las áreas naturales en los ecosistemas intervenidos por el proyecto Conexión Norte

(Fuente: autores de este trabajo, 2025)

3.3 Análisis de la Información

Este estudio de caso se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, orientado a la revisión y análisis estructural de los objetivos y metas del PCCB, dichos elementos fueron analizados a la luz de la metodología SMART (Figura 3), con el propósito de evaluar su grado de claridad, coherencia y pertinencia en relación con los lineamientos del PCCB. Por otra parte, se analizó la correspondencia entre los principios de la SER (Gann et al., 2019), el MCCB (MADS, 2018a) y los objetivos y metas del PCCB (Autopistas del Nordeste, 2024) mediante un enfoque cualitativo de análisis orientado a evaluar la consistencia interna de los objetivos formulados conforme al modelo SMART (Dorian, 1981), este procedimiento permitió generar un análisis integral del alineamiento del PCCB con los principios de la SER (Gann et al., 2019), y los principio del MCCB (MADS, 2018a) , identificando patrones comunes y aspectos críticos para fortalecer el diseño del plan.



Figura 3. Objetivos S.M.A.R.T.

(Fuente: autores de este trabajo, 2025, con base en información del documento Guía para definir objetivos basada en el método SMART <https://www.coloradotech.edu/blog/2018/march/effective-goal-setting-tactics-how-students-can-set-smart-goals>)

3.3.1 Análisis del enfoque SMART como herramienta de planificación medible, alcanzable y efectiva para valorar los objetivos y metas de las acciones de compensación del PCCB con un enfoque restaurativo

Los objetivos y metas con que se estructuró el PCCB para la implementación de acciones restaurativas fueron propuestos teniendo en cuenta el cumplimiento de lo dispuesto en las obligaciones impuestas, para lo cual se definieron acciones en aras de equilibrar los daños ambientales (Castaño, 2021).

El presente ejercicio se desarrolló bajo un enfoque cualitativo de análisis estructurado, orientado a evaluar la consistencia interna de los objetivos formulados conforme al modelo SMART. Este modelo, introducido por Doran (1981), constituye un estándar ampliamente utilizado en planificación estratégica, gestión pública y evaluación de proyectos, particularmente en contextos ambientales y de gestión por resultados.

Dado que el objeto de análisis corresponde a la formulación textual de los objetivos y no a su implementación, la metodología se orientó a examinar su calidad técnica, coherencia estructural y verificabilidad. Para ello, se aplicó una escala ordinal de tres niveles que permitió estandarizar la valoración: Cumple (1 punto), cuando el criterio está explícitamente formulado y satisface los parámetros técnicos definidos; Cumple Parcialmente (0.5 puntos), cuando el criterio se encuentra implícito o presenta formulación incompleta y requiere mayor precisión; y No Cumple (0.0 puntos), cuando el criterio está ausente o no puede inferirse del enunciado. Esta clasificación facilitó una evaluación sistemática y comparable de los objetivos analizados.

Como ejercicio se planteó la reformulación de nuevos objetivos y metas para el PCCB a la luz del enfoque SMART, teniendo como premisa que a partir de la compensación se busca restablecer, rehabilitar

los atributos de los ecosistemas que son permeados e impactados durante la ejecución del proyecto (MADS, 2018b).

3.3.2 Análisis de Correspondencia entre los Principios de la SER (2019), el MCCB (2018) y los Objetivos y Metas del PCCB

Este análisis aporta rigor y solidez al PCCB al verificar su alineación con principios de integridad ecológica, referencia ecosistémica, enfoque de paisaje y gestión adaptativa tal como recomiendan los principios internacionales de restauración ecológica (Gann et al., 2019). Con este análisis se espera identificar vacíos en componentes clave como participación social, gobernanza y sostenibilidad financiera, permitiendo orientar mejoras específicas en la formulación de metas, indicadores y acciones restaurativas y a su vez fortalece la trazabilidad entre formulación, ejecución y monitoreo, asegura la coherencia interna del PCCB y reduce riesgos de observaciones por parte de la ANLA, interventorías o auditorías.

El análisis se desarrolló mediante un enfoque cualitativo–comparativo orientado a evaluar la coherencia conceptual, técnica y normativa del PCCB frente a los principios internacionales de restauración ecológica y los lineamientos nacionales establecidos para la compensación ambiental. Esta metodología se fundamenta en tres componentes: (1) revisión documental, se consolidaron documentos compuestos por: los ocho principios para la práctica de la restauración ecológica definidos por Gann et al. (2019), los principios orientadores de las compensaciones del componente biótico propuestos en el MCCB (MADS, 2018a) y los objetivos y metas del PCCB (Autopistas del Nordeste, 2024) y literatura académica adicional relacionada con restauración, gobernanza y compensación ambiental (Clewel & Aronson, 2013; Schwarz et al., 2017; Young et al., 2020), la inclusión de estos documentos permitió situar el análisis en un contexto teórico y normativo riguroso, (2) análisis estructurado de correspondencia, técnica ampliamente utilizada en estudios comparativos de políticas, planes y estándares ambientales (Reid et al., 2015; Brancalion et al., 2024) y (3) evaluación de calidad de metas a partir de criterios de claridad, pertinencia y verificabilidad, para luego integrar estos resultados en una matriz multicriterio que sintetiza la alineación entre los principios SER, los principios MCCB y los componentes estructurales del PCCB, a partir de esta matriz se generó una interpretación cualitativa, ilustrada mediante una figura de alineación, que resume los niveles de correspondencia encontrados y sustenta el análisis posterior.



4a.



4b.

Figura 4. a) Ocho principios para la restauración ecológica. b) Principios orientadores de las compensaciones del componente biótico 2018

(Fuente: 4a. autores de este trabajo, 2025, modificado a partir de Gann et al, 2019, 4b. autores de este trabajo, 2025)

3.3.3 Revisión de las acciones de compensación propuestas en el PCCB con actividades restaurativas

Se elaboró un esquema gráfico que ilustra una secuencia lógica para el desarrollo de las estrategias restaurativas a lo largo del tiempo, considerando las trayectorias de sucesión y la velocidad de recuperación del ecosistema frente a una perturbación, en este caso asociada a la construcción de la vía 4G Remedios–Zaragoza. La comprensión de estas trayectorias es fundamental para definir rutas de intervención realistas y se encuentra ampliamente discutida en la literatura clásica de la restauración ecológica (Hobbs & Norton, 1996). Asimismo, un componente central de la metodología fue la incorporación de enfoques de evaluación multicriterio (MCE), herramienta utilizada de forma recurrente para comparar la efectividad, el alcance y el potencial restaurativo de distintas acciones de manejo en contextos de toma de decisiones ambientales (Keeney & Raiffa, 1993).

Metodología empleada para ubicar las estrategias del Plan de Compensación del Componente Biótico (PCCB UF1) dentro del continuo restaurativo

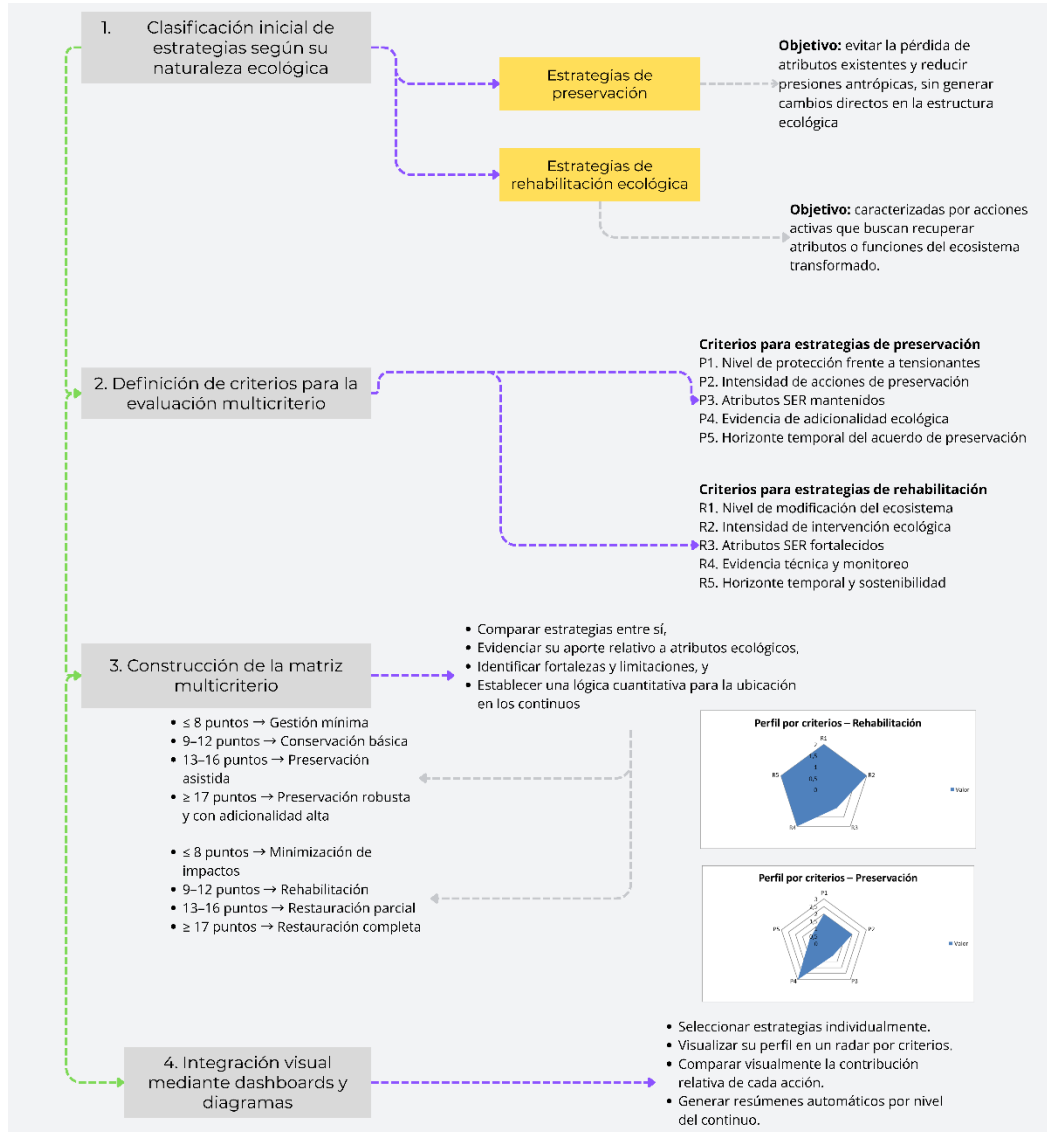


Figura 5. Metodología empleada continuo restaurativo.

(Fuente: autores de este trabajo, 2025)

La matriz diferenció estrategias de rehabilitación y preservación, definiendo criterios específicos para cada una (R1–R5 y P1–P5), contruidos a partir de los principios SER y del concepto de integridad ecológica (Parrish et al., 2003). Cada actividad fue evaluada mediante una escala ordinal de cuatro niveles (1–4), con descriptores técnicos explícitos para reducir subjetividad. La sumatoria de los cinco criterios por actividad (rango 5–20) permitió clasificar su ubicación relativa dentro del continuo restaurativo (minimización, rehabilitación, restauración parcial o restauración completa), conforme al marco conceptual de Gann et al. (2019).

Es importante precisar que esta matriz constituye una herramienta de análisis estructural y comparativo de coherencia restaurativa, y no un instrumento de verificación de estándares de desempeño ecológico. La evaluación plena de estándares requeriría la definición explícita de ecosistemas de referencia cuantificados, umbrales comparativos y monitoreo ecológico de largo plazo, elementos que exceden el alcance del PCCB en su estado actual de formulación y evaluación regulatoria. En este sentido, el ejercicio no pretende certificar éxito restaurativo, sino posicionar técnicamente el plan dentro del continuo restaurativo y orientar su fortalecimiento metodológico.

4. RESULTADOS

Los análisis que se exponen en el presente documento corresponden a la revisión de los objetivos y metas contempladas en el PCCB para las acciones de restauración propuestas bajo un referente de los lineamientos actuales en los que se enmarca la disciplina de la restauración ecológica (FAO, IUCN CEM & SER, 2021), se aclara que el PCCB fue formulado a la luz de la normatividad vigente a su expedición.

4.1 Análisis del enfoque SMART como herramienta de planificación medible, alcanzable y efectiva para valorar los objetivos y metas de las acciones de compensación del PCCB con un enfoque restaurativo

La evaluación SMART aplicada al esquema de compensaciones ambientales arrojó un cumplimiento global del 46%, evidenciando adecuada alineación con el principio de no pérdida neta de biodiversidad (100% en relevancia), pero debilidades técnicas que limitan su efectividad. La especificidad y medición (50%) son parciales, la alcanzabilidad es baja (30%) por insuficiente sustento de factibilidad, y la temporalidad es inexistente (0%), lo que compromete el seguimiento y la verificación de la recuperación ecológica en el tiempo. En síntesis, aunque la orientación compensatoria es coherente, se requiere fortalecer la estructura técnica para garantizar trazabilidad, adicionalidad y permanencia de las acciones, como se observa en la Tabla 2.

Tabla 2. Análisis de los objetivos y metas propuestos por el proyecto Conexión Norte en el PCCB formulado

Objetivo	Específico	Medible	Alcanzable	Relevante	Temporal
Objetivo General. Compensar la pérdida de biodiversidad por afectación a ecosistemas intervenidos por la construcción de la vía Autopistas del Nordeste (UF1), preservando los atributos de biodiversidad,	Cumple Parcialmente. El objetivo identifica una problemática clara (pérdida de biodiversidad por afectación a ecosistemas. Para cumplir debe definir con mayor	Cumple. Se indican métricas concretas: 914.1 hectáreas de preservación. 118.8 hectáreas de rehabilitación.	No Cumple. El objetivo no especifica si existen los medios técnicos y logísticos necesarios para realizar las acciones de	Cumple. Se alinea claramente con los fines de una compensación ambiental.	No cumple. No incluye ningún marco temporal

Objetivo	Específico	Medible	Alcanzable	Relevante	Temporal
composición, estructura, conectividad ecosistémica, y propendiendo por la no pérdida de biodiversidad y la demostración de adicionalidad, por medio de acciones de preservación de bosque natural en 914.1 hectáreas y acciones de rehabilitación en 118.8 hectáreas, en predios, pertenecientes al área de Bosque de Paz “Inclusión, Paz y Memoria para la Vida y el Futuro del Municipio de Remedios.	claridad el resultado esperado principal, identificar con precisión los actores responsables, incluir el tipo de resultado ecológico esperado.	También se menciona la demostración de adicionalidad.	preservación y rehabilitación.		
Objetivo específico 1. Realizar acciones de rehabilitación ecológica de 118,8 ha con establecimiento de franjas de vegetación que incentiven la ganancia de biodiversidad, ampliación de coberturas boscosas y recuperación de la conectividad ecológica, aportando a la conservación de especies de importancia ecológica y mejoramiento de los servicios ecosistémicos.	Cumple Parcialmente. El objetivo define una acción concreta (rehabilitación ecológica), la superficie (118,8 ha) y el tipo de intervención (establecimiento de franjas vegetales). Sin embargo, no especifica ecosistemas a intervenir. Tampoco precisa si se enfocará en restauración activa, pasiva o mixta.	Cumple Parcialmente. No se mencionan indicadores específicos para evaluar la ganancia de biodiversidad, la mejora en conectividad o los servicios ecosistémicos.	Cumple Parcialmente. No se da evidencia en el objetivo sobre la capacidad instalada o el plazo previsto, lo que impide verificar su factibilidad con certeza.	Cumple. Está alineado con la compensación biótica y con principios claves como Restauración ecológica, conectividad de paisaje, protección de especies de valor ecológico y servicios ecosistémicos	No cumple. No incluye ningún marco temporal
Objetivo específico 2. Realizar acciones de preservación de bosques naturales en 914.1 hectáreas conservando los hábitats de especies de flora y fauna silvestre, evitando su degradación y transformación, mediante la estrategia de pago por servicios ambientales, monitoreo y seguimiento a los	Cumple Parcialmente. Define con claridad el tipo de acción (“preservación de bosques naturales”), el área de intervención (914,1 ha) y los mecanismos (PSA, monitoreo y seguimiento).	Cumple Parcialmente. No se definen indicadores específicos para evaluar si se logró evitar la degradación o conservar los hábitats	Cumple Parcialmente. El objetivo no menciona la viabilidad técnica ni los riesgos asociados. No obstante, el objetivo no explicita los plazos o capacidades operativas	Cumple. Está alineado con la finalidad del PCCB de garantizar la no pérdida neta de biodiversidad . Contribuye directamente a la conservación de hábitats y	No cumple. No incluye ningún marco temporal

Objetivo	Específico	Medible	Alcanzable	Relevante	Temporal
atributos de la biodiversidad.	Sin embargo, podría precisar mejor la localización geográfica de las áreas objeto de preservación o el actor responsable de su ejecución.		requeridas para asegurar su viabilidad.	especies de importancia ecológica.	
Objetivo específico 3. Propagar material vegetal de especies nativas presentes en los bosques densos en los predios vinculados al Bosque de Paz, aportando a las estrategias de conservación de la biodiversidad, al desarrollo de capacidades locales y apropiación social de conocimiento sobre la gestión integral de la biodiversidad.	Cumple Parcialmente. La redacción agrupa múltiples fines: conservación, fortalecimiento de capacidades y apropiación social del conocimiento, lo que lo vuelve amplio y difícil de operacionalizar como un único objetivo	No Cumple. El objetivo no define cantidades o metas concretas	Cumple Parcialmente. No se menciona si existe infraestructura como viveros, disponibilidad de semillas, ni quién liderará la formación o apropiación social	Cumple. Está alineado con objetivos fundamentales de una compensación biótica	No Cumple. No incluye ningún marco temporal
Meta 1. Mantener y mejorar la estructura y composición de las áreas seleccionadas a partir de procesos de rehabilitación de áreas degradadas, incidiendo en la recuperación de la conectividad entre fragmentos y núcleos de bosque, por medio del monitoreo de los atributos de la biodiversidad (sobrevivencia, Crecimiento en altura, Crecimiento en diámetro, Estado Fitosanitario, Análisis de Biomasa y carbono, Análisis de Ph del suelo, riqueza y biodiversidad)	Cumple Parcialmente. Es algo amplia y técnica, con múltiples componentes.	Cumple. Incluye variables cuantificables y criterios técnicos definidos.	Cumple Parcialmente. Aunque técnicamente posible, lograr esta meta depende de varios factores.	Cumple. Es altamente relevante para un plan de compensación	No cumple. No incluye ningún marco temporal
Meta 2. Conservación de hábitats de especies de flora y fauna silvestre, evitando su degradación y transformación, analizados a partir de caracterización de flora,	Cumple Parcialmente. La meta describe el propósito general y los medios de verificación. Sin	Cumple. Se mencionan variables medibles que permiten evaluar resultados.	Cumple Parcialmente. La meta es técnicamente viable en un contexto de conservación	Cumple. Se alinea directamente con el objetivo del PCCB de garantizar la	No cumple. No incluye ningún marco temporal

Objetivo	Específico	Medible	Alcanzable	Relevante	Temporal
y fauna silvestre, análisis de integralidad ecológica, colonización, área basal, riqueza y biodiversidad. que permita demostrar la no pérdida de biodiversidad el éxito de las estrategias de conservación	embargo, carece de definición espacial y criterios operativos concretos		pasiva o activa. Sin embargo, la factibilidad dependerá de diversos factores	no pérdida neta de biodiversidad	
Meta 3. Fortalecer las estrategias de conservación de la biodiversidad, el desarrollo de capacidades locales y apropiación social de conocimiento sobre la gestión integral de la biodiversidad, por medio de la propagación de material vegetal.	Cumple Parcialmente. El enunciado integra tres grandes componentes (ambiental, social y educativo) sin detallar cómo se interrelacionan ni a quién va dirigido cada uno, lo que lo vuelve muy general para efectos de ejecución o seguimiento.	No Cumple. No incluye indicadores concretos o metas cuantitativas.	No Cumple. Implica actividades multidisciplina rias (restauración, educación ambiental, desarrollo comunitario), por lo que su éxito depende de una buena planificación y ejecución colaborativa.	Cumple. La meta es altamente relevante, ya que integra conservación, fortalecimiento o comunitario y apropiación social del conocimiento	No cumple. No incluye ningún marco temporal.

(Fuente: autores de este trabajo, 2025)

El análisis del PCCB evidenció que, aunque sus enunciados plantean propósitos de restauración y conservación, estos se expresan como listados de actividades sin proyectar resultados verificables. La ausencia de tiempos, indicadores y metas claras dificultaría evaluar su efectividad y cumplimiento. Para ajustarse al enfoque SMART, los objetivos deben centrarse en cambios medibles en los ecosistemas y en la relación con las comunidades, incorporando indicadores cuantitativos y tiempos definidos (MADS, s. f.). Además, deben responder a criterios de no pérdida neta de biodiversidad, funcionalidad ecológica y adicionalidad, lo que fortalecería la trazabilidad y efectividad del plan (López et al., 2015; MADS, 2018a; ANLA, 2020).

Con el propósito de fortalecer la formulación de los objetivos y metas del PCCB, se elaboró una propuesta compuesta por un objetivo central y siete metas (ver Tabla 3), estructurados bajo el enfoque SMART, con el fin de garantizar que sean alcanzables, realistas y verificables según lo proyectado. La adopción de este enfoque constituye un avance metodológico importante, ya que permite orientar la planificación y gestión del plan de manera más eficiente, estableciendo con claridad qué se pretende lograr, cómo se medirá el éxito y en qué horizonte temporal (Doran, 1981; MADS, 2018a). En este sentido, la integración del enfoque SMART favorece la trazabilidad y coherencia de los resultados, contribuyendo a la implementación de procesos de gestión adaptativa y evaluación continua, principios

reconocidos en los lineamientos nacionales para la compensación por pérdida de biodiversidad (ANLA, 2020; MADS, s. f.).

Reformulación del objetivo central del proyecto, con un formato SMART

Para el año 2045, lograr que el 100% del mosaico de coberturas vegetales dominado por pastos limpios y espacios naturales en el área de compensación ambiental del proyecto Conexión Norte (392,8 ha), en las zonas de vida Bosque muy Húmedo Premontano transición al Tropical (bmh-PM Tro) y el Bosque muy Húmedo Tropical (bmh-T) y en la subzona hidrográfica Río Cimitarra y bajo Nechí, esté en proceso de rehabilitación ecológica, mejorando su estructura, composición y función, que evidencia la trayectoria sucesional del sitio, con al menos una reducción del 60% de sus principales presiones antrópicas (ganadería y minería informal), a través de la adquisición de predios en cuencas abastecedoras, acuerdos de conservación e incentivos a la conservación, alcanzando un estado de autosostenibilidad e integrándose a una estrategia regional de conservación y producción sostenible, bajo un modelo de gestión compartida entre comunidades locales y autoridades gubernamentales, con gestión de recursos, planificación adaptativa y fortalecimiento de capacidades. Este tipo de formulación medirá el impacto real del plan, evaluará avances periódicos, permitirá tomar decisiones adaptativas y, sobre todo, garantizará que la compensación ambiental cumpla su función ecológica y social conforme a los estándares establecidos para este tipo de intervenciones.

Bajo esta estructura, se cumplen los criterios lógicos del enfoque SMART:

- Específico: Recuperar función, estructura y composición de coberturas vegetales nativas en 392,8 ha.
- Medible: 100% del área en proceso de recuperación; 60% de reducción de presiones antrópicas.
- Alcanzable: Considera recuperación progresiva, coadministración, sostenibilidad, gestión de recursos y planificación adaptativa.
- Relevante: Enfocado en conservación regional y sostenibilidad productiva.
- Temporal: Meta establecida para el año 2045.

Tabla 3. Reformulación de metas del proyecto Conexión Norte, con un formato SMART

Meta SMART	Específico	Medible	Alcanzable	Relevante	Tempo ral
Meta SMART 1: Para el año 2028, lograr que al menos el 60% de las áreas naturales conservadas (equivalente a 914,1 ha) estén bajo acuerdos formales de Pago por Servicios Ambientales (PSA), implementando un sistema de monitoreo participativo comunitario	Establecer acuerdos PSA y monitoreo participativo en áreas conservadas.	60% del área conservada (914,1 ha) con acuerdos PSA.	Se basa en capacidad actual de gestión institucional y comunitaria	Fortalece la sostenibilidad de áreas prioritarias para la conservación .	Año 2028

Meta SMART	Específico	Medible	Alcanzable	Relevante	Tempo- ral
como herramienta de gestión para la conservación a largo plazo.					
Meta SMART 2: Para el año 2030, intervenir 118,8 hectáreas con estrategias de restauración ecológica que aceleren la sucesión secundaria, mejorando al menos un 50% la conectividad ecológica entre áreas naturales y reduciendo un 30% las coberturas de pastos limpios	Intervención restaurativa para mejorar conectividad y reducir pastos.	118,8 ha intervenidas, aumento en un 50% conectividad, reducción del 30% de cobertura de pastos limpios.	Con soporte técnico, logístico y comunitario.	Contribuye a la funcionalidad ecológica del paisaje.	Año 2030
Meta SMART 3: Para el año 2032, reducir en un 30% los factores tensionantes (ganadería y minería informal) que amenazan los procesos de restauración y asegurar que al menos un 20% de las economías locales integren modelos de producción sustentable.	Reducción de amenazas y promoción de economías sustentables.	Reducción del 30% de tensionantes, aumento del 20% de economías sustentables.	Mediante incentivos económicos y planes de gestión local.	Garantiza sostenibilidad ecológica y social.	Año 2032
Meta SMART 4: Para el año 2035, lograr que al menos el 40% de la población local pueda explicar los fundamentos de la compensación ambiental, los procesos restaurativos implementados y los beneficios obtenidos para su territorio.	Fortalecimiento del conocimiento local sobre restauración y compensación.	40% de la población con comprensión demostrable.	A través de programas de educación y participación.	Empodera a la comunidad y fortalece la apropiación social.	Año 2035
Meta SMART 5: Para el año 2040, lograr que en las 118,8 hectáreas intervenidas se alcance un estado sucesional intermedio con una altura promedio del dosel de 15 metros y una composición florística similar en al menos un 30% a los ecosistemas de referencia: Bosque muy Húmedo Premontano transición al Tropical (bmh-PM Tro) y Bosque muy Húmedo Tropical (bmh-T).	Restauración sucesional intermedia en área restaurada con referencia ecosistémica.	Vegetación con 15 m altura, 30% de similitud con el ecosistema de referencia.	Mediante técnicas de restauración activas y seguimiento ecológico.	Evalúa el éxito ecológico frente a condiciones de referencia.	Año 2040
Meta SMART 6: Para el año 2042, declarar la totalidad del área de intervención como un 'Bosque de Paz' con reconocimiento institucional y comunitario, garantizando su conservación y manejo sostenible de manera perpetua.	Reconocimiento del área restaurada como bosque de paz.	100% del área con estatus formal de conservación perpetua.	A través de instrumentos legales y acuerdos territoriales.	Asegura la permanencia de los logros de restauración.	Año 2042
Meta SMART 7: Para el año 2045, alcanzar que las 392,8 hectáreas actualmente dominadas por pastos limpios y espacios abiertos estén cubiertas con vegetación nativa en un estado sucesional avanzado, con una similitud del 60% respecto a los	Restaurar totalidad del mosaico con vegetación nativa autosostenible.	392,8 ha con 60% de similitud y sin requerimientos de intervención.	Resultado de procesos sucesivos de restauración adaptativa.	Consolida el éxito ecológico a largo plazo.	Año 2045

Meta SMART	Específico	Medible	Alcanzable	Relevante	Tempo- ral
ecosistemas de referencia y sin necesidad de intervención adicional.					

(Fuente: autores de este trabajo, 2025)

4.2 Análisis de Correspondencia entre los Principios de la SER (2019), el MCCB (2018) y los Objetivos y Metas del Plan de Compensación (PCCB)

En primera instancia, se observa que el PCCB mantiene una relación estrecha con los principios fundamentados en la ciencia ecológica. El principio 2 —referido al uso complementario de distintos tipos de conocimiento— presenta un nivel de correspondencia particularmente alto. La integración de saberes locales en la producción de material vegetal, la articulación de información ecológica en el diseño del vivero y la incorporación de perspectivas técnicas y sociales en los protocolos de monitoreo reflejan un enfoque coherente con las recomendaciones globales que destacan la importancia de combinar conocimiento científico y comunitario en proyectos de restauración (Holl & Aide, 2011).

El principio 3 que, enfatiza el papel de los ecosistemas de referencia en contextos de cambio ambiental también se refleja de manera clara en el PCCB. El uso del Bosque de Paz como referente ecológico permitió establecer metas relacionadas con estructura, composición y funcionalidad, siguiendo la orientación de principios internacionales que insisten en la necesidad de establecer referentes ecológicos robustos para guiar la recuperación (Gann et al., 2019; Alexander et al., 2016). Los análisis realizados en el PCCB del Bosque de Paz evidencian la presencia de un bosque con indicadores ecológicos en condiciones óptimas, lo que refuerza su idoneidad como referente ecológico para los procesos de restauración. En este contexto, se hace evidente la necesidad de mantener, proteger y fortalecer la estructura ecológica del Bosque de Paz, no solo para garantizar su conservación, sino también para preservar su función como modelo de referencia que orienta la definición de metas y la evaluación de la recuperación de los ecosistemas intervenidos.

En la misma línea, el principio 4, orientado al apoyo explícito a los procesos ecológicos de recuperación, presenta un nivel de implementación elevado. Las medidas de rehabilitación de 118,8 ha y las acciones de preservación en 914,1 ha muestran un compromiso por favorecer procesos de sucesión natural, conectividad ecológica y estabilización del paisaje. Este tipo de diseño es consistente con la literatura que plantea que la restauración debe priorizar la reactivación de procesos biológicos más que la simple intervención estructural (Wortley et al., 2013).

El principio 5, que destaca la importancia de metas claras y medibles, se encuentra bien reflejado en el PCCB mediante indicadores específicos como supervivencia, crecimiento, regeneración natural, diversidad, carbono y parámetros físico-químicos del suelo. Estos indicadores fortalecen la gestión

adaptativa y se alinean con lineamientos que han promovido el uso sistemático de métricas para garantizar evaluaciones rigurosas en restauración ecológica (Ruiz-Jaén & Aide, 2005).

El principio 6, relacionado con la búsqueda del mayor nivel de recuperación posible, también muestra correspondencia significativa. La mezcla estratégica de acciones de preservación y rehabilitación favorece un proceso de restauración que no se limita a recuperar atributos mínimos, sino que propicia mejoras funcionales del ecosistema, en concordancia con visiones internacionales que promueven la recuperación de la resiliencia ecológica a largo plazo (FAO, SER & IUCN CEM, 2023).

El principio 7, la acumulación de valor ecológico cuando las acciones se implementan a gran escala se evidencia en el enfoque territorial del PCCB dentro del Bosque de Paz. La extensión espacial de las intervenciones permite incrementar la conectividad, mejorar la integridad de los parches de bosque y promover la prestación de servicios ecosistémicos en un área considerable, lo cual coincide con la evidencia que resalta los beneficios de proyectos de restauración realizados a escalas amplias del paisaje (Brancaion & Holl, 2020).

En contraste, los principios 1 y 8 muestran una correspondencia media. En cuanto al principio 1, involucramiento de las partes interesadas, si bien existen mecanismos como el vivero comunitario y los esquemas de Pago por Servicios Ambientales, estos esfuerzos no se articulan aún como procesos continuos ni como engranajes de gobernanza socioecológica. Este hallazgo contrasta con la literatura que destaca que la participación efectiva requiere procesos sostenidos, mecanismos de corresponsabilidad y espacios de decisión compartida (Reed, 2008). De manera similar, el principio 8, que concibe la restauración como parte de un continuo de actividades recuperativas requieren ser más explícitas en el PCCB. Aunque el plan incluye acciones de preservación, rehabilitación y propagación, aún no se traduce en una ruta cíclica de aprendizaje, retroalimentación y mejora continua, como recomiendan los marcos internacionales asociados al continuo restaurativo (UNEP & FAO, 2021; Gann et al., 2019) (Tabla 4).

Tabla 4. Matriz de correspondencia entre los Principios de la SER (2019), el MCCB (2018) y los Objetivos y Metas del Plan de Compensación (PCCB)

Principios de la restauración ecológica	MCCB	Obj. General	Obj. Esp. 1	Obj. Esp. 2	Obj. Esp. 3	Metas	Nivel	Justificación
1. Involucra a las partes interesadas	Jerarquía / NPNB	Media	Media	Alta	Alta	Media	Media-Alta	Participación mediante PSA y viveros.
2. Basado en muchos tipos de conocimiento	Adicionalidad	Alta	Alta	Alta	Media	Alta	Alta	Integración de conocimiento técnico y local.
3. Ecosistemas de referencia y cambio ambiental	Jerarquía	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Uso de bosques naturales como referencia.

Principios de la restauración ecológica	MCCB	Obj. General	Obj. Esp. 1	Obj. Esp. 2	Obj. Esp. 3	Metas	Nivel	Justificación
4. Apoya procesos de recuperación	NPNB	Alta	Alta	Alta	Media	Alta	Alta	Recuperación estructural y funcional.
5. Evaluación con metas claras e indicadores	Jerarquía / NPNB	Alta	Alta	Media	Media	Alta	Alta	Indicadores robustos.
6. Busca el nivel más alto de recuperación	Adicionalidad	Alta	Alta	Alta	Media	Alta	Alta	Acciones de alto alcance ecológico.
7. Acumula valor a gran escala	NPNB	Alta	Alta	Alta	Media	Alta	Alta	Conectividad del Bosque de Paz.
8. Parte de un continuo recuperativo	Jerarquía / Adicionalidad	Media	Media	Media	Alta	Media	Media	Falta articulación de continuidad socioecológica.

(Fuente: autores de este trabajo, 2025)

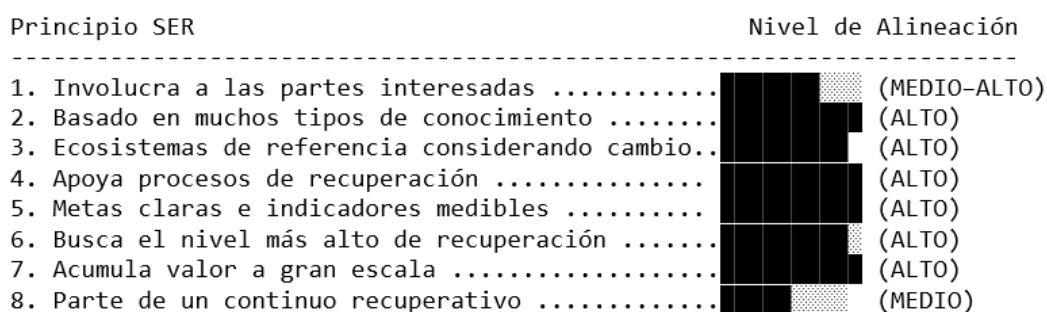


Figura 6. Alineación del PCCB con los Principios de la SER (2019)

(Fuente: autores de este trabajo, 2025)

La figura muestra que el PCCB se alinea con seis de los ocho principios SER, lo que evidencia una alta coherencia conceptual con los principios internacionales de restauración ecológica. No obstante, esta alineación normativa y conceptual no constituye por sí misma un criterio suficiente para afirmar la solidez técnica del plan, la cual depende en mayor medida de la metodología empleada para definir valores de referencia ecológica, establecer métricas comparables y diseñar esquemas de monitoreo que permitan verificar el avance hacia los objetivos restaurativos.

Los principios con alineación media reflejan la necesidad de fortalecer la gobernanza, participación y continuidad de las acciones restaurativas, elementos clave para garantizar la sostenibilidad del proceso en el largo plazo.

Asimismo, realizando un análisis de los principios de la restauración y los principios que plantea el manual de compensaciones se organiza una matriz donde se ubican las metas SMART reformuladas y

propuestas, donde se identifican en qué nivel se pueden comparar y como se puede orientar la práctica de la restauración en términos de la compensación (Tabla 5).

Tabla 5. Principios de la RE Vs. Principios del MCCB y metas SMART reformulados

Ítem	Principios de la restauración ecológica	Principios orientadores MCCB		
		No pérdida neta de la biodiversidad (NPNB)	Jerarquía de la mitigación	Adicionalidad
1	Involucra a las partes interesadas	Meta SMART 1	Meta SMART 4	Meta SMART 4 Meta SMART 6
2	Se basa en muchos tipos de conocimiento			Meta SMART 4 Meta SMART 6
3	Ecosistemas de referencia y cambio ambiental	Meta SMART 5 Meta SMART 7		Meta SMART 5
4	Apoya procesos de recuperación de los ecosistemas	Meta SMART 2 Meta SMART 5 Meta SMART 7	Meta SMART 2	
5	Evaluación con metas claras e indicadores medibles	Meta SMART 1 Meta SMART 5		
6	Busca el nivel más alto de recuperación	Meta SMART 5		
7	Acumula valor a gran escala	Meta SMART 2	Meta SMART 7	
8	Parte de un continuo de recuperativo	Meta SMART 2 Meta SMART 3	Meta SMART 7	Meta SMART 3

(Fuente: autores de este trabajo, 2025)

El ejercicio de correspondencia evidencia que las metas reformuladas del PCCB no solo responden a los lineamientos nacionales, sino que también reflejan un grado de madurez conceptual acorde con los principios internacionales en restauración ecológica. Las metas vinculadas con procesos ecológicos, ecosistemas de referencia y recuperación estructural (Metas 2, 5 y 7) destacan por su alineación casi plena con los principios planteados por la SER (Gann et al., 2019), en particular con el énfasis en la recuperación de atributos estructurales, funcionales y de resiliencia ecosistémica. Esta correspondencia resulta coherente con la literatura que señala que la restauración basada en referentes ecológicos y trayectorias sucesionales tiende a generar resultados más robustos en el largo plazo (Clewell & Aronson, 2013; Wortley et al., 2013).

En contraste, las metas con un componente social más marcado (Metas 1, 3 y 4) presentan un desempeño diferenciado: aunque son esenciales para la sostenibilidad del proceso restaurativo, suelen mostrar niveles de alineación más variables con los principios estrictamente ecológicos. Este comportamiento no sorprende, pues diversos autores han subrayado que la restauración requiere articular dimensiones ecológicas, institucionales y socioculturales, cada una con lógicas de implementación y evaluación distintas (Reed, 2008; Holl & Aide, 2011). La evidencia internacional también destaca que los proyectos que integran participación, gobernanza y manejo territorial tienden a mantener la restauración en el tiempo, incluso después de finalizados los instrumentos regulatorios (UNEP & FAO, 2021).

Un aspecto que merece especial atención es la incorporación del continuo restaurativo. Si bien varias metas muestran avances hacia esta lógica (particularmente las Metas 1, 6 y 7), el PCCB aún podría ampliar la articulación entre las fases de preservación, rehabilitación, manejo adaptativo y gobernanza comunitaria. Este vacío conceptual ha sido ampliamente identificado en la literatura, donde se reconoce que muchos proyectos de compensación ambiental no logran cerrar el ciclo restaurativo debido a limitaciones operativas, institucionales o temporales (Gann et al., 2019; FAO, SER & IUCN CEM, 2023). En este sentido, la declaratoria de “Bosque de Paz” propuesta en la Meta 6 representa una oportunidad para consolidar una visión de largo plazo que integre formalmente la permanencia del proceso restaurativo mediante acuerdos institucionales y comunitarios.

Finalmente, la escala espacial incorporada en las metas, especialmente en la Meta 7, que proyecta la restauración de 392,8 hectáreas, sitúa al PCCB dentro de un enfoque de restauración de paisaje. Esta ampliación de escala responde a tendencias globales que reconocen la necesidad de restaurar mosaicos completos y no solo parches aislados para maximizar impactos positivos sobre conectividad, biodiversidad y servicios ecosistémicos (Brancalion & Holl, 2020). Asimismo, se encuentra alineada con agendas internacionales como la Iniciativa 20x20 y la Década de la Restauración de Ecosistemas, que promueven metas de restauración a gran escala (UNEP & FAO, 2021). Sin embargo, esta aspiración implica desafíos operativos, financieros y de gobernanza que requieren planificación minuciosa y mecanismos de seguimiento que excedan el ciclo contractual, tal como se discute en los marcos globales de restauración (Hilty et al., 2020; CBD, 2020).

4.3 Revisión de las acciones de compensación propuestas en el PCCB con actividades restaurativas

De acuerdo con el continuo restaurativo definido por Gann et al. (2019), las acciones formuladas en el PCCB del proyecto Autopista Conexión Norte UF1 se ubican principalmente dentro del rango de rehabilitación ecológica, con elementos parciales de restauración. Esta ubicación responde a que las medidas propuestas priorizan la recuperación de funciones ecológicas básicas y la estabilidad ecosistémica de áreas degradadas por minería y ganadería, sin que se evidencie aún un proceso integral orientado a restablecer completamente la estructura, composición y dinámica de los ecosistemas de referencia.

El continuo restaurativo propuesto por la Sociedad para la Restauración Ecológica (SER) plantea que las acciones de recuperación pueden ubicarse a lo largo de un gradiente que va desde la mitigación o remediación de impactos hasta la restauración ecológica plena, pasando por etapas intermedias como la rehabilitación y la recuperación funcional. En este marco, las acciones del PCCB, centradas en la estabilización de suelos, propagación de especies nativas de la región, control de presiones antrópicas y establecimiento de coberturas vegetales, responden a un enfoque funcional de restauración, orientado a reactivar procesos ecológicos esenciales como la regeneración natural y la conectividad biológica, más que a reconstruir ecosistemas históricos en su integridad florística y faunística (Gann et al., 2019).

Si bien el plan articula medidas que combinan preservación, rehabilitación y educación ambiental, no se definen trayectorias sucesionales ni ecosistemas de referencia que permitan orientar el proceso hacia un estado final de restauración ecológica, verificable; la ausencia de estas trayectorias limita la posibilidad de evaluar el avance de los ecosistemas intervenidos respecto a un modelo de referencia, condición esencial para medir el éxito ecológico dentro de los estándares de la SER (Gann et al., 2019; FAO, IUCN CEM & SER, 2021).

A pesar de estas limitaciones, el PCCB constituye un esfuerzo valioso al integrar estrategias de rehabilitación ecológica en un contexto de compensación ambiental vial, alineadas con los lineamientos MCCB (MADS, 2018a). Las acciones proyectadas en el polígono Bosque de Paz reflejan un avance conceptual hacia la restauración participativa, al incorporar mecanismos de pago por servicios ambientales (PSA), monitoreo comunitario y propagación de especies nativas, que contribuyen a la recuperación funcional del paisaje y al fortalecimiento de la conectividad ecológica regional.

En consecuencia, las estrategias propuestas en el PCCB pueden considerarse como un modelo intermedio dentro del continuo restaurativo, orientado principalmente a la rehabilitación ecológica y a la recuperación progresiva de la funcionalidad ecosistémica, con potencial de evolución hacia la restauración plena si se incorporan a futuro metas sucesionales, indicadores estructurales y un monitoreo adaptativo de largo plazo. Esta lectura se sintetiza en la Figura 7, donde se ilustra la ubicación de las acciones del plan dentro del continuo restaurativo de Gann et al. (2019), destacando su contribución al fortalecimiento de la integridad ecológica del territorio intervenido.

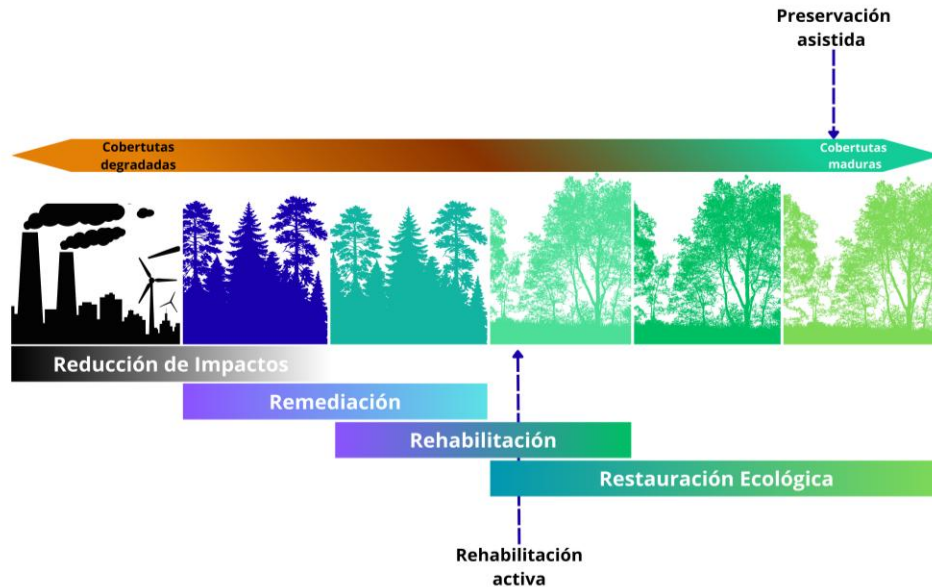


Figura 7. Representación esquemática de las acciones del Plan de Compensación del Componente Biótico de la Unidad Funcional 1 del proyecto Autopista Conexión Norte (Remedios–Zaragoza), ubicadas dentro del continuo restaurativo definido por Gann et al. (2019).

(Fuente: autores de este trabajo, 2025)

A partir de la matriz multicriterio, cada estrategia fue evaluada considerando el nivel de modificación ambiental, la intensidad y naturaleza de la intervención, los atributos SER que fortalece, el respaldo técnico disponible y su sostenibilidad a largo plazo; un enfoque coherente con las recomendaciones normativas de la ANLA (2018, 2020) y con los marcos conceptuales de la restauración ecológica (Gann et al., 2019).

En conjunto, la revisión de las acciones de compensación del PCCB permitió ubicar las estrategias del proyecto dentro de un punto intermedio del continuo restaurativo de Gann et al. (2019), donde la mayor parte de las intervenciones se orientan a la rehabilitación ecológica en áreas degradadas por minería y ganadería, mientras que las medidas de preservación se sitúan en el extremo de mayor integridad del gradiente. Aunque la preservación no suele evaluarse tradicionalmente dentro de este continuo, en este estudio se decidió incluirla porque forma parte del paquete compensatorio exigido por la normatividad colombiana (ANLA, 2018; MADS, 2018). Esta decisión metodológica permitió comparar todas las acciones bajo un mismo marco analítico y mostrar cómo las zonas de bosque bien conservado funcionan como el punto de mayor integridad del continuo, mientras que las áreas intervenidas con siembras, nucleación ecológica, cerramientos y mantenimiento se ubican en etapas tempranas de recuperación, donde los procesos sucesionales apenas comienzan a estabilizarse.

Los resultados de la matriz multicriterio refuerzan esta lectura: las estrategias de rehabilitación mostraron (ver figura 8):

bajos valores en R1 y R5, asociados al alto nivel de degradación inicial y a la necesidad de acompañamiento técnico constante;

Valores intermedios en R2, al tratarse de intervenciones activas con distintos grados de intensidad;

Valores moderados en R3, en la medida en que contribuyen parcialmente a restablecer atributos estructurales y funcionales de los ecosistemas.

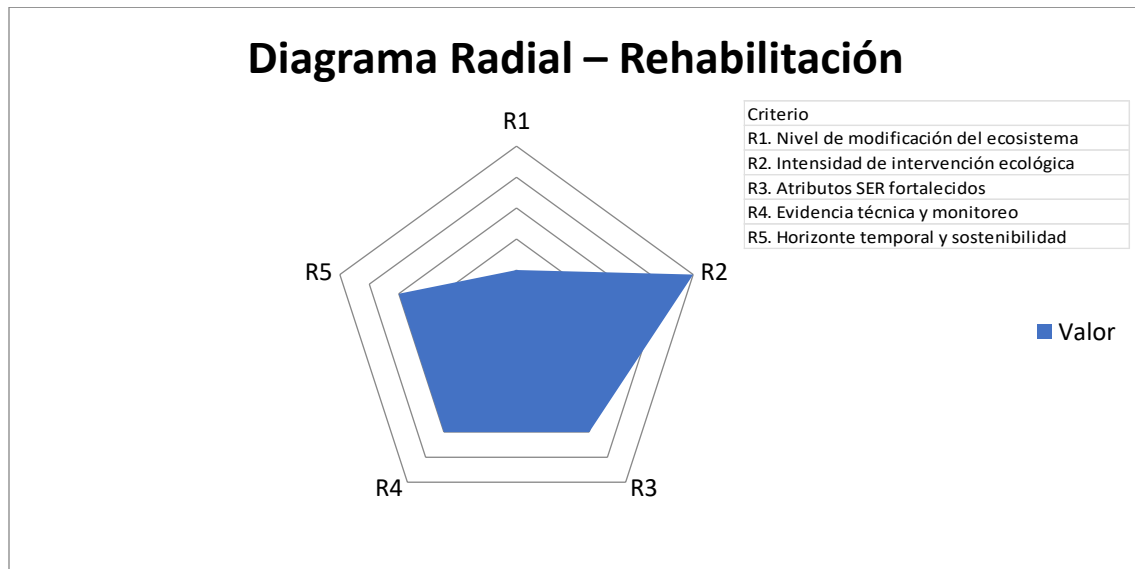


Figura 8. Diagrama radial estrategia de rehabilitación siembra a tres bolillos con gremios ecológicos (1443 ind/ha).

(Fuente: autores de este trabajo, 2025)

En contraste, las acciones de preservación obtuvieron puntuaciones altas en R1, R3 y R5, lo cual confirma que, aun sin intervención directa, estas áreas cumplen un papel decisivo en sostener la integridad ecológica del paisaje compensado. Tal como señalan Murcia et al. (2016), la conservación de remanentes bien preservados es un componente indispensable en paisajes altamente transformados, pues estos fragmentos funcionan como refugios de biodiversidad, fuentes de propágulos y núcleos de procesos ecológicos que permiten anclar y sostener la recuperación en áreas degradadas (ver figura 9).

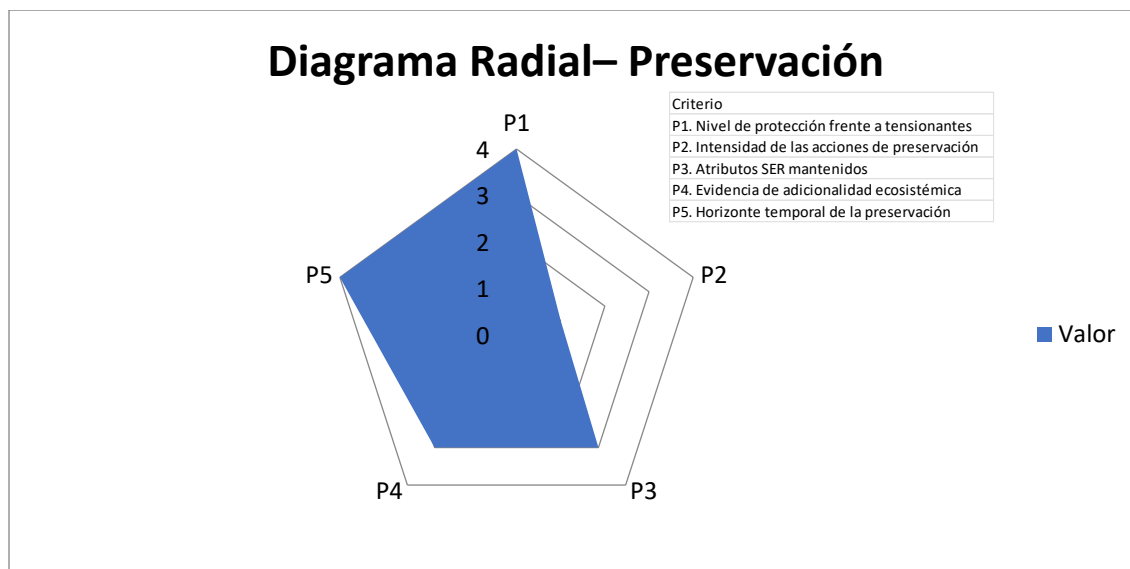


Figura 9. Diagrama radial estrategia de preservación monitoreo de atributos de biodiversidad en áreas de preservación.

(Fuente: autores de este trabajo, 2025)

Esta perspectiva coincide plenamente con lo observado en los dashboards generados para cada criterio: los gráficos revelan con claridad el aporte diferencial de cada estrategia dentro del proceso restaurativo, la distancia ecológica que aún existe entre ecosistemas conservados y aquellos en rehabilitación, y la ruta de fortalecimiento necesaria para avanzar hacia estados más complejos del continuo, lo que hace de este ejercicio, una herramienta visual que facilita identificar qué elementos deben reforzarse como la definición de trayectorias sucesionales, la inclusión de indicadores estructurales y funcionales, o la consolidación del monitoreo adaptativo para que las acciones del PCCB evolucionen progresivamente hacia procesos ecológicos más robustos, coherentes y sostenibles (FAO, IUCN CEM & SER, 2021).

El Anexo 3.1 corresponde al desarrollo detallado del ejercicio metodológico de la matriz multicriterio presentada en el Anexo 3. En este apartado se describen los criterios definidos, la lógica de asignación de puntajes y el procedimiento de agregación utilizado para analizar cada actividad del PCCB. Asimismo, se explica la forma en que los resultados permitieron ubicar las estrategias de rehabilitación y preservación dentro del marco conceptual del continuo restaurativo.

5. DISCUSIÓN

La revisión del Plan de Compensación por Pérdida de la Biodiversidad (PCCB) del proyecto Autopista Conexión Norte UF1 fue desarrollada como una acción estratégica, motivada por el hecho de

que, a la fecha, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) aún no ha emitido su aprobación definitiva del plan presentado. Esta condición regulatoria representa una ventana de oportunidad para replantear e incorporar medidas que se ajusten con mayor precisión a la normativa ambiental vigente (ANLA, 2018), así como a los compromisos internacionales en materia de integración territorial y prevención de la pérdida neta de biodiversidad (CBD, 2022; MADS, 2021). El proceso de revisión ha permitido identificar oportunidades de mejora para robustecer el componente biótico del plan, así como para extender los plazos de monitoreo y control sobre las áreas intervenidas, con el objetivo de garantizar procesos de recuperación ecológica efectivos y sostenibles en el largo plazo (IDEAM & Humboldt, 2019).

Para lograr una relevancia e impacto duraderos, los proyectos de restauración ecológica deben escalar más allá de acciones específicas por sitio y convertirse en programas integrados a nivel de paisaje o región, impulsados por objetivos de conservación y producción (MADS, 2023). Según análisis de la Contraloría General de la República (2022), la mayoría de los planes de restauración o compensación en Colombia presentan déficits en lineamientos claros y metas medibles, debido a la ausencia de objetivos formulados bajo criterios SMART, lo cual complica su monitoreo y evaluación futura. En muchos casos, los objetivos se limitan a describir acciones preliminares como la elaboración del plan de restauración o la delimitación de zonas de intervención, sin ofrecer claridad sobre los métodos, sitios específicos o resultados esperados. Esta falta de precisión y coherencia interna compromete la relación entre metas y objetivos, lo que debilita el diseño técnico del plan y reduce su capacidad de alcanzar su propósito principal: compensar efectivamente la pérdida de biodiversidad (Gann *et al.*, 2019; ANLA, 2018).

El contraste entre los principios planteados por la SER y su continuo restaurativo (Gann *et al.*, 2019), los lineamientos del MCCB (MADS, 2018a) y la estructura operativa del PCCB muestra que, aunque existe una base técnica bien consolidada, también persisten vacíos conceptuales y prácticos que es necesario abordar para avanzar hacia procesos de restauración verdaderamente integrales. En términos amplios, el PCCB incorpora de manera acertada enfoques científicos actuales, especialmente en lo relacionado con la selección de ecosistemas de referencia, la formulación de indicadores verificables y la recuperación tanto funcional como estructural de los sistemas intervenidos. No obstante, la articulación con los componentes socioecológicos —reconocidos por la literatura internacional como elementos esenciales en cualquier iniciativa de restauración— resulta menos consistente y evidencia un área prioritaria de fortalecimiento.

Por otro lado, la comparación internacional también muestra que la sostenibilidad financiera y la continuidad de los procesos restaurativos siguen siendo desafíos comunes. En varios países latinoamericanos, los PSA han demostrado efectividad parcial, pero no garantizan resultados permanentes sin estrategias complementarias de gobernanza, apoyo institucional y financiación a largo plazo (Wendland *et al.*, 2010; Börner *et al.*, 2017). Esta tendencia se refleja en el PCCB, donde el PSA es un

mecanismo importante, pero insuficiente para asegurar la permanencia de los logros restaurativos en escenarios futuros.

En síntesis, el análisis sugiere que el PCCB presenta una base técnica bien definida y muestra una alta coherencia con los principios orientadores de la restauración ecológica propuestos por la SER (Gann et al., 2019) y con los lineamientos del MCCB (MADS, 2018a). Sin embargo, también evidencia la necesidad de avanzar en aspectos clave, como la integración más explícita de componentes socioecológicos, el fortalecimiento de esquemas de gobernanza con múltiples actores y la consolidación de mecanismos que garanticen la continuidad y la sostenibilidad de las acciones implementadas. Estos elementos son fundamentales para que el PCCB alcance una correspondencia plena con las mejores prácticas internacionales en restauración ecológica.

Desde la perspectiva del continuo restaurativo, las acciones del PCCB pueden interpretarse como un punto intermedio con potencial de transición hacia la restauración ecológica plena, siempre que se fortalezcan tres aspectos fundamentales: 1) La definición de trayectorias sucesionales y ecosistemas de referencia, que permitan establecer un horizonte ecológico verificable y medible; 2) El diseño de un sistema de monitoreo participativo y adaptativo, basado en indicadores ecológicos, sociales y funcionales que faciliten la toma de decisiones; y 3) La articulación territorial y comunitaria, necesaria para asegurar la sostenibilidad social y la permanencia de las medidas compensatorias más allá del cumplimiento contractual.

En este sentido, la implementación de unidades demostrativas de restauración dentro del polígono Bosque de Paz representaría una oportunidad estratégica para validar metodologías, fortalecer capacidades locales y adaptar las acciones a las condiciones específicas del territorio. La evidencia internacional muestra que los procesos restaurativos exitosos se consolidan a través de la gestión adaptativa y del aprendizaje social continuo (FAO, IUCN CEM & SER, 2021), factores que en el contexto colombiano resultan decisivos para garantizar la legitimidad y sostenibilidad de los proyectos de compensación.

De igual forma, el manejo adaptativo representa una herramienta efectiva para responder a la incertidumbre ecológica, social y climática de los procesos de restauración, pues, como afirma Arrieta, (2024), la normatividad aplicada en proyectos de infraestructura vial y mediática recientes genera dudas sobre su eficacia para cumplir con el objetivo de asegurar la conservación o restauración ecológica de áreas equivalentes. La capacidad de ajustar las intervenciones en función de los resultados obtenidos durante el monitoreo es un principio adecuado que permite corregir desvíos y aumentar la efectividad de las medidas adoptadas (Murcia *et al.* 2017). Este tipo de gestión basada en el aprendizaje continuo y en el uso de indicadores ecológicos y sociales debería ser incorporada plenamente en el PCCB, que hasta ahora no evidencia una estructura que permita la toma de decisiones ajustada al cambio de condiciones del

territorio. Incorporar protocolos de evaluación periódica y mecanismos para redireccionar estrategias sería fundamental para garantizar una restauración efectiva, integral y sostenible.

Para el proyecto Autopista Conexión Norte, adoptar una metodología que parta de unidades demostrativas restaurativas en zonas críticas o estratégicas, con alto valor de conectividad, mejoraría los niveles de éxito y eficiencia, además de ofrecer espacios de aprendizaje para comunidades, autoridades y ejecutores del proyecto. La experiencia demuestra que iniciar con áreas de intervención piloto y replicarlas en función de resultados reales puede ser más efectivo que desplegar acciones simultáneas en grandes extensiones sin una línea base clara o sin validación previa (Autopistas del Nordeste, 2024).

Al comparar el PCCB con otros proyectos de infraestructura vial como el enmarcado dentro de la licencia del proyecto Construcción de la variante de Fuemia y Dabeiba, sector Uramita – Dabeiba de la vía Medellín – Turbo, se evidencia que los errores son recurrentes, y también que existen experiencias de mayor articulación territorial que podrían ser aprovechadas como referentes (Murcia *et al.* 2015). Esto coincide con lo señalado por Murcia *et al.* (2017), quienes advierten que, en Colombia se formulan planes de compensación que se limitan a la rehabilitación funcional del paisaje, sin integrar indicadores ecológicos ni mecanismos de monitoreo que demuestren la recuperación integral de los atributos ecosistémicos. En el caso del proyecto Autopista Conexión Norte, el enfoque de compensación cumple con los requerimientos normativos establecidos por el MCCB (MADS, 2018a), pero no alcanza los estándares ecológicos definidos por la Sociedad para la Restauración Ecológica (SER, 2004) y reafirmados en los Principios Internacionales para la Práctica de la Restauración Ecológica (Gann *et al.*, 2019).

6. CONCLUSIONES

Este ejercicio de revisión técnica y conceptual aplicado al PCCB del proyecto Autopista Conexión Norte UF1 evidencia que la adopción de herramientas metodológicas como el enfoque SMART, junto con los principios de la Sociedad para la Restauración Ecológica – SER, Gann *et al.*, (2019) y los lineamientos del MCCB (MADS, 2018a), permite identificar vacíos importantes en la formulación, implementación y seguimiento de las medidas compensatorias. Aunque la normativa vigente en materia de compensaciones ambientales en Colombia no exige explícitamente la incorporación de los principios de la SER, esta revisión demuestra que su inclusión fortalece la integración territorial y comunitaria, facilita el manejo adaptativo, promueve la apropiación social del proceso restaurativo, y contribuye a que las áreas degradadas que inician procesos de restauración puedan, en el tiempo, ser incorporadas al conjunto nacional de coberturas restauradas y a esquemas formales de conservación (FAO, IUCN CEM & SER, 2021; MADS, 2023).

En conjunto, esta evaluación evidencia que el proyecto se sitúa mayoritariamente en las fases iniciales del continuo restaurativo, donde la prioridad es recuperar funciones básicas y habilitar condiciones que permitan la sucesión ecológica. Este diagnóstico coincide con la afirmación de que el PCCB UF1 carece de trayectorias sucesionales claras y de ecosistemas de referencia definidos, lo que limita el avance inmediato hacia estados más avanzados de restauración ecológica. El progreso requerirá la consolidación de un sistema de monitoreo robusto, objetivos adaptativos y una planificación que incorpore aprendizajes continuos. Solo mediante un manejo adaptativo sostenido será posible avanzar hacia escenarios donde la estructura, composición y función de los ecosistemas recuperados se acerquen a un estado más complejo, diverso y resiliente.

Como visión general, una de las principales debilidades del sistema normativo en cuanto a la compensación por componente biótico actual radica en que los plazos establecidos en la licencia ambiental están enfocados principalmente en cubrir la etapa constructiva del proyecto, sin prever adecuadamente el tiempo requerido para que las medidas de compensación alcancen su madurez ecológica. Estas acciones, especialmente aquellas de restauración activa o recuperación ecológica, pueden necesitar más de cinco años para consolidarse y cumplir efectivamente con el principio de no pérdida neta de biodiversidad (MADS, 2018a). Sin embargo, la normativa no contempla mecanismos eficaces para garantizar la sostenibilidad ni el seguimiento prolongado de estas áreas compensadas.

En conclusión, este ejercicio se plantea como un aporte académico destinado a fortalecer la formulación técnica de los planes de compensación en Colombia promoviendo su alineación con los estándares internacionales en restauración ecológica, como los propuestos por la SER (Gann et al., 2019).

Si bien el presente análisis se desarrolló principalmente a la luz de los principios orientadores de la restauración, dado que la verificación plena de estándares requiere la definición explícita de ecosistemas de referencia cuantificados, umbrales de desempeño y monitoreo comparativo de largo plazo, se reconoce que la consolidación técnica de los PCCB debe avanzar hacia esa dimensión más exigente de evaluación, impulsando la construcción de procesos que cuenten con mayor legitimidad social, mayor funcionalidad ecológica y una operatividad más sostenible en el tiempo.

Al mejorar la definición de metas y objetivos, robustecer los instrumentos de seguimiento y entender los plazos contractuales como una oportunidad para desarrollar acciones de restauración de largo aliento, los PCCB pueden consolidarse como ejemplos reales de articulación entre sostenibilidad ambiental, compromiso institucional y responsabilidad frente a los ecosistemas transformados.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alexander, S., Aronson, J., Whaley, O., & Lamb, D. (2016). The relationship between ecological restoration and the ecosystem services concept. *Ecology and Society*, 21(1), 34.

- ANI – Agencia Nacional de Infraestructura. (2025). Informe de avance de la concesión Autopista Conexión Norte. Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://www.ani.gov.co>
- ANLA. (2018). Guía para la formulación de planes de compensación por pérdida de biodiversidad. Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. Recuperado de <https://www.anla.gov.co>
- ANLA. (2020). Lineamientos técnicos para el seguimiento a planes de compensación ambiental. Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. Recuperado de <https://www.anla.gov.co>
- Arrieta Guzmán, M. C. (2024). Análisis económico de las compensaciones sociales exigidas para el otorgamiento de licencias ambientales para el desarrollo de proyectos de infraestructura vial en Colombia. Bogotá D.C.: Universidad Externado de Colombia.
- Autopistas del Nordeste. (2014). Contrato de concesión N.º 009 de 2014: Autopista Conexión Norte. Medellín, Colombia.
- Autopistas del Nordeste. (2024). Plan de Compensación por Pérdida de Biodiversidad de las Resoluciones 0717 del 15 de Julio de 2016 y 00652 del 7 de mayo de 2018. Bogotá D.C.: Agencia Nacional de Infraestructura ANI.
- Brancalion, P. H., & Holl, K. D. (2020). Guidance for successful tree planting initiatives. *Journal of Applied Ecology*, 57(6), 1109–1119.
- Brancalion, P. H., et al. (2024). Forest restoration in practice across Latin America: A systematic assessment of motivations, scales, and outcomes. *Biological Conservation*, 292, 110024. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110024>
- Bjerke, M., & Renger, R. (2017). Being smart about writing SMART objectives. *Evaluation and Program Planning*, 61, 125–127. <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2016.12.009>
- Castaño Restrepo, C. (2021). Guía práctica de contextualización de las compensaciones ambientales en Colombia. -: Universidad Pontificia Bolivariana. Obtenido de <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/11489>
- CBD. (2020). Global Biodiversity Outlook 5. Secretariat of the Convention on Biological Diversity.
- CBD, (2022). Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework. Convention on Biological Diversity. Recuperado de <https://www.cbd.int/gbf/>
- Chazdon, R. L. (2014). *Second growth: The promise of tropical forest regeneration in an age of deforestation*. University of Chicago Press.
- Clewell AF y Aronson J. (2013). *Ecological restoration: Principles, values and structure of an emerging profession*. Second edition. edición. The science and practice of ecologicalrestoration series., Island Press, Washington, D.C., EE.UU.
- Coffin, A. W. (2007). From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. *Journal of Transport Geography*, 15(5), 396–406. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2006.11.006>

- Contraloría General de la República de Colombia. (2022). Evaluación de la implementación y avances del Plan Nacional de Restauración, Recuperación y Rehabilitación de Áreas Disturbadas (2016–2021). Bogotá, Colombia.
- Convention on Biological Diversity. (2010). Strategic plan for biodiversity 2011–2020 and the Aichi biodiversity targets. Secretariat of the Convention on Biological Diversity.
<https://www.cbd.int/doc/strategic-plan/2011-2020/Aichi-Targets-EN.pdf>
- Doran, G. T. (1981). There's a SMART way to write management's goals and objectives. *Management Review*, 70(11), 35–36.
- FAO, SER & IUCN CEM. (2023). Standards of practice to guide ecosystem restoration. A contribution to the United Nations Decade on Ecosystem Restoration. Summary report. Rome, FAO.
<https://doi.org/10.4060/cc5223en>
- FAO, IUCN CEM, & Society for Ecological Restoration (SER). (2021). Principios para la restauración de ecosistemas en el Decenio de las Naciones Unidas. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de
<https://www.fao.org/documents/card/en/c/CB6591EN>
- Forman, R. T. T., Sperling, D., Bissonette, J. A., Clevenger, A. P., Cutshall, C. D., Dale, V. H., Fahrig, L., France, R., Goldman, C. R., Heanue, K., Jones, J. A., Swanson, F. J., Turrentine, T., & Winter, T. C. (2003). *Road ecology: Science and solutions*. Island Press.
- Gann GD, McDonald T, Walder B, Aronson J, Nelson CR, Jonson J, Hallett JG, Eisenberg C, Guariguata MR, Liu J, Hua F, Echeverría C, Gonzales EK, Shaw N, Decler K, Dixon KW. (2019). Principios y estándares internacionales para la práctica de la restauración ecológica. Segunda edición. *Ecología de la Restauración S1-S46*
- Hilty, J. A., Worboys, G. L., Keeley, A. T. H., Woodley, S., Lausche, B., Locke, H., ... Tabor, G. (2020). Guidelines for Conserving Connectivity through Ecological Networks and Corridors. IUCN.
- Hobbs, R. J., & Norton, D. A. (1996). Towards a conceptual framework for restoration ecology. *Restoration Ecology*, 4(2), 93–110. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.1996.tb00112.x>
- Holl, K. D., & Aide, T. M. (2011). When and where to actively restore ecosystems?. *Forest Ecology and Management*, 261(10), 1558–1563.
- IDEAM & Instituto Humboldt. (2019). Lineamientos para la identificación y priorización de áreas de restauración ecológica en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales & Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Recuperado de <https://www.humboldt.org.co>
- IDEAM. (2017). Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

- IDEAM. (2021). Informe del Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM.
- IPBES – Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. (2024). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services: Summary for policymakers. Bonn, Germany: IPBES Secretariat.
- Keeney, R. L., & Raiffa, H. (1993). *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*. Cambridge University Press.
- Laurance, W. F., Goosem, M., & Laurance, S. G. W. (2009). Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. *Trends in Ecology & Evolution*, 24(12), 659–669.
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.06.009>
- López, R., Rangel, O., & García, L. (2015). *Compensaciones ambientales: criterios técnicos para la conservación y restauración de la biodiversidad*. Universidad Nacional de Colombia.
- MapBiomias Colombia. (2024). *MapBiomias Colombia: 40 años de cambios en la cobertura y uso del suelo (1985–2024)*. MapBiomias, IDEAM, Instituto Humboldt, Instituto SINCHI & IIAP.
<https://colombia.mapbiomas.org/>
- Martínez, G. A. (2017). *Impactos de la construcción de las vías de cuarta generación en Colombia sobre la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos*. Bogotá D.C.: Universidad Militar Nueva Granada.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s. f.). *Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos – PNGIBSE: Lineamientos estratégicos para la gestión integral de la biodiversidad*. Autor.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Plan Nacional de Restauración: 2015–2035*. MADS. <https://www.minambiente.gov.co/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018a). *Manual de compensaciones del componente biótico*. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018b). *Estrategia Nacional de Compensaciones Ambientales del Componente Biótico*. Bogotá, Colombia.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). *Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos – Actualización 2021*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Recuperado de <https://www.minambiente.gov.co>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2023). *Estrategia Nacional de Restauración 2023-2026*. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Murcia, C., Guariguata, M. R., Andrade, Á., Andrade, G. I., Aronson, J., Escobar, E. M., . . . Montes, E. (2015). Challenges and Prospects for Scaling-up Ecological Restoration to Meet International Commitments: Colombia as a Case Study. *Conservation Letters*. Vol. 9, núm. 3, 213–220.

- Murcia, C., Aronson, J., Kattan, G., Moreno-Mateos, D., Dixon, K., & Simberloff, D. (2016). A critique of the “novel ecosystem” concept. *Restoration Ecology*, 24(5), 583–590.
- Murcia, C., Guariguata, M. R., Peralvo, M., & Gálmez, V. (2017). *La restauración de bosques andinos tropicales. Avances, desafíos y perspectivas del futuro*. Indonesia: Documentos Ocasionales 170. Bogor, Indonesia: CIFOR.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2024). Informe sobre el avance de la Década de las Naciones Unidas para la Restauración de los Ecosistemas 2021–2030. Nueva York: ONU.
- Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2020). Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP): Avances en representatividad ecológica. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Presidencia de la República de Colombia. (2015). Decreto 1076 de 2015: Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Diario Oficial N.º 49.523. Bogotá, Colombia.
- Reed, M. S. (2008). Stakeholder participation for environmental management: A literature review. *Biological Conservation*, 141(10), 2417–2431.
- Reid, J. L., Fagan, M. E., & Zahawi, R. A. (2015). Ecological compensation to address environmental externalities: Lessons from South American case studies. Conservation Strategy Fund.
- Resolución ANLA 3022 de 2023. (2023). Por la cual se realiza seguimiento a las obligaciones de compensación ambiental del proyecto Autopista Conexión Norte. Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). Bogotá, Colombia.
- Ruiz-Jaén, M. C., & Aide, T. M. (2005). Restoration success: How is it being measured?. *Restoration Ecology*, 13(3), 569–577.
- Society for Ecological Restoration (SER) International, G. de trabajo sobre ciencia y políticas. (2004). Principios de SER international sobre la restauración ecológica. In *Society for Ecological Restoration International (Issue 2)*.
- Schwarz, A., et al. (2017). Community involvement in forest restoration: A global synthesis. *Journal of Environmental Management*, 203, 165–176. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.07.059>
- UNEP & FAO. (2021). *Becoming #GenerationRestoration: Ecosystem Restoration for People, Nature and Climate*. United Nations Environment Programme & Food and Agriculture Organization.
- Wendland, K. J., Honzák, M., Portela, R., Vitale, B., Rubinoff, S., & Randrianarisoa, J. (2010). Targeting and implementing payments for ecosystem services: Opportunities for bundling biodiversity conservation with carbon and water services in Madagascar. *Ecological Economics*, 69(11), 2093–2107. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.06.002>
- World Resources Institute. (2015). Initiative 20x20: A country-led effort to restore 20 million hectares of land in Latin America and the Caribbean. World Resources Institute. <https://initiative20x20.org/>

Wortley, L., Hero, J.-M., & Howes, M. (2013). Evaluating ecological restoration success: A review of the literature. *Restoration Ecology*, 21(5), 537–543.

Young, J., et al. (2020). Multi-actor governance in ecological restoration. *Restoration Ecology*, 28(4), 761–772. <https://doi.org/10.1111/rec.13179>

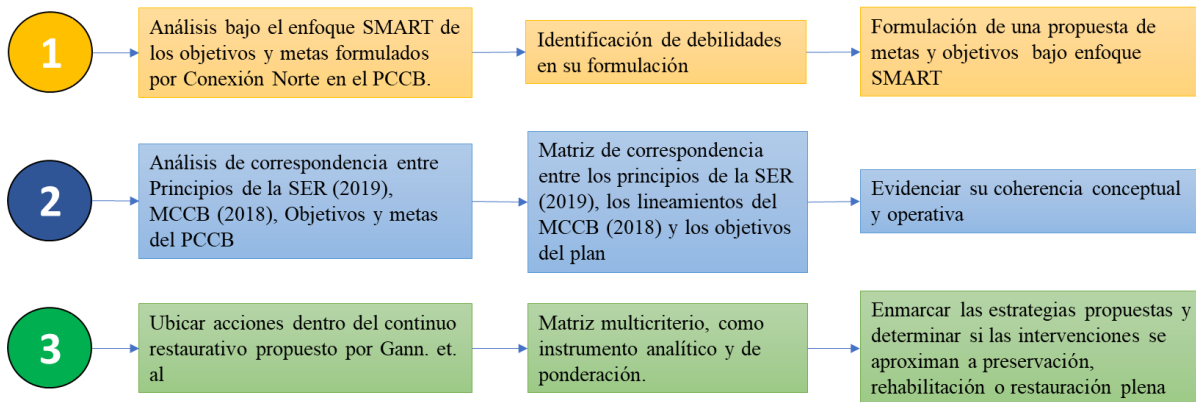
ANEXOS

Anexo 01. Descripción de Versiones del PCCB presentados a la fecha

VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN
04	29-11-2024	Atención requerimientos Resolución 1872 de agosto de 2024 y Auto 6961 de agosto de 2024
03	24-08-2023	Actualización PCCB conforme con los requerimientos (4 – 21) reiterados en el Acta de control y seguimiento N°476 de 2023.
02	19-07-2022	Actualización PCCB conforme con los requerimientos realizados mediante Resolución N°2441 de 2021.
01	23-07-2021	Actualización de PCCB Acogimiento al actual manual de compensaciones del Componente Biótico adoptado mediante la Resolución N°256 de 2018.
00	17-12-2020	Emisión documento en cumplimiento del Artículo Décimo Cuarto de la Licencia Ambiental Resolución N°0717 del 15 de julio de 2016 y Artículo Décimo Tercero de la Modificación de la Licencia Ambiental Resolución N°0652 del 07 de mayo de 2018 y Artículo Primero de la Resolución N°00350 del 12 de marzo del 2019.

Fuente: Autopistas del Nordeste (2024)

Anexo 02. Figura Esquema metodológico.



Fuente: autores de este trabajo, 2025

Anexo 03. Metodología Matriz Multicriterio

Anexo 03. MATRIZ MULTICRITERIO

CRITERIOS REHABILITACIÓN

- Criterio
- R1. Nivel de modificación del ecosistema
- R2. Intensidad de intervención ecológica
- R3. Atributos SER fortalecidos
- R4. Evidencia técnica y monitoreo
- R5. Horizonte temporal y sostenibilidad

Descripción	Escala (1-4)	Ponderación
De minimización de impactos a restauración ecológica integral.	1-4	1
Esfuerzo técnico (de baja a muy alta intervención activa).	1-4	1
Número de atributos del ecosistema de referencia afectados (composición, estructura, función, interacciones, resiliencia).	1-4	1
Calidad de metas, indicadores ecológicos y esquema de monitoreo.	1-4	1
Duración y permanencia de los efectos de la rehabilitación.	1-4	1

Escala de valoración

Descripción	Escala (1-4)	Ponderación
<p>Genera modificaciones mínimas o indirectas en el ecosistema, Carece de diseño ecológico explícito, No define atributos SER ni valores de referencia, Presenta monitoreo inexistente o meramente administrativo</p> <p>Introduce intervención activa, pero sin integralidad ecológica, Fortalece uno o dos atributos SER, de forma aislada, Define indicadores generales, sin umbrales ni referencia clara, Genera cambios directos en estructura y composición, Fortalece varios atributos SER de forma coherente, Define indicadores medibles vinculados a procesos ecológicos, Se inscribe en una trayectoria restaurativa explícita, Tiene horizonte temporal coherente con procesos ecológicos intermedios.</p>	1	1
<p>Se orienta explícitamente hacia un ecosistema de referencia definido, Integra estructura, composición, función y resiliencia, Incluye monitoreo ecológico robusto con valores esperados, Se articula a largo plazo con manejo adaptativo, Contribuye de forma clara a restauración a escala de paisaje.</p>	4	1

Estrategia	R1	R2	R3	R4	R5	Total	Nivel Continuo Rehab
Preparación del terreno y manejo de arvenses	1	2	1	2	1	7	Minimización
Trazado y diseño de franjas de siembra	1	2	2	2	2	9	Rehabilitación
Siembra a tres bolillos con gremios ecológicos (1443 ind/ha)	1	3	2	2	2	10	Rehabilitación
Aplicación de insumos (abono, micorrizas, hidroretenedor)	1	3	2	2	2	10	Rehabilitación
Mantenimiento: fertilización, control fitosanitario y resiembra	1	3	2	2	2	10	Rehabilitación
Cerramiento perimetral en áreas de rehabilitación ecológica	1	2	1	2	2	8	Minimización
Implementación de núcleos de nucleación ecológica	1	3	2	2	1	9	Rehabilitación
Parcelas de monitoreo en áreas de rehabilitación	1	1	1	3	2	8	Minimización

Dashboard – Rehabilitación ecológica PCCB UF1

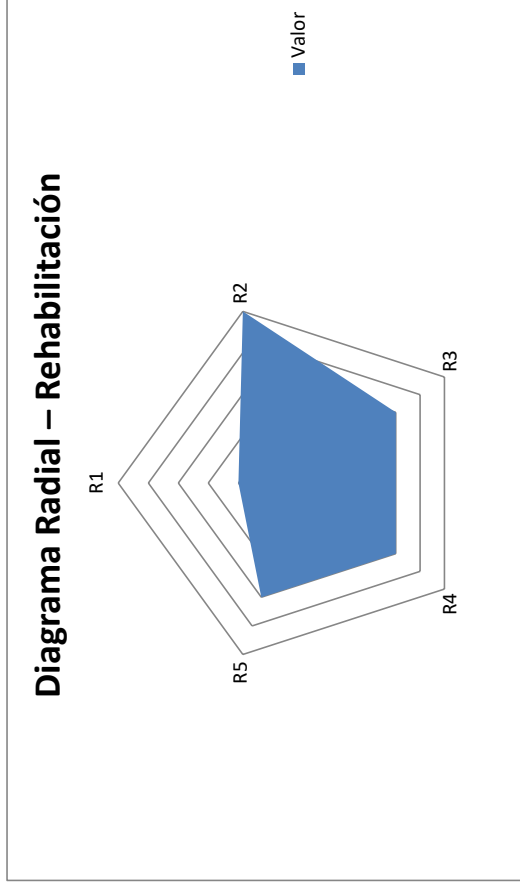
Selecciona la estrategia de rehabilitación:

Siembra a tres bolillos con gremios ecológicos (1443 ind/ha)

Criterio	Valor
R1	1
R2	3
R3	2
R4	2
R5	2

Resumen por nivel del continuo – Rehabilitación

Nivel	Número de estrategias
Minimización	19
Rehabilitación	5
Restauración parcial	0
Restauración completa	0



CRITERIOS PRESERVACIÓN

Criterio	Descripción (Preservación)	Escala (1-4)	Ponderación
P1. Nivel de protección frente a tensionantes	Desde protección mínima hasta reducción robusta de amenazas (tala, minería, expansión ganadera).	1-4	1
P2. Intensidad de las acciones de preservación	Desde acuerdos básicos hasta esquemas integrales PSA + cerramiento + acompañamiento.	1-4	1
P3. Atributos SER mantenidos	Capacidad de mantener composición, estructura y función del bosque.	1-4	1
P4. Evidencia de adicionalidad ecosistémica	Capacidad de demostrar que la ganancia/evitación de pérdida no ocurriría sin la medida.	1-4	1
P5. Horizonte temporal de la preservación	Duración del acuerdo y probabilidad de permanencia de la cobertura boscosa.	1-4	1

Escala de valoración

Nivel	Descripción
1	Gestión mínima Tiene alcance declarativo, No reduce presiones reales, Carece de mecanismos de aseguramiento, No demuestra adicionalidad.
2	Conservación básica Reduce parcialmente algunos tensionantes, Mantiene atributos existentes, Presenta acuerdos de corto plazo, Tiene monitoreo limitado o no sistemático.
3	Preservación asistida Protege áreas con buena integridad ecológica, Reduce presiones clave, Incorpora mecanismos como PSA o acuerdos formales, Incluye seguimiento de atributos ecológicos.
4	Preservación robusta con alta adicionalidad Evita pérdidas futuras demostrables, Garantiza permanencia a largo plazo, Mantiene conectividad y función ecosistémica, Se integra a esquemas territoriales (ej. Bosque de Paz), Tiene gobernanza y monitoreo claros.

Estrategia	P1	P2	P3	P4	P5	Total	Nivel Continuo Preservación
Preservación asistida de bosques naturales (Bosques de Paz)	4	1	3	3	4	15	Preservación asistida
Pago por Servicios Ambientales (PSA) como incentivo de no pérdida	4	1	3	4	4	16	Preservación asistida
Cerramiento selectivo en predios de preservación	4	2	3	3	4	16	Preservación asistida
Monitoreo de atributos de biodiversidad en áreas de preservación	4	1	3	3	4	15	Preservación asistida
Educación, capacitación y acompañamiento técnico a poseedores	4	1	2	3	3	13	Preservación asistida

Dashboard – Preservación (Bosques de Paz) PCCB UF1

Selecciona la estrategia de preservación:

Monitoreo de atributos de biodiversidad en áreas de preservación

Criterio

P1

Valor

P2

4

P3

1

P4

3

P5

3

4

Resumen por nivel del continuo – Preservación

Nivel

Gestión mínima

15

Conservación básica

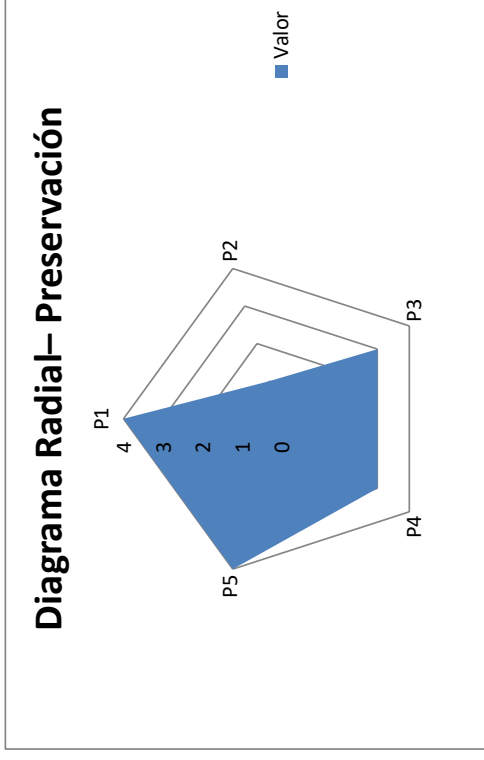
0

Preservación asistida

5

Preservación robusta y adicionalidad alta

0



Anexo 3.1. Metodología Matriz Multicriterio

Este anexo desarrolla de manera exhaustiva el procedimiento metodológico utilizado para diseñar, aplicar e interpretar la matriz multicriterio empleada en la evaluación del Plan de Compensación del Componente Biótico formulado por el proyecto Conexión Norte. Se detalla el marco conceptual, la construcción de criterios, la lógica de asignación de puntajes, el análisis de resultados individuales y agregados, la interpretación de dashboards y la justificación técnica de la ubicación del PCCB en el continuo restaurativo.

1. Fundamentación metodológica

La matriz de evaluación se fundamenta en el enfoque de Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA), específicamente en un modelo aditivo simple no ponderado, ampliamente utilizado en procesos de evaluación ambiental para integrar múltiples dimensiones de análisis de manera estructurada y transparente (Keeney & Raiffa, 1993; Belton & Stewart, 2002). Este tipo de modelo permite asignar puntajes ordinales homogéneos a criterios definidos previamente y agregarlos mediante suma directa, bajo el supuesto de igualdad estructural entre criterios, facilitando la comparación relativa entre alternativas sin introducir ponderaciones subjetivas adicionales.

La aplicación del modelo en este estudio se articula con el continuo restaurativo propuesto por Gann et al. (2019), el cual concibe la restauración ecológica como un gradiente progresivo desde estados degradados hasta ecosistemas con mayor integridad estructural y funcional.

En este contexto, la matriz no pretende certificar éxito ecológico, sino evaluar el grado de coherencia técnica y estructural de las acciones formuladas en el Plan de Compensación del Componente Biótico (PCCB), permitiendo su posicionamiento relativo dentro del continuo restaurativo y diferenciando conceptualmente procesos de rehabilitación de estrategias de preservación orientadas al mantenimiento de integridad ecológica.

Para la delimitación del alcance de la matriz se definieron los siguientes:

- a. **Alcance y disponibilidad de información:** la verificación de estándares exige un nivel de información biofísica y de diseño (referentes cuantificados, umbrales, trayectorias sucesionales medibles y métricas comparables) que no está plenamente disponible ni operacionalizado en el PCCB en su estado actual. En otras palabras, el plan describe acciones y monitoreos, pero no siempre explicita el conjunto completo de elementos que permitirían “certificar” desempeño ecológico bajo estándares.
- b. **Definición del momento del proceso regulatorio y de formulación:** el PCCB aún no se encuentra implementado y cerrado al 100% en todas sus definiciones, y algunas estrategias o componentes se reportan **en evaluación y pendientes de aprobación o ajustes** por parte de la autoridad ambiental (ANLA). En ese escenario, una evaluación estricta de estándares (que implica verificar resultados y compararlos contra referentes) no es metodológicamente apropiada; en cambio, una evaluación por principios sí es pertinente porque permite juzgar

coherencia y capacidad de trazabilidad del diseño propuesto, identificar brechas y orientar fortalecimientos técnicos para la ejecución.

c. Propósito de la matriz: qué responde y por qué se diseñó

Mediante el modelo multicriterio aditivo simple, se evaluó cada actividad en cinco criterios con escala ordinal de 1 a 4. Los puntajes se sumaron para obtener un valor total que permitió clasificar cada actividad dentro del continuo restaurativo.

El propósito de la matriz es responder dos preguntas:

- ¿Cómo se comparan, en coherencia ecológica y soporte técnico, las actividades del PCCB?
- ¿En qué “momento” del continuo restaurativo se ubica cada actividad y, por agregación interpretativa, el PCCB en conjunto?

Para responderlas, se diseñó una matriz multicriterio **diferenciada por tipo de estrategia**, porque rehabilitación y preservación no se evalúan con la misma lógica ecológica:

- La **rehabilitación** trabaja con ecosistemas ya modificados/degradados e intenta recuperar atributos ecológicos.
- La **preservación** busca mantener ecosistemas existentes y reducir riesgos o tensionantes que podrían degradarlos, generando así adicionalidad en las áreas intervenidas.

2. Diferenciación metodológica:

2.1. criterios R (rehabilitación) y criterios P (preservación)

2.1.1. Criterios para rehabilitación (R1–R5)

Se definieron cinco criterios para evaluar actividades orientadas a recuperar ecosistemas degradados:

- **R1. Nivel de modificación del ecosistema**
Evalúa el grado de transformación ecológica que la actividad puede inducir sobre una cobertura degradada. Analiza si la intervención genera cambios estructurales y funcionales sustantivos o si se limita a acciones habilitantes de bajo impacto ecológico. Un mayor nivel de modificación implica mayor potencial de desplazar el sistema a lo largo del continuo restaurativo.
- **R2. Intensidad de intervención ecológica**
Mide la complejidad y magnitud de la intervención activa aplicada. Considera aspectos como densidad de siembra, diseño ecológico (arreglos espaciales, selección de gremios), uso de técnicas de nucleación, mantenimiento estructurado y manejo adaptativo. Una mayor intensidad de intervención suele asociarse con una aceleración de procesos sucesionales y recuperación más dirigida de atributos ecológicos.

- **R3. Atributos SER fortalecidos**
Identifica en qué medida la actividad contribuye al fortalecimiento de atributos ecológicos coherentes con los principios de restauración de la SER, tales como composición, estructura, función, resiliencia y conectividad ecológica. Se valora especialmente la integración simultánea de múltiples atributos, lo que indica mayor coherencia restaurativa.
- **R4. Evidencia técnica y monitoreo**
Evalúa el respaldo metodológico de la actividad, considerando la existencia de diseño técnico explícito, indicadores ecológicos medibles, periodicidad de seguimiento y mecanismos de verificación. La presencia de monitoreo estructurado permite evaluar trayectoria y coherencia entre las acciones implementadas y los objetivos planteados.
- **R5. Horizonte temporal y sostenibilidad**
Analiza la proyección temporal de los efectos ecológicos inducidos por la actividad. Evalúa si la intervención se articula con procesos ecológicos de mediano y largo plazo, y si existen condiciones que permitan la sostenibilidad del efecto más allá del período inicial de mantenimiento. La restauración ecológica se concibe como un proceso temporal, por lo que la permanencia constituye una dimensión clave.

2.1.2. Criterios para preservación (P1–P5)

Para preservación, los criterios cambian porque el objetivo es proteger integridad y demostrar adicionalidad:

- **P1. Nivel de protección frente a tensionantes**
Evalúa la eficacia de la actividad para reducir presiones antrópicas o riesgos potenciales de degradación. Analiza si la intervención disminuye factores como ganadería, extracción, fragmentación o acceso no controlado, y en qué medida contribuye a mantener la integridad ecológica del ecosistema existente.
- **P2. Intensidad de las acciones de preservación**
Valora la robustez operativa e institucional de los mecanismos de protección implementados, tales como acuerdos formales, Pagos por Servicios Ambientales (PSA), cerramientos, instrumentos contractuales o esquemas de control y seguimiento. A mayor formalización y solidez del mecanismo, mayor garantía de protección efectiva.
- **P3. Atributos SER mantenidos**
Examina la capacidad de la estrategia para conservar atributos ecológicos ya presentes en el ecosistema, incluyendo composición, estructura y función. A diferencia de la rehabilitación, aquí no se evalúa recuperación, sino mantenimiento de integridad ecológica consolidada.
- **P4. Evidencia de adicionalidad ecosistémica**
Evalúa la capacidad de la estrategia para demostrar que la conservación o protección del ecosistema ocurre como resultado directo de las acciones implementadas por el proyecto y

no como consecuencia de una tendencia preexistente o de un escenario en el cual la integridad ecológica se habría mantenido aun sin intervención. La adicionalidad se sustenta mediante mecanismos verificables, tales como PSA, acuerdos de conservación, instrumentos de control y seguimiento, así como la consideración explícita de un escenario contrafactual.

- **P5. Horizonte temporal de la preservación**

Analiza la duración y estabilidad en el tiempo de las acciones de protección implementadas, así como su capacidad para garantizar la permanencia de la integridad ecológica más allá del periodo inicial de ejecución del proyecto. Se valora la existencia de compromisos de mediano y largo plazo que reduzcan el riesgo de reversión o degradación futura.

3. Definición de actividades incluidas en cada estrategia: cómo se construyó la lista de evaluación

3.1. Identificación de actividades.

Como punto de partida del ejercicio multicriterio, se realizó una revisión sistemática del PCCB con el fin de identificar y organizar las actividades formuladas en el plan. Estas fueron agrupadas en dos grandes bloques estratégicos, de acuerdo con su naturaleza ecológica y su propósito dentro del esquema de compensación:

- a. **Estrategias de Rehabilitación:** Incluyen acciones orientadas a la recuperación activa de ecosistemas degradados, tales como siembras (considerando arreglos espaciales, densidades y selección de gremios), procesos de nucleación ecológica, actividades de preparación del terreno y mantenimiento, cerramientos en áreas intervenidas, instalación y uso de insumos para establecimiento, así como el monitoreo asociado a las acciones de rehabilitación (parcelas permanentes y seguimientos técnicos). Estas actividades buscan inducir cambios estructurales y funcionales que favorezcan la transición sucesional y el fortalecimiento de atributos ecológicos.

Tabla 1 Listado de actividades del PCCB agrupadas en Estrategias de Rehabilitación.

Estrategia	R1	R2	R3	R4	R5	Total	Nivel Continuo Rehab
Preparación del terreno y manejo de arvenses	1	2	1	2	1	7	Minimización
Trazado y diseño de franjas de siembra	1	2	2	2	2	9	Rehabilitación
Siembra a tres bolillos con gremios ecológicos (1443 ind/ha)	1	3	2	2	2	10	Rehabilitación
Aplicación de insumos (abono, micorrizas, hidroretenedor)	1	3	2	2	2	10	Rehabilitación
Mantenimiento: fertilización, control fitosanitario y resiembras	1	3	2	2	2	10	Rehabilitación
Cerramiento perimetral en áreas de rehabilitación ecológica	1	2	1	2	2	8	Minimización

Estrategia	R1	R2	R3	R4	R5	Total	Nivel Continuo Rehab
Implementación de núcleos de nucleación ecológica	1	3	2	2	1	9	Rehabilitación
Parcelas de monitoreo en áreas de rehabilitación	1	1	1	3	2	8	Minimización

Fuente: Elaboración propia.

- b. **Estrategias de Preservación:** Comprenden acciones dirigidas a mantener la integridad ecológica de coberturas existentes y a reducir riesgos de degradación. Incluyen mecanismos como preservación asistida de bosques, implementación de Pagos por Servicios Ambientales (PSA), actas o acuerdos formales de conservación, cerramientos selectivos en predios destinados a protección, monitoreo de atributos ecológicos en áreas preservadas y actividades de acompañamiento y capacitación orientadas a garantizar permanencia y gobernanza socioambiental. Estas estrategias no inducen transición ecológica, sino que buscan asegurar la estabilidad y continuidad de ecosistemas con integridad consolidada.

Tabla 2 Listado de actividades del PCCB agrupadas en Estrategias de Preservación

Estrategia	P1	P2	P3	P4	P5	Total	Nivel Continuo Preservación
Preservación asistida de bosques naturales (Bosques de Paz)	4	1	3	3	4	15	Preservación asistida
Pago por Servicios Ambientales (PSA) como incentivo de no pérdida	4	1	3	4	4	16	Preservación asistida
Cerramiento selectivo en predios de preservación	4	2	3	3	4	16	Preservación asistida
Monitoreo de atributos de biodiversidad en áreas de preservación	4	1	3	3	4	15	Preservación asistida
Educación, capacitación y acompañamiento técnico a poseedores	4	1	2	3	3	13	Preservación asistida

Fuente: Elaboración propia.

Cada actividad identificada fue tratada como una unidad evaluable independiente y representada como una fila en la matriz multicriterio. Esta decisión metodológica permitió desagregar el análisis del PCCB por componentes específicos, evitando una valoración global basada en apreciaciones generales. De este modo, el resultado final no corresponde a una opinión integral del plan, sino a una síntesis estructurada derivada de la evaluación técnica individual de cada actividad, lo que fortalece la trazabilidad, transparencia y replicabilidad del ejercicio analítico.

4. Escala de ponderación 1–4

A cada criterio (R o P) se le asigna un puntaje entre **1 y 4**, según el aporte ecológico y la evidencia técnica. La escala se diseñó para ser **ordinal** (de menor a mayor solidez/robustez).

4.1. Valor 1: Aporte muy bajo o incipiente

Se asigna cuando la actividad presenta una contribución mínima a la coherencia restaurativa o a la conservación efectiva, ya sea en el contexto de rehabilitación activa o de preservación asistida. Corresponde al nivel más bajo de desempeño dentro de la escala ordinal y refleja intervenciones cuyo impacto ecológico es indirecto, limitado o difícilmente verificable.

En el caso de la *Estrategia de Rehabilitación*, este valor se aplica cuando la acción no induce modificaciones estructurales o funcionales significativas sobre el ecosistema degradado, carece de un diseño ecológico explícito y no define atributos medibles que permitan inferir una trayectoria restaurativa. Son típicamente actividades preparatorias, logísticas o de soporte que, aunque necesarias dentro del plan, no generan por sí mismas transformación ecológica sustantiva ni permiten proyectar un avance claro dentro del continuo restaurativo.

En el caso de la *Estrategias de Preservación*, el valor 1 se asigna cuando la actividad no demuestra una reducción efectiva de tensionantes, carece de mecanismos formales de protección o no presenta evidencia de adicionalidad. En estos casos, la conservación podría mantenerse independientemente de la intervención propuesta, o no existen instrumentos verificables que aseguren permanencia en el tiempo. La acción no modifica de manera significativa el escenario contrafactual ni fortalece de forma demostrable la estabilidad ecológica del área protegida.

De manera transversal, este valor se utiliza cuando:

- No existe diseño técnico explícito o respaldo metodológico verificable.
- No se definen atributos ecológicos medibles.
- El monitoreo es inexistente o meramente administrativo.
- No puede inferirse una contribución clara al desplazamiento dentro del continuo restaurativo (en rehabilitación) ni al fortalecimiento efectivo de la integridad ecológica (en preservación).

Este valor representa un nivel incipiente de aporte ecológico, caracterizado por baja intensidad, limitada trazabilidad técnica y escasa capacidad de generar o asegurar cambios verificables en el estado del ecosistema.

4.2. Valor 2: Aporte bajo–medio o parcial

El valor 2 se asigna cuando la actividad evidencia una intención restaurativa o de conservación explícita y genera efectos ecológicos iniciales, pero presenta limitaciones en su diseño técnico, alcance ecológico o trazabilidad metodológica. Representa un nivel intermedio inferior dentro de la escala, en el cual existe intervención activa o mecanismo de protección definido, aunque sin suficiente robustez para garantizar coherencia restaurativa integral o permanencia plenamente verificable.

En el caso de la *Estrategias de Rehabilitación*, este valor se aplica cuando la acción introduce intervención ecológica directa como siembras, nucleación o mantenimiento estructurado, pero

fortalece de manera aislada uno o pocos atributos ecológicos, sin integración clara entre composición, estructura y función. Puede contar con indicadores generales de seguimiento, por ejemplo, supervivencia o crecimiento; aunque sin umbrales definidos, referentes cuantificados o criterios explícitos de éxito que permitan evaluar con precisión la trayectoria restaurativa. Si bien se generan cambios iniciales sobre el ecosistema degradado, la evidencia técnica es todavía insuficiente para inferir una consolidación ecológica sostenida.

En el caso de la Estrategia de Preservación, el valor 2 se asigna cuando existen mecanismos formales de protección o acciones orientadas a reducir tensionantes, pero su alcance es parcial o presenta debilidades en términos de adicionalidad, formalización o continuidad temporal. Puede haber instrumentos como acuerdos preliminares, cerramientos o seguimiento básico, aunque sin demostrar plenamente que la conservación depende de la intervención del proyecto ni garantizar estabilidad ecológica de largo plazo. En este nivel, la protección es real pero todavía vulnerable o insuficientemente respaldada.

De manera transversal, este valor se utiliza cuando:

- Existe diseño técnico inicial, pero sin articulación integral de atributos ecológicos.
- Se definen indicadores generales, pero sin umbrales comparativos ni referencia explícita.
- La intervención genera cambios observables, aunque no plenamente evaluables.
- La adicionalidad o permanencia no están completamente demostradas.

Este valor representa un aporte parcial, caracterizado por intención ecológica clara y efectos iniciales positivos, pero con limitaciones en integración, verificabilidad o sostenibilidad que impiden clasificar la actividad como técnicamente sólida o plenamente coherente con restauración integral o conservación robusta.

4.3. Valor 3: Aporte adecuado / técnicamente sólido

El valor 3 se asigna cuando la actividad presenta una coherencia ecológica clara, un diseño técnico estructurado y evidencia verificable que permite evaluar su contribución dentro del continuo restaurativo o de conservación. Representa un nivel sólido de desempeño, en el cual la intervención no solo tiene intención ecológica explícita, sino que integra de manera consistente varios atributos ecológicos y mecanismos de seguimiento.

En el caso de la *Estrategias de Rehabilitación*, este valor se aplica cuando la acción fortalece simultáneamente múltiples atributos coherentes con los principios de la SER como composición, estructura y función y cuenta con un diseño técnico explícito, por ejemplo, arreglos de siembra definidos, selección de especies por gremios, criterios de pendiente o densidades establecidas. Asimismo, dispone de indicadores ecológicos medibles vinculados a procesos relevantes de supervivencia, crecimiento, regeneración natural, cobertura, entre otros y establece un horizonte temporal compatible con procesos sucesionales intermedios. La actividad es evaluable, replicable y

metodológicamente defendible, aunque aún no necesariamente esté articulada a un ecosistema de referencia cuantificado ni a umbrales comparativos completos.

En el caso de la *Estrategia de Preservación*, el valor 3 se asigna cuando la acción demuestra reducción efectiva de tensionantes, cuenta con mecanismos formales de protección suficientemente estructurados y presenta evidencia razonable de adicionalidad. Además, incluye monitoreo de atributos ecológicos que permite verificar mantenimiento de integridad en el tiempo y establece compromisos de mediano plazo con riesgo reducido de reversión. En este nivel, la conservación es técnicamente sustentada y verificable, aunque todavía puede carecer de instrumentos de largo plazo plenamente consolidados o de esquemas comparativos robustos.

De manera transversal, este valor se utiliza cuando:

- Existe diseño técnico explícito y coherente.
- Se integran múltiples atributos ecológicos de manera articulada.
- Los indicadores son medibles y vinculados a procesos ecológicos relevantes.
- La actividad es replicable y metodológicamente defendible.
- El horizonte temporal es suficiente para sostener cambios o mantenimiento ecológico en el mediano plazo.

Este nivel de valoración representa un desempeño adecuado y técnicamente sólido, caracterizado por coherencia ecológica estructurada, soporte metodológico verificable y una contribución clara al avance dentro del continuo restaurativo o al mantenimiento efectivo de la integridad ecológica, sin alcanzar todavía el nivel máximo de robustez asociado a referencia explícita y verificación comparativa plena.

4.4. Valor 4: Aporte alto / restauración robusta

Este valor se asigna cuando la actividad presenta el mayor nivel de coherencia ecológica, solidez técnica y trazabilidad metodológica dentro de la escala. Representa un desempeño robusto, cercano a la lógica de los estándares de restauración, en el cual la intervención o estrategia no solo está claramente fundamentada, sino que se articula explícitamente con un ecosistema de referencia definido y con criterios verificables de desempeño ecológico.

En el caso de la *Estrategia de Rehabilitación*, este valor se aplica cuando la acción se orienta de manera explícita hacia la recuperación de un ecosistema de referencia previamente definido, integrando de forma articulada atributos de composición, estructura, función y resiliencia. La actividad incluye monitoreo ecológico estructurado con variables medibles, valores esperados o umbrales comparativos que permiten evaluar trayectoria restaurativa, y se articula con un horizonte temporal de largo plazo bajo un enfoque de manejo adaptativo. Además, contribuye de manera clara a la conectividad y funcionalidad a escala de paisaje, trascendiendo el efecto puntual de la intervención.

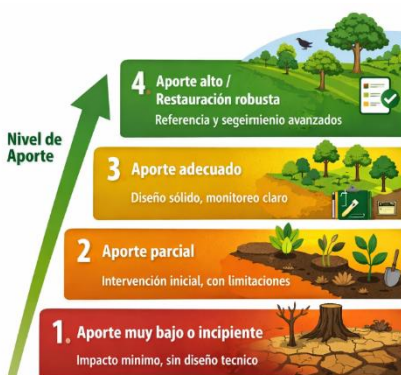
En el caso de la *Estrategia de Preservación*, el valor se asigna cuando la protección del ecosistema cuenta con mecanismos formales consolidados, evidencia sólida de adicionalidad y compromisos de permanencia de largo plazo, respaldados por instrumentos verificables y monitoreo comparativo

robusto. En este nivel, la conservación no solo reduce tensionantes de manera efectiva, sino que asegura estabilidad ecológica sostenida en el tiempo y contribuye a la integridad funcional del paisaje.

De manera transversal, este valor se utiliza cuando:

- Existe referencia ecológica explícita o criterios comparativos claramente definidos.
- Se integran múltiples atributos ecológicos de manera sistémica.
- El monitoreo incluye variables medibles con valores esperados o umbrales definidos.
- Se articula manejo adaptativo con proyección de largo plazo.
- La contribución trasciende el nivel local y se integra en la escala de paisaje.

Ilustración 1 Escala ordinal (1–4) de aporte ecológico utilizada en la matriz multicriterio para evaluar la coherencia restaurativa de las actividades del PCCB.



Fuente: Elaboración propia.

En síntesis, el valor 4 representa el nivel más exigente dentro de la matriz, caracterizado por coherencia restaurativa integral, soporte técnico robusto y alta capacidad de verificación. Se trata de un desempeño cercano al cumplimiento de estándares formales, aunque su interpretación debe entenderse dentro del alcance del análisis estructural y no como certificación definitiva de éxito ecológico.

5. Aplicación de la ponderación

La aplicación de la escala de valoración se realizó mediante un procedimiento sistemático de revisión documental y asignación estructurada de puntajes, garantizando trazabilidad y consistencia entre actividades evaluadas.

5.1. Lectura y extracción de evidencia del PCCB.

Para cada actividad formulada en el PCCB se efectuó una revisión detallada del documento técnico, con el propósito de identificar evidencia explícita asociada a los criterios definidos en la matriz. La

extracción de información no se basó en interpretaciones generales, sino en elementos declarados de manera explícita en el plan.

En particular, se revisó:

- **El tipo de intervención**, distinguiendo entre acciones de intervención activa (por ejemplo, siembras, nucleación), acciones de manejo o mantenimiento, y acciones de gestión o acompañamiento.
- El **diseño técnico**, incluyendo arreglos espaciales, densidades de siembra, selección de especies, criterios de implementación (pendiente, cobertura previa, condiciones edáficas) y cualquier especificación metodológica que evidenciara planificación ecológica estructurada.
- La **evidencia de monitoreo**, considerando la existencia de variables ecológicas definidas, indicadores medibles, periodicidad de seguimiento, instrumentos o protocolos técnicos asociados.
- El **horizonte temporal**, evaluando la duración prevista de mantenimiento, seguimiento o compromisos de permanencia.
-

En el caso de estrategias de preservación, se analizó adicionalmente la existencia de mecanismos formales de adicionalidad, tales como Pagos por Servicios Ambientales (PSA), acuerdos o actas de conservación, instrumentos contractuales o esquemas de control que demostraran reducción efectiva de tensionantes.

5.2. Asignación de puntajes criterio por criterio.

Una vez identificada la evidencia técnica de cada actividad, se procedió a asignar cinco puntajes ordinales (1–4), uno por cada criterio correspondiente (R1–R5 en rehabilitación o P1–P5 en preservación).

La asignación no fue basada en apreciaciones, sino que cada valor se otorgó mediante contraste directo entre la evidencia extraída y los descriptores técnicos previamente definidos para cada nivel de la escala (Valor 1–4). De esta manera, la puntuación se fundamentó en reglas explícitas y consistentes. Este procedimiento permitió mantener coherencia interna y evitar sobrevaloraciones derivadas de la simple intención restaurativa.

5.3. Registro en matriz y trazabilidad.

Los puntajes asignados a cada criterio fueron registrados en la matriz multicriterio, donde cada actividad constituye una fila evaluable independiente. La suma de los cinco criterios generó el puntaje total por actividad.

Es importante señalar que los valores no se asignaron “por impresión” o juicio general del plan, sino que cada calificación está explícitamente vinculada a un descriptor técnico definido en la escala 1–4, garantizando que la evaluación tenga consistencia entre actividades evaluadas y la transparencia metodológica aplicada.

5.4. Sumatoria por actividad: cómo se construye el puntaje total (5–20)

Una vez asignados los puntajes individuales (1–4) a cada criterio y calculado el valor total por actividad, se obtuvo un rango posible de puntuación entre 5 y 20 puntos.

Dado que la escala ordinal contempla cuatro niveles de desempeño (1–4) aplicados a cinco criterios independientes, el intervalo total fue dividido en cuatro segmentos equivalentes para traducir el Total a una ubicación interpretativa dentro del continuo restaurativo.

Los rangos se definieron de la siguiente manera:

<8 puntos: Nivel incipiente o de minimización

9–12 puntos: Rehabilitación básica o aporte parcial

13–16 puntos: Restauración parcial o desempeño técnicamente sólido

>17 puntos: Restauración robusta o alto nivel de coherencia restaurativa

Esta división responde a una partición lineal del dominio total posible de la escala, asignando aproximadamente el mismo intervalo de amplitud a cada categoría. La decisión metodológica de utilizar intervalos equivalentes busca evitar sesgos en la clasificación y mantener coherencia interna entre la escala ordinal (1–4) y su agregación final.

Es importante señalar que estos rangos corresponden a posiciones relativas dentro de un gradiente de coherencia restaurativa. La clasificación permite interpretar el nivel estructural de cada actividad respecto a su diseño técnico, integración de atributos ecológicos, monitoreo y horizonte temporal. En consecuencia, la ubicación dentro del continuo restaurativo de Gann et al. (2019) se da como resultado de la distribución sistemática de actividades dentro de estos rangos interpretativos. La predominancia de actividades en determinados intervalos permitió inferir la posición global del PCCB dentro del continuo, distinguiendo entre rehabilitación activa y preservación asistida sin equiparar ambas lógicas ecológicas.

6. Análisis de resultados

Los resultados se presentan mediante dashboards gráficos que ilustran el comportamiento individual de cada criterio y su interacción dentro de cada actividad evaluada. Estas visualizaciones permiten observar no solo el puntaje total obtenido, sino también la distribución interna de fortalezas y debilidades técnicas. De este modo, es posible identificar qué dimensiones presentan mayor solidez, como, por ejemplo, intensidad de intervención o adicionalidad y, cuáles muestran limitaciones en términos de diseño ecológico, monitoreo o horizonte temporal.

El uso de dashboards permite ilustrar la estructura interna de la ponderación y reduce la subjetividad en la interpretación de resultados. En lugar de presentar únicamente un valor agregado, las gráficas permiten comprender cómo cada criterio contribuye al resultado final y evidencian si el desempeño de la actividad es equilibrado o si depende de uno o dos criterios dominantes. Esta

representación visual facilita la comparación entre actividades y mejora la trazabilidad del proceso evaluativo.

Para la ubicación de las actividades dentro del continuo restaurativo de Gann et al. (2019), se utilizó la sumatoria directa de los cinco criterios evaluados (rango posible entre 5 y 20 puntos). Esta decisión es coherente con el modelo aditivo simple no ponderado adoptado en la matriz, donde cada criterio tiene igual peso estructural. El valor total obtenido por cada actividad fue posteriormente contrastado con los rangos previamente definidos.

para determinar la posición estratégica de cada estrategia, dentro del continuo, se calculó el comportamiento agregado de las actividades que conforman cada bloque. Este comportamiento se analizó a partir del promedio de los puntajes totales obtenidos por las actividades de rehabilitación y, de manera independiente, por las actividades de preservación. El promedio permite representar la tendencia central del conjunto sin que una actividad extrema distorsione la lectura global de la estrategia.

El promedio utilizado constituye una medida descriptiva de tendencia central que permite sintetizar el comportamiento estructural del bloque de rehabilitación y del bloque de preservación. Dado que la matriz se fundamenta en un modelo aditivo simple con escala equidistante (1–4), la agregación mediante promedio es coherente con la lógica del MCDA adoptado y no implica estimación poblacional ni margen de error estadístico.

Este valor agregado fue el que permitió ubicar estratégicamente cada bloque dentro del continuo restaurativo ilustrado en la figura, entendiendo dicha ubicación como una posición relativa dentro del gradiente conceptual entre reducción de impactos, rehabilitación activa, restauración ecológica y preservación asistida.

6.1. Análisis de resultados: Estrategia de Rehabilitación

6.1.1. Preparación del terreno y manejo de arvenses

Esta actividad cumple una función estratégica de habilitación dentro del plan, ya que crea condiciones necesarias para que otras intervenciones puedan desarrollarse con mayor probabilidad de éxito. No obstante, evaluada de manera aislada, no constituye una acción de recuperación ecológica propiamente dicha, ni permite inferir una trayectoria restaurativa autónoma o una contribución directa a la permanencia ecológica.

La actividad de preparación del terreno y manejo de arvenses obtuvo un puntaje total de 7 puntos, lo que la ubica dentro del rango de minimización o aporte incipiente dentro del continuo restaurativo. Este resultado se explica por la naturaleza habilitante de la acción, que, si bien es necesaria dentro del esquema operativo de la rehabilitación, no constituye por sí misma una intervención de transformación ecológica estructural.

Tabla 3 Ponderación de criterios en Actividad de rehabilitación 1

Criterio	Valor
R1	1
R2	2
R3	1
R4	2
R5	1
Total	7

Ilustración 2 Dashboards interacción de criterios en Actividad de rehabilitación 1



- **Criterio R1** (Nivel de modificación del ecosistema): se asignó un valor de 1, dado que la actividad no induce cambios directos en la composición, estructura o función del ecosistema degradado. Su propósito principal es reducir competencia y facilitar condiciones físicas para etapas posteriores de establecimiento, pero no genera por sí misma un desplazamiento significativo dentro del gradiente restaurativo.

R1=1: modificación ecológica mínima; es preparación/habilitación, no cambio estructural del ecosistema.

- **Criterio R2** (Intensidad de intervención ecológica): la actividad obtuvo un valor de 2, reconociendo que existe intervención activa con actividades de limpieza, control de vegetación arvense, aunque esta se limita a acciones operativas de carácter repetitivo y no implica diseño ecológico estructurado ni incorporación directa de componentes bióticos que transformen el sistema.

R2=2: intervención existe, pero es básica y repetitiva (preparar/manejar), sin diseño ecológico complejo.

- **Criterio R3** (Atributos SER fortalecidos): se asignó un valor de 1, ya que el fortalecimiento de atributos ecológicos es indirecto. La actividad puede favorecer condiciones de establecimiento futuro, pero no recupera de manera autónoma atributos de composición, estructura, función o resiliencia ecológica. Su efecto

depende completamente de la implementación posterior de acciones como siembra o nucleación.

R3=1: fortalece atributos SER de forma indirecta (facilita establecimiento), pero no recupera composición/estructura/función por sí sola.

- **Criterio R4** (Evidencia técnica y monitoreo): se otorgó un valor de 2, considerando que puede existir seguimiento operativo asociado (frecuencia de mantenimiento, cobertura controlada), aunque este monitoreo generalmente no se articula con indicadores ecológicos robustos ni con umbrales comparativos que permitan evaluar trayectoria restaurativa.

R4=2: puede tener seguimiento operativo, pero usualmente no se liga a indicadores ecológicos fuertes/umbrales.

- **Criterio R5** (Horizonte temporal y sostenibilidad): la actividad obtuvo un valor de 1, dado que su efecto es de corto plazo y requiere reiteración constante. Si no se integra con intervenciones de establecimiento y consolidación ecológica, no contribuye a procesos sucesionales sostenidos ni a la autosostenibilidad del sistema.

R5=1: efecto temporal corto; si no se integra con siembra/establecimiento, no sostiene trayectoria.

6.1.2. Trazado y diseño de franjas de siembra

Esta actividad cumple una función clave en la coherencia técnica del plan, ya que ordena espacialmente la intervención y reduce la improvisación en la implementación. Sin embargo, evaluada de manera aislada, no permite inferir recuperación ecológica medible ni consolidación de atributos SER. Su aporte es estructural y metodológico, más que ecológico directo, lo que explica su ubicación en el nivel de rehabilitación básica dentro del continuo restaurativo.

La actividad de trazado y diseño de franjas de siembra obtuvo un puntaje total de 9 puntos, ubicándose en el rango de rehabilitación básica o aporte parcial dentro del continuo restaurativo. Este resultado refleja que, aunque no constituye una intervención ecológica transformadora por sí misma, introduce un nivel de estructuración técnica que supera las acciones meramente operativas o habilitantes.

Tabla 4 Ponderación de criterios en Actividad de rehabilitación 2

Criterio	Valor
R1	1
R2	2
R3	2
R4	2

Criterio	Valor
R5	2
Total	9

Ilustración 3 Dashboards interacción de criterios en Actividad de rehabilitación 2



- **Criterio R1** (Nivel de modificación del ecosistema): se asignó un valor de 1, dado que el trazado y diseño espacial no genera cambios directos en la composición, estructura o función ecológica del sistema degradado. Se trata de una fase preparatoria que organiza la intervención futura, pero que no modifica autónomamente el estado ecológico del área.

R1=1: por sí misma no “restaura”; prepara el diseño espacial.

- **Criterio R2** (Intensidad de intervención ecológica): la actividad recibió un valor de 2, reconociendo que implica planificación técnica activa —definición de franjas, espaciamiento, orientación y criterios de implementación—. Sin embargo, esta intensidad se mantiene en un nivel moderado, ya que no incorpora directamente componentes bióticos ni activa procesos sucesionales; su aporte radica en la estructuración de la acción posterior.

R2=2: intervención activa moderada (diseño/planificación), pero no es establecimiento ecológico directo.

- **Criterio R3** (Atributos SER fortalecidos): se asignó un valor de 2, dado que el diseño de franjas puede contribuir de manera indirecta al fortalecimiento futuro de atributos como estructura y composición, al organizar la disposición espacial de las especies. No obstante, en esta etapa los atributos ecológicos no se recuperan de forma directa, sino que su fortalecimiento depende de la ejecución efectiva de la siembra y del mantenimiento posterior.

R3=2: contribuye parcialmente a atributos (estructura futura por arreglo), pero aún indirecto.

- **Criterio R4** (Evidencia técnica y monitoreo): se otorgó un valor de 2, considerando que el diseño puede estar técnicamente documentado y respaldado por criterios de implementación. Sin embargo, la actividad en sí misma no suele vincularse a indicadores ecológicos específicos ni a umbrales comparativos que permitan evaluar su desempeño como acción restaurativa independiente.

R4=2: puede estar técnicamente definido, aunque sin robustez de indicadores/umbrales.

- **Criterio R5** (Horizonte temporal y sostenibilidad) la actividad obtuvo un valor de 2, ya que contribuye a la sostenibilidad del proceso al reducir la arbitrariedad en la implementación y favorecer una estructura organizada de intervención. No obstante, su permanencia ecológica depende completamente de la correcta ejecución de la siembra y del mantenimiento subsecuente, por lo que no garantiza trayectoria restaurativa autónoma.

R5=2: aporta a sostenibilidad al ordenar la intervención, pero depende de ejecución y mantenimiento.

6.1.3. Siembra a tres bolillos con gremios ecológicos

Esta actividad sí constituye intervención ecológica directa y coherente con principios restaurativos, marcando una diferencia sustantiva respecto a acciones meramente operativas. Sin embargo, la ausencia de referencia cuantificada, umbrales de desempeño y monitoreo funcional robusto limita su clasificación a rehabilitación básica. Su potencial restaurativo es alto, pero su formulación técnica aún no alcanza el nivel requerido para considerarse restauración ecológica robusta dentro del continuo de Gann.

La actividad de siembra a tres bolillos con incorporación de gremios ecológicos obtuvo un puntaje total de 10 puntos, ubicándose en el rango de rehabilitación básica o aporte parcial, pero con una intensidad de intervención significativamente mayor que las acciones preparatorias previamente analizadas. Este resultado refleja que la actividad introduce transformación ecológica directa, aunque aún no alcanza el nivel de restauración técnicamente robusta dentro del continuo.

Tabla 5 Ponderación de criterios en Actividad de rehabilitación 3

Criterio	Valor
R1	1
R2	3
R3	2
R4	2
R5	2
Total	10

Ilustración 4 Dashboards interacción de criterios en Actividad de rehabilitación 3



- **Criterio R1** (Nivel de modificación del ecosistema): se asignó un valor de 1. Aunque la siembra implica incorporación directa de componentes bióticos, el diseño del plan no establece explícitamente una referencia ecológica cuantificada ni define umbrales de recuperación comparativa frente a un ecosistema meta. En este sentido, si bien hay modificación activa, no se configura como transformación estructural integral verificable dentro del marco de estándares restaurativos.

R1=1: Aun siendo clave, se formula como etapa inicial (sin referencia/umbrales).

- **Criterio R2** (Intensidad de intervención ecológica): la actividad obtuvo un valor de 3, dado que constituye una intervención activa sustantiva. La disposición en arreglo a tres bolillos y la incorporación de gremios ecológicos (pioneras, secundarias, facilitadoras) evidencian intención sucesional y planificación ecológica más allá de la simple plantación. Esta intensidad supera claramente las acciones de habilitación o mantenimiento, ya que introduce directamente organismos vivos con potencial de modificar estructura y composición del sistema.

R2=3: intervención activa alta (siembra + arreglo + enfoque ecológico).

- **Criterio R3** (Atributos SER fortalecidos): se asignó un valor de 2, reconociendo que la actividad contribuye al fortalecimiento inicial de atributos como composición y estructura. Sin embargo, la integración de función ecológica y resiliencia no está completamente articulada ni acompañada de indicadores funcionales explícitos, lo que limita su calificación a un fortalecimiento parcial de atributos.

R3=2: fortalece composición/estructura inicial, pero aún no integra completamente función/resiliencia medible (por eso no sube a 3).

- **Criterio R4:** (Evidencia técnica y monitoreo) se otorgó un valor de 2. Aunque la actividad puede contar con seguimiento de supervivencia, crecimiento o densidad, el monitoreo no se formula con umbrales comparativos claros ni con indicadores de

función ecológica o trayectoria hacia referencia definida. Por tanto, el respaldo técnico es adecuado, pero no robusto.

R4=2: hay monitoreo general (supervivencia/crecimiento), pero sin umbrales comparativos explícitos.

- **Criterio R5** (Horizonte temporal y sostenibilidad): la actividad recibió un valor de 2. Si bien la siembra representa el inicio de una trayectoria sucesional, su sostenibilidad depende de mantenimiento, control de competencia y seguimiento adaptativo. La acción por sí sola no garantiza autosuficiencia ecológica ni permanencia a largo plazo sin un esquema de manejo consolidado.

R5=2: horizonte intermedio (establecimiento), pero sostenibilidad depende de mantenimiento y manejo adaptativo.

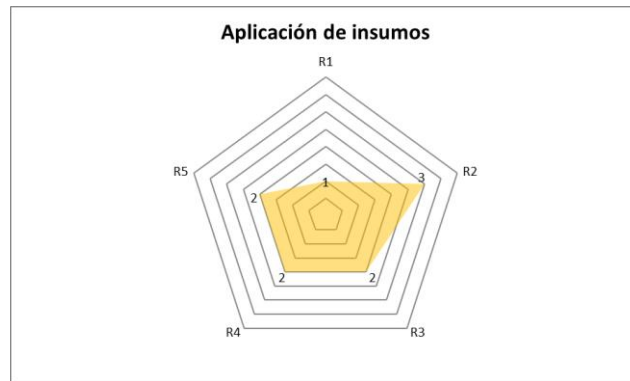
6.1.4. Aplicación de insumos

La actividad de aplicación de insumos —incluyendo abonos, micorrizas, hidrogel u otros acondicionadores— obtuvo un puntaje total de 10 puntos, ubicándose en el rango de rehabilitación básica dentro del continuo restaurativo. Este resultado refleja que, aunque la intervención presenta una intensidad técnica considerable, su aporte ecológico es principalmente instrumental y de soporte, más que transformador en términos estructurales o funcionales del ecosistema. En términos interpretativos, esta actividad cumple una función técnica clave al incrementar la probabilidad de éxito del establecimiento vegetal y reducir riesgos iniciales. Sin embargo, evaluada de manera aislada, no constituye una estrategia restaurativa integral, sino un complemento operativo dentro de un conjunto mayor de intervenciones. Su ubicación en el rango de rehabilitación básica refleja que aporta al proceso restaurativo, pero no define por sí misma una trayectoria ecológica robusta dentro del continuo de Gann.

Tabla 6 Ponderación de criterios en Actividad de rehabilitación 4

Criterio	Valor
R1	1
R2	3
R3	2
R4	2
R5	2
Total	10

Ilustración 5 Dashboards interacción de criterios en Actividad de rehabilitación 4



- **Criterio R1** (Nivel de modificación del ecosistema): se asignó un valor de 1, dado que la aplicación de insumos no modifica directamente la estructura, composición o función ecológica del sistema degradado. Si bien puede mejorar condiciones edáficas y de sitio, su efecto se limita a optimizar el establecimiento de individuos plantados, sin generar por sí misma un cambio ecológico sustantivo en el estado del ecosistema.

R1=1: modifica condiciones puntuales, no la estructura/ecosistema como tal.

- **Criterio R2** (Intensidad de intervención ecológica): la actividad obtuvo un valor de 3, reconociendo que implica intervención activa directa sobre el sitio. La incorporación de micorrizas, fertilizantes o retenedores de humedad constituye un esfuerzo técnico significativo orientado a aumentar la probabilidad de éxito del establecimiento vegetal. No obstante, esta intensidad se concentra en la fase inicial del proceso y no necesariamente implica integración ecológica compleja.

R2=3: es intervención activa intensa (insumos directos al establecimiento).

- **Criterio R3** (Atributos SER fortalecidos): se asignó un valor de 2, dado que la actividad contribuye indirectamente al fortalecimiento de atributos como vigor, supervivencia y crecimiento inicial de las plantas. Sin embargo, no fortalece simultáneamente múltiples dimensiones ecológicas (estructura, función y resiliencia) de manera integrada, ni promueve procesos ecológicos autónomos más allá del establecimiento temprano.

R3=2: aporta a vigor/establecimiento (función indirecta), pero no fortalece múltiples atributos integrados.

- **Criterio R4** (Evidencia técnica y monitoreo): se otorgó un valor de 2, considerando que el uso de insumos puede estar técnicamente justificado y acompañado de seguimiento básico (por ejemplo, tasas de supervivencia o crecimiento). Sin embargo, el monitoreo asociado suele limitarse a variables de desempeño del

establecimiento y no incluye indicadores ecológicos funcionales o umbrales comparativos que permitan evaluar trayectoria restaurativa en sentido amplio.

R4=2: suele monitorearse de forma general, pero no con métricas ecológicas complejas.

- **Criterio R5** (Horizonte temporal y sostenibilidad): la actividad recibió un valor de 2, ya que puede contribuir a la sostenibilidad inicial del establecimiento al reducir mortalidad y estrés hídrico. No obstante, su efecto es de carácter puntual y dependiente del contexto; por sí sola no garantiza consolidación de procesos sucesionales ni autosuficiencia ecológica a largo plazo.

R5=2: efecto puede sostener establecimiento, pero depende de contexto y continuidad.

6.1.5. Mantenimiento

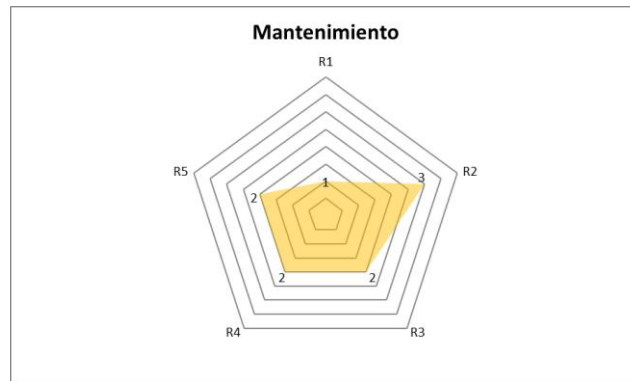
Las actividades de mantenimiento cumplen un rol estratégico fundamental al sostener la trayectoria inicial de la rehabilitación y disminuir el riesgo de fracaso del establecimiento vegetal. No obstante, evaluada de manera independiente, no constituye una acción restaurativa integral ni garantiza por sí sola la recuperación funcional del ecosistema. Su ubicación en el rango de rehabilitación básica refleja su importancia operativa dentro del proceso, pero también evidencia la necesidad de articularla con metas claras de transición hacia autosostenibilidad y fortalecimiento de resiliencia ecológica.

La actividad de mantenimiento obtuvo un puntaje total de 10 puntos, ubicándose dentro del rango de rehabilitación básica en el continuo restaurativo. Este resultado refleja que, aunque no constituye una intervención de transformación ecológica autónoma, desempeña un papel determinante en la consolidación inicial de las acciones de establecimiento y en la reducción del riesgo de fracaso de la rehabilitación.

Tabla 7 Ponderación de criterios en Actividad de rehabilitación 5

Criterio	Valor
R1	1
R2	3
R3	2
R4	2
R5	2
Total	10

Ilustración 6 Dashboards interacción de criterios en Actividad de rehabilitación 5



- **Criterio R1** (Nivel de modificación del ecosistema): se asignó un valor de 1, dado que las acciones de mantenimiento —fertilización, control fitosanitario, reposición de individuos, entre otras— no modifican directamente la estructura ni la composición ecológica del sistema degradado. Su función principal es sostener la intervención previamente realizada, asegurando la supervivencia y estabilidad de los individuos establecidos.

R1=1: no transforma el ecosistema, sostiene la intervención.

- **Criterio R2** (Intensidad de intervención ecológica): la actividad obtuvo un valor de 3, reconociendo el alto esfuerzo operativo y la frecuencia de las acciones requeridas. El mantenimiento implica intervención directa y continua sobre el sistema en formación, lo que representa una intensidad significativa dentro del proceso restaurativo, aun cuando su objetivo sea de soporte más que de transformación.

R2=3: alto esfuerzo operativo, frecuente y directo.

- **Criterio R3** (Atributos SER fortalecidos): se asignó un valor de 2, dado que el mantenimiento contribuye indirectamente a la consolidación de atributos como estructura y composición al asegurar la supervivencia y el crecimiento de las plantas establecidas. Sin embargo, no fortalece de manera directa atributos funcionales complejos ni promueve por sí solo procesos ecológicos autónomos, como la regeneración natural o el restablecimiento de ciclos biogeoquímicos.

R3=2: contribuye a que se consolide estructura/composición, pero sigue siendo soporte.

- **Criterio R4** (Evidencia técnica y monitoreo): la actividad recibió un valor de 2, considerando que el mantenimiento suele estar acompañado de seguimiento operativo (supervivencia, estado fitosanitario, reposición). No obstante, en ausencia de umbrales comparativos o indicadores funcionales asociados a trayectoria

ecológica, el monitoreo se mantiene en un nivel descriptivo y no plenamente evaluativo.

R4=2: monitoreo suele ser operativo; sin umbrales, se mantiene en 2.

- **Criterio R5** (Horizonte temporal y sostenibilidad): se asignó un valor de 2. El mantenimiento aporta a la permanencia inicial de la intervención, reduciendo mortalidad y aumentando la probabilidad de consolidación estructural. Sin embargo, su efectividad depende de la duración del acompañamiento y de la transición progresiva hacia condiciones de autosostenibilidad ecológica. Si no se articula con manejo adaptativo y metas de funcionalidad, puede convertirse en un soporte recurrente sin consolidación de resiliencia.

R5=2: aporta permanencia, aunque depende de duración y transición a autosostenibilidad.

Un aspecto relevante del análisis es que las actividades de siembra, aplicación de insumos y mantenimiento obtuvieron el mismo puntaje total dentro de la matriz multicriterio. Esta convergencia no debe interpretarse como equivalencia funcional entre las acciones, sino como el resultado lógico de la estructura del modelo aditivo simple no ponderado adoptado. Bajo los criterios definidos, las tres actividades comparten un patrón similar: presentan alta intensidad operativa (R2), fortalecen parcialmente atributos ecológicos (R3) y cuentan con seguimiento técnico general (R4), pero no establecen referencia ecológica explícita ni umbrales comparativos que permitan evidenciar transformación estructural robusta (R1), ni consolidación plena de autosostenibilidad a largo plazo (R5).

En este sentido, la igualdad en el puntaje total refleja que, aunque las actividades difieren en su naturaleza operativa, su nivel de coherencia restaurativa estructural es comparable bajo los parámetros evaluados. La matriz no mide importancia operativa, sino grado de transformación ecológica verificable y trazabilidad técnica. Por ello, el resultado pone en evidencia que el conjunto de intervenciones activas del PCCB se formula principalmente como un sistema integrado de acciones complementarias, donde ninguna actividad por sí sola alcanza un nivel de restauración estructural robusta, pero en conjunto construyen la trayectoria rehabilitadora.

6.1.6. Cerramiento perimetral en áreas de rehabilitación

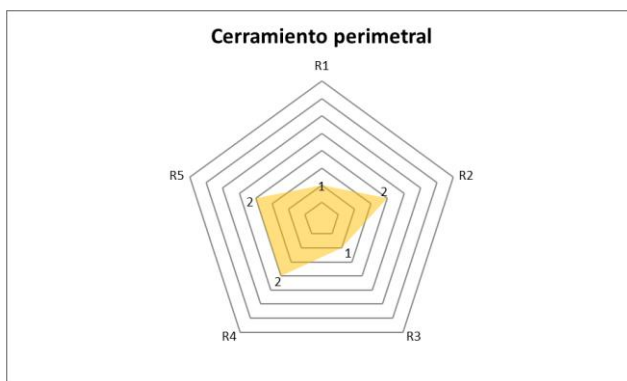
El cerramiento perimetral cumple una función clave como condición habilitante dentro del proceso de rehabilitación, al reducir tensionantes y estabilizar el entorno de intervención. No obstante, evaluado de manera independiente, no constituye una acción restaurativa propiamente dicha ni permite inferir recuperación estructural o funcional del ecosistema. Su aporte es indirecto y complementario, lo que explica su ubicación en el nivel de minimización dentro del continuo restaurativo.

La actividad de cerramiento perimetral en áreas destinadas a rehabilitación obtuvo un puntaje total de 8 puntos, ubicándose dentro del rango de minimización o aporte incipiente en el continuo restaurativo. Este resultado refleja que, si bien la acción cumple una función estratégica relevante dentro del esquema de intervención, su contribución es principalmente habilitante y no transformadora en términos ecológicos.

Tabla 8 Ponderación de criterios en Actividad de rehabilitación 6

Criterio	Valor
R1	1
R2	2
R3	1
R4	2
R5	2
Total	8

Ilustración 7 Dashboards interacción de criterios en Actividad de rehabilitación 6



- **Criterio R1** (Nivel de modificación del ecosistema): se asignó un valor de 1, dado que el cerramiento no genera cambios directos en la composición, estructura o función ecológica del sistema degradado. Su objetivo principal es reducir o eliminar presiones antrópicas —como ingreso de ganado, pisoteo o extracción—, pero no induce por sí mismo procesos de recuperación ecológica.

R1=1: no restaura, reduce presión.

- **Criterio R2** (Intensidad de intervención ecológica): la actividad obtuvo un valor de 2. La instalación de cercas implica intervención física y esfuerzo operativo moderado; sin embargo, esta acción no constituye intervención ecológica activa sobre el sistema biótico. Su intensidad se concentra en el control del entorno y no en la incorporación o manejo directo de componentes ecológicos.

R2=2: intervención moderada (instalación), no ecológica directa.

- **Criterio R3** (Atributos SER fortalecidos): se asignó un valor de 1, considerando que los atributos ecológicos pueden beneficiarse indirectamente al reducirse las perturbaciones. No obstante, el cerramiento no fortalece activamente composición, estructura, función o resiliencia, sino que simplemente crea condiciones para que otras intervenciones puedan desarrollarse con menor interferencia.

R3=1: atributos se benefician indirectamente, pero no se “fortalecen” por acción ecológica.

- **Criterio R4** (Evidencia técnica y monitoreo): se otorgó un valor de 2, ya que la actividad es fácilmente verificable en términos de ejecución (existencia física de la cerca, delimitación del área). Sin embargo, esta verificación no implica monitoreo ecológico asociado ni seguimiento de atributos que permitan evaluar trayectoria restaurativa.

R4=2: verificable como acción, pero no implica monitoreo ecológico fuerte.

- **Criterio R5** (Horizonte temporal y sostenibilidad): se asignó un valor de 2, dado que el cerramiento puede sostener condiciones favorables para la rehabilitación siempre que permanezca en el tiempo y sea mantenido adecuadamente. Sin embargo, su permanencia depende de gestión continua y no garantiza por sí sola transición hacia autosostenibilidad ecológica.

R5=2: puede sostener condiciones en el tiempo si permanece.

6.1.7. Implementación de nucleación ecológica

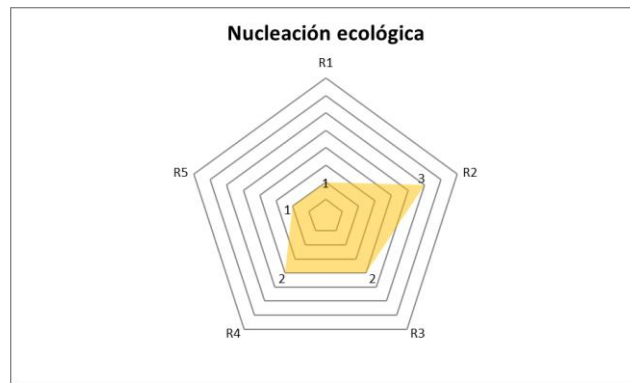
La implementación de nucleación ecológica cumple con la activación de procesos sucesionales y representa una intervención con alto potencial restaurativo. Sin embargo, la ausencia de referencia ecológica explícita, indicadores funcionales robustos y horizonte temporal consolidado limita su clasificación a rehabilitación básica dentro del continuo. Este resultado no disminuye su valor ecológico, sino que evidencia la necesidad de fortalecer su formulación técnica para alcanzar un nivel de restauración estructural más robusto.

La actividad de implementación de nucleación ecológica obtuvo un puntaje total de 9 puntos, ubicándose dentro del rango de rehabilitación básica en el continuo restaurativo. Este resultado refleja una tensión metodológica interesante: aunque la nucleación es una estrategia ecológicamente potente por su capacidad de activar procesos sucesionales y facilitar la regeneración natural, su formulación en el PCCB no incorpora elementos suficientes de trazabilidad orientados a una referencia ecológica explícita ni criterios robustos de evaluación de desempeño, lo que limita su clasificación dentro de la escala.

Tabla 9 Ponderación de criterios en Actividad de rehabilitación 7

Criterio	Valor
R1	1
R2	3
R3	2
R4	2
R5	1
Total	9

Ilustración 8 Dashboards interacción de criterios en Actividad de rehabilitación 7



- **Criterio R1** (Nivel de modificación del ecosistema): se asignó un valor de 1. Si bien la nucleación introduce estructuras vegetales estratégicamente distribuidas que pueden modificar gradualmente condiciones de sitio y promover sucesión secundaria, la actividad no se formula con referencia explícita a un ecosistema meta ni con umbrales comparativos que permitan evidenciar transformación estructural verificable. En consecuencia, desde la lógica metodológica de la matriz, no alcanza un nivel superior de modificación estructural demostrable.

R1=1: Se mantiene bajo por ausencia de referencia/umbrales (aunque ecológicamente es potente).

- **Criterio R2** (Intensidad de intervención ecológica): la actividad obtuvo un valor de 3, reconociendo que la nucleación implica una intervención activa significativa. El diseño de núcleos, la selección estratégica de especies facilitadoras y la organización espacial orientada a promover colonización natural constituyen una aproximación ecológica intencionada y técnicamente estructurada. Este nivel de intervención supera claramente las acciones de soporte y evidencia intención sucesional.

R2=3: intervención activa alta (diseño de núcleos, enfoque sucesional).

- **Criterio R3** (Atributos SER fortalecidos): se asignó un valor de 2, dado que la nucleación fortalece de manera inicial atributos como estructura y composición, al

introducir parches vegetales que pueden actuar como focos de dispersión y microhábitats. No obstante, la integración explícita de función ecológica, resiliencia y conectividad no se encuentra formulada con indicadores verificables, por lo que su fortalecimiento se interpreta como parcial e implícito.

R3=2: fortalece estructura/composición inicial, pero la función/resiliencia queda implícita.

- **Criterio R4** (Evidencia técnica y monitoreo): la actividad recibió un valor de 2. Aunque es probable que exista seguimiento del establecimiento y crecimiento de los núcleos, el monitoreo no se articula con umbrales comparativos ni con indicadores funcionales que permitan evaluar trayectoria ecológica hacia estados intermedios o avanzados del continuo restaurativo.

R4=2: seguimiento probable, pero sin comparativos/umbrales explícitos.

- **Criterio R5** (Horizonte temporal y sostenibilidad): se asignó un valor de 1, dado que la actividad no explicita un horizonte de largo plazo ni un esquema de manejo adaptativo que garantice consolidación sucesional sostenida. La nucleación tiene potencial de generar efectos acumulativos en el tiempo, pero sin proyección temporal claramente definida, su permanencia y transición hacia autosostenibilidad quedan condicionadas.

R5=1: menos sólida en permanencia (si no se especifica horizonte largo/manejo adaptativo).

6.1.8. Parcelas de monitoreo en áreas de rehabilitación

Las parcelas de monitoreo cumplen una función fundamental al garantizar transparencia, trazabilidad y evaluación técnica del proceso de rehabilitación. Sin embargo, evaluadas de manera independiente, no constituyen una acción restaurativa ni generan recuperación ecológica directa. Su ubicación en el rango de minimización responde a su carácter instrumental dentro del proceso, evidenciando que la restauración ecológica requiere no solo intervención, sino también evaluación, aunque ambas dimensiones operen en planos distintos dentro del continuo restaurativo.

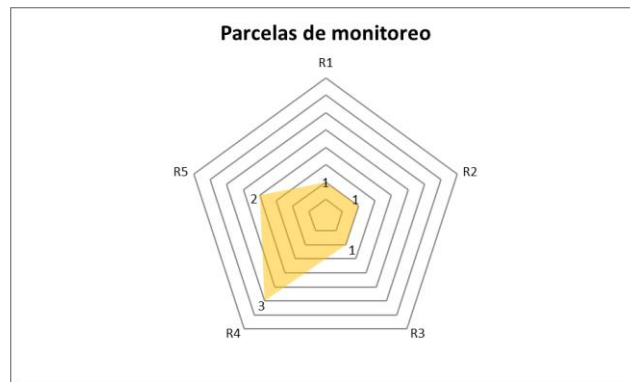
La actividad de establecimiento de parcelas de monitoreo en áreas de rehabilitación obtuvo un puntaje total de 8 puntos, ubicándose dentro del rango de minimización o aporte incipiente en el continuo restaurativo. Este resultado no debe interpretarse como baja importancia estratégica, sino como consecuencia directa de la naturaleza evaluativa de la actividad, cuya función principal no es transformar el ecosistema, sino medir y verificar los efectos de las intervenciones implementadas.

Tabla 10 Ponderación de criterios en Actividad de rehabilitación 8

Criterio	Valor
R1	1

Criterio	Valor
R2	1
R3	1
R4	3
R5	2
Total	8

Ilustración 9 Dashboards interacción de criterios en Actividad de rehabilitación 8



- **Criterio R1** (Nivel de modificación del ecosistema): se asignó un valor de 1, dado que el monitoreo no genera cambios directos en la composición, estructura o función ecológica del sistema. Su propósito es de seguimiento y observación, por lo que no induce transformación ecológica.

R1=1: el monitoreo no modifica el ecosistema.

- **Criterio R2** (Intensidad de intervención ecológica): la actividad obtuvo igualmente un valor de 1, ya que no constituye una intervención activa de restauración. Aunque implica instalación de parcelas, medición de variables y seguimiento técnico, estas acciones no modifican el estado ecológico del área intervenida.

R2=1: no es intervención activa de restauración, es seguimiento.

- **Criterio R3** (Atributos SER fortalecidos): se asignó un valor de 1, considerando que el monitoreo no fortalece directamente atributos ecológicos; más bien, los cuantifica y documenta. Su aporte es epistemológico y metodológico, no ecológico en sentido estructural o funcional.

R3=1: no fortalece atributos; los mide.

- **Criterio R4** (Evidencia técnica y monitoreo): se otorgó un valor de 3, constituyendo el componente más sólido de la actividad. Las parcelas de monitoreo permiten definir variables medibles, periodicidad de evaluación y métodos replicables, lo que fortalece significativamente la trazabilidad del proceso

restaurativo. En este sentido, esta actividad es el eje central de la verificabilidad y la evaluación objetiva del desempeño de la rehabilitación.

R4=3: aquí sí sube porque es el corazón de la verificabilidad (variables, periodicidad, método).

- **Criterio R5** (Horizonte temporal y sostenibilidad): se asignó un valor de 2, reconociendo que el monitoreo, si se mantiene en el tiempo, puede contribuir a la sostenibilidad del proceso mediante la retroalimentación para manejo adaptativo. No obstante, su efectividad depende de continuidad institucional y de la utilización real de la información generada para ajustar decisiones.

R5=2: si se mantiene en el tiempo, contribuye a sostenibilidad vía manejo adaptativo, pero depende de continuidad.

La ponderación obtenida en las diferentes actividades formuladas y que hacen parte de la estrategia de rehabilitación formulada, evidencia que, si bien el PCCB contempla acciones operativas de intervención y seguimiento, no se identificaron de manera explícita elementos estructurales clave para el desarrollo integral de procesos de conservación y rehabilitación ecológica.

Aspectos como la definición de un ecosistema de referencia cuantificado, la incorporación de indicadores funcionales que permitan demostrar recuperación ecológica más allá de variables estructurales básicas, la formulación de esquemas de monitoreo de largo plazo con manejo adaptativo y la integración explícita de componentes de gobernanza social no se encuentran desarrollados con suficiente profundidad en el documento evaluado.

Esta ausencia se reflejó directamente en la ponderación asignada a criterios como horizonte temporal, evidencia técnica y adicionalidad, donde ninguna actividad alcanzó niveles máximos de robustez.

Lo anterior no implica que las estrategias carezcan de valor técnico, sino que su formulación se concentra principalmente en fases iniciales de establecimiento y control, sin incorporar plenamente los elementos sistémicos que permitirían demostrar funcionalidad ecológica, resiliencia y sostenibilidad a escala de paisaje. En consecuencia, la matriz permitió evidenciar que la consolidación de procesos de conservación y rehabilitación requiere no solo intervención física, sino también marcos de referencia ecológica, indicadores verificables de función y mecanismos de gobernanza que aseguren permanencia y coherencia a largo plazo.

6.2. Análisis de resultados: Estrategia de Rehabilitación

6.2.1. Preservación asistida de bosques naturales

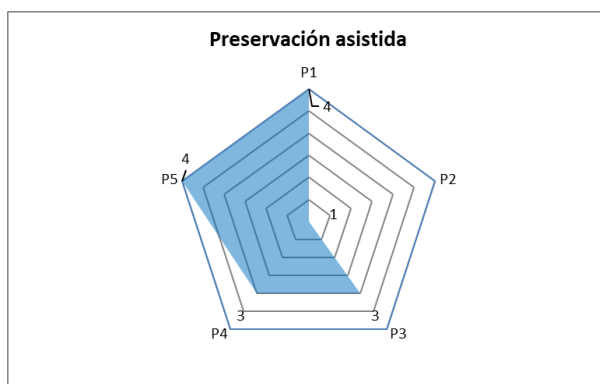
La preservación asistida de bosques naturales cumple de manera sólida con el objetivo de mantener integridad ecológica y asegurar permanencia en el tiempo. No obstante, la matriz evidencia que para alcanzar un nivel máximo de robustez sería necesario fortalecer la formalización de los mecanismos

de protección y consolidar la demostración de adicionalidad mediante instrumentos verificables y escenarios contrafactuales explícitos. El puntaje obtenido refleja una estrategia técnicamente coherente, pero aún susceptible de mayor estructuración institucional y metodológica. La estrategia de preservación asistida de bosques naturales obtuvo un puntaje total de 15 puntos, ubicándose en el rango de preservación asistida con alto nivel de coherencia estructural dentro del continuo restaurativo.

Tabla 11 Ponderación de criterios en Actividad de preservación 1

Criterio	Valor
P1	4
P2	1
P3	3
P4	3
P5	4
Total	15

Ilustración 10 Dashboards interacción de criterios en Actividad de preservación 1



- **Criterio P1** (Nivel de protección frente a tensionantes): se asignó un valor de 4, dado que la estrategia evidencia una alta capacidad para reducir presiones antrópicas y sostener la integridad ecológica de los bosques naturales. La preservación asistida implica limitar disturbios, controlar acceso o establecer acuerdos que disminuyen riesgos de degradación, lo que contribuye directamente a la estabilidad estructural del ecosistema existente.

P1=4: alta capacidad de reducir presión y sostener integridad.

- **Criterio P2** (Intensidad de las acciones de preservación): se otorgó un valor de 1. Aunque la intención de conservación es clara, el instrumento descrito en el PCCB no detalla mecanismos suficientemente robustos o formalizados que garanticen control efectivo y sostenido. La ausencia de instrumentos contractuales explícitos, esquemas de cumplimiento verificable o mecanismos de seguimiento detallados limita la intensidad institucional de la intervención.

P2=1: el instrumento se considera poco intensivo/insuficientemente robusto (sin mecanismos fuertes especificados).

- **Criterio P3** (Atributos SER mantenidos): se asignó un valor de 3, reconociendo que la preservación asistida contribuye de manera significativa al mantenimiento de atributos de composición, estructura y función ecológica propios del bosque natural. Al reducir disturbios, la estrategia favorece la continuidad de procesos ecológicos ya establecidos, aunque no se explicitan indicadores funcionales comparativos que permitan elevar el puntaje al nivel máximo.

P3=3: mantiene bien atributos SER (estructura/composición/función del bosque existente).

- **Criterio P4** (Evidencia de adicionalidad ecosistémica): la actividad obtuvo un valor de 3, dado que existe evidencia razonable de que la conservación se relaciona con la intervención del proyecto. Sin embargo, no se desarrolla de manera explícita un escenario contrafactual detallado ni mecanismos de condicionalidad plenamente formalizados que permitan afirmar adicionalidad máxima. La conservación parece fortalecida por la estrategia, pero no completamente blindada desde el punto de vista instrumental.

P4=3: hay evidencia razonable de adicionalidad, pero no máxima (no todo está blindado con contrafactual/condicionalidad fuerte).

- **Criterio P5:** (Horizonte temporal de la preservación) se asignó un valor de 4, considerando que la estrategia proyecta permanencia a largo plazo y se orienta a mantener integridad ecológica sostenida en el tiempo. Este componente otorga solidez estructural al enfoque de preservación, ya que la estabilidad temporal es un elemento central en procesos de conservación.

P5=4: horizonte alto (se proyecta permanencia).

Este resultado refleja que la actividad presenta una formulación sólida en términos de protección y permanencia, aunque aún existen aspectos susceptibles de fortalecimiento en relación con la robustez instrumental y la demostración plena de adicionalidad.

En particular, sería necesario consolidar instrumentos contractuales vinculantes, mecanismos de seguimiento verificable y esquemas de condicionalidad explícita que permitan asegurar permanencia jurídica y operativa de la protección. Asimismo, la incorporación de indicadores ecológicos funcionales comparativos permitiría fortalecer la evidencia de adicionalidad ecosistémica y elevar el nivel de coherencia estructural de la estrategia dentro del continuo restaurativo.

6.2.2. PSA como incentivo para conservación

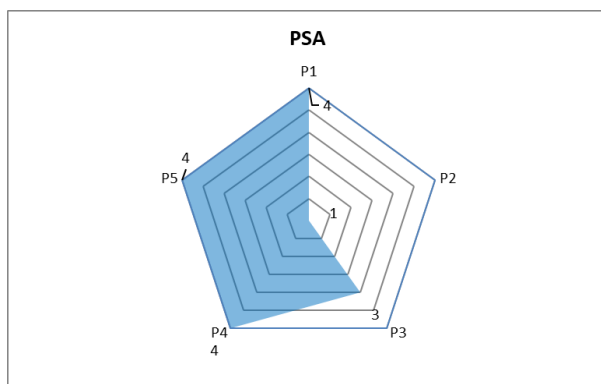
El esquema de Pago por Servicios Ambientales (PSA), constituye una estrategia de conservación con fuerte evidencia de adicionalidad y permanencia, posicionándose como uno de los instrumentos más estructuralmente coherentes del bloque de preservación. No obstante, la matriz evidencia que su robustez podría fortalecerse mediante mayor formalización operativa, mecanismos de verificación más estructurados y esquemas de control complementarios que refuercen su intensidad institucional. Así, el PSA destaca por su capacidad de demostrar conservación condicionada, aunque su efectividad final depende de la solidez de su implementación y seguimiento.

La implementación de PSA como mecanismo de incentivo para la conservación obtuvo un puntaje total de 16 puntos, ubicándose en el rango superior del bloque de preservación asistida dentro del continuo restaurativo. Este resultado refleja una estrategia estructuralmente sólida, particularmente en términos de reducción de presiones, adicionalidad y horizonte temporal, aunque con oportunidades de fortalecimiento en la intensidad operativa del instrumento.

Tabla 12 Ponderación de criterios en Actividad de preservación 2

Criterio	Valor
P1	4
P2	1
P3	3
P4	4
P5	4
Total	16

Ilustración 11 Dashboards interacción de criterios en Actividad de preservación 2



- **Criterio P1** (Nivel de protección frente a tensionantes): se asignó un valor de 4, dado que el PSA introduce un incentivo condicionado que reduce de manera directa la probabilidad de degradación. Al vincular la conservación al cumplimiento de compromisos explícitos, el mecanismo contribuye significativamente a la reducción de presiones antrópicas y a la estabilidad del ecosistema protegido.

P1=4: alta reducción de tensionantes por incentivo condicionado.

- **Criterio P2** (Intensidad de las acciones de preservación): la actividad recibió un valor de 1. Aunque el PSA es conceptualmente potente, su intensidad operativa depende principalmente de acuerdos, gestión administrativa y cumplimiento voluntario condicionado, más que de mecanismos de control físico o coercitivo directo. En la matriz, este criterio evalúa robustez instrumental y nivel de intervención estructural, por lo que la dependencia de la gestión contractual limita su calificación en esta dimensión.

P2=1: tu matriz lo lee como baja “intensidad” del mecanismo (posiblemente por depender de acuerdos/gestión más que control fuerte).

- **Criterio P3** (Atributos SER mantenidos): se asignó un valor de 3, reconociendo que el PSA contribuye de manera significativa al mantenimiento de atributos de composición, estructura y función del ecosistema existente. Al evitar la transformación del uso del suelo y sostener coberturas naturales, el mecanismo favorece la continuidad de procesos ecológicos. Sin embargo, la ausencia de indicadores funcionales comparativos explícitos impide alcanzar el nivel máximo.

P3=3: mantiene atributos ecológicos (conserva integridad existente).

- **Criterio P4** (Evidencia de adicionalidad ecosistémica): se otorgó un valor de 4, constituyendo el componente más fuerte de la estrategia. El PSA es, por definición, un instrumento basado en condicionalidad: el incentivo económico se otorga únicamente si se mantiene la conservación. Este esquema incorpora implícitamente un escenario contrafactual (la posible degradación en ausencia del pago), lo que fortalece de manera clara la demostración de adicionalidad. Desde la lógica del análisis, este es el punto de mayor robustez metodológica del bloque de preservación.

P4=4: aquí es máxima: PSA es el mecanismo típico de adicionalidad (condicionalidad + contrafactual implícito).

- **Criterio P5** (Horizonte temporal de la preservación): se asignó un valor de 4, considerando que el mecanismo proyecta permanencia en el tiempo mediante acuerdos sostenidos y continuidad de incentivos. La estabilidad temporal es un elemento estructural del PSA, lo que le otorga solidez dentro del continuo restaurativo.

El horizonte alto corresponde al diseño proyectado; no obstante, su sostenibilidad efectiva dependerá de la continuidad del instrumento.

P5=4: horizonte temporal alto.

6.2.3. Cerramiento selectivo en predios de preservación

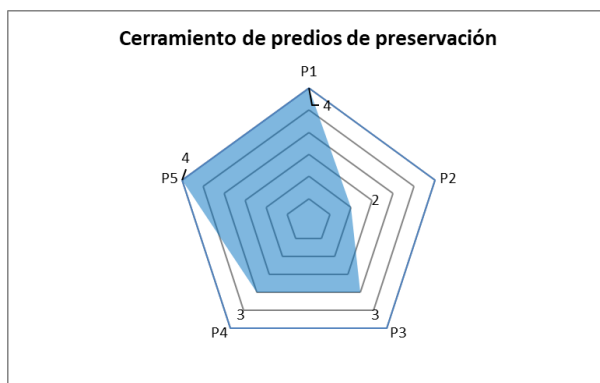
El cerramiento selectivo constituye una estrategia de preservación con alta coherencia estructural, particularmente en la reducción directa de tensionantes y en la proyección de permanencia. No obstante, su consolidación como instrumento plenamente robusto requeriría mayor integración con mecanismos formales de gestión y con evidencia más explícita de adicionalidad. Su ubicación en el rango alto del continuo refleja una acción protectora sólida, aunque susceptible de fortalecimiento institucional y metodológico.

La actividad de cerramiento selectivo en predios destinados a preservación obtuvo un puntaje total de 16 puntos, ubicándose en el rango alto de preservación asistida dentro del continuo restaurativo. Este resultado evidencia una estrategia con elevada capacidad de protección y permanencia, aunque con oportunidades de fortalecimiento en la demostración plena de adicionalidad y en la integración de instrumentos complementarios de gestión.

Tabla 13 Ponderación de criterios en Actividad de preservación 3

Criterio	Valor
P1	4
P2	2
P3	3
P4	3
P5	4
Total	16

Ilustración 12 Dashboards interacción de criterios en Actividad de preservación 3



- **Criterio P1** (Nivel de protección frente a tensionantes): se asignó un valor de 4, dado que el cerramiento selectivo reduce de manera directa presiones antrópicas como ganadería, acceso no controlado, extracción de recursos o pisoteo. Al establecer una barrera física, la intervención actúa de forma concreta sobre los factores de degradación, favoreciendo la estabilidad estructural del ecosistema existente.

P1=4: reduce presión (ganadería, acceso, extracción).

- **Criterio P2** (Intensidad de las acciones de preservación): se otorgó un valor de 2. A diferencia de mecanismos puramente contractuales o administrativos, el cerramiento constituye una acción física tangible de control, lo que le otorga mayor robustez operativa. No obstante, su intensidad no alcanza el nivel máximo debido a que su efectividad depende de mantenimiento continuo y no necesariamente se acompaña de instrumentos jurídicos o institucionales complementarios que refuercen su permanencia.

P2=2: más robusto que 1 porque es acción física concreta de control.

- **Criterio P3** (Atributos SER mantenidos): se asignó un valor de 3, reconociendo que la disminución de disturbios contribuye al mantenimiento de la composición, estructura y función ecológica del ecosistema conservado. Al reducir la presión externa, el cerramiento favorece la continuidad de procesos ecológicos ya establecidos. Sin embargo, la ausencia de indicadores funcionales explícitos o de referencia comparativa limita su clasificación al nivel máximo.

P3=3: sostiene atributos del ecosistema al disminuir disturbio.

- **Criterio P4** (Evidencia de adicionalidad ecosistémica): la actividad obtuvo un valor de 3. Existe evidencia razonable de que el cerramiento contribuye a la conservación al mitigar riesgos identificados, pero la adicionalidad depende de la demostración explícita de que, sin esta intervención, el área estaría efectivamente expuesta a degradación. En ausencia de escenarios contrafactuales detallados o mecanismos de condicionalidad formalizados, la adicionalidad se considera sólida pero no máxima.

P4=3: adicionalidad razonable (depende de evidencia de riesgo previo y del cumplimiento).

- **Criterio P5** (Horizonte temporal de la preservación): se asignó un valor de 4, considerando que el cerramiento, si es mantenido adecuadamente, puede sostener condiciones de protección a largo plazo. Su efecto no es transitorio, sino estructural, en la medida en que permanezca operativo y se garantice su mantenimiento.

P5=4: permanencia alta condicionada al sostenimiento del cerramiento.

6.2.4. Monitoreo de atributos de biodiversidad en áreas preservadas

El monitoreo de biodiversidad cumple una función esencial de trazabilidad ecológica y soporte técnico dentro del esquema de preservación. No obstante, evaluado de manera independiente, no constituye un mecanismo de protección efectiva ni de control de tensionantes. Su aporte es instrumental y estratégico, apoyando la toma de decisiones y la gestión adaptativa, pero requiere

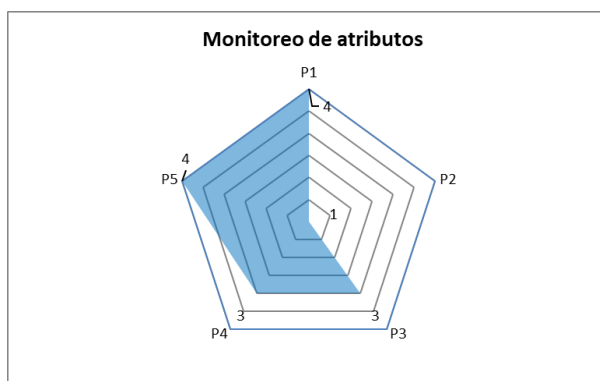
complementarse con instrumentos como PSA, acuerdos formales o cerramientos para garantizar protección estructural.

La actividad de monitoreo de atributos de biodiversidad en áreas preservadas obtuvo un puntaje total de 15 puntos, ubicándose en el rango de preservación asistida con alta coherencia estructural dentro del continuo restaurativo. Este resultado refleja que, aunque el monitoreo no constituye un mecanismo directo de protección, desempeña un papel fundamental en la trazabilidad ecológica, la detección temprana de cambios y el soporte a la toma de decisiones adaptativas.

Tabla 14 Ponderación de criterios en Actividad de preservación 4

Criterio	Valor
P1	4
P2	1
P3	3
P4	3
P5	4
Total	15

Ilustración 13 Dashboards interacción de criterios en Actividad de preservación 4



- **Criterio P1** (Nivel de protección frente a tensionantes): se asignó un valor de 4. Este valor no deriva del monitoreo como acción protectora en sí misma, sino del marco estratégico en el que se inscribe: el monitoreo se implementa en áreas cuya intención explícita es la conservación y cuyo diseño contempla reducción de presiones. En este sentido, el criterio hereda la orientación protectora del bloque estratégico, aunque el monitoreo no reduzca directamente los tensionantes.

P1=4: se asume protección alta del área (aunque monitoreo no protege por sí mismo; aquí P1 establece mecanismos de monitoreo de la intención estratégica).
- **Criterio P2** (Intensidad de las acciones de preservación): se otorgó un valor de 1, dado que el monitoreo no constituye una intervención física o institucional de control directo sobre el área. Su naturaleza es técnica y evaluativa, por lo que no alcanza niveles altos de intensidad operativa en términos de protección estructural.

P2=1: baja intensidad porque monitoreo no es instrumento de protección directo.

- **Criterio P3** (Atributos SER mantenidos): se asignó un valor de 3. El monitoreo permite evaluar la integridad de la composición, estructura y función del ecosistema, lo que contribuye indirectamente al mantenimiento de estos atributos al facilitar la identificación de cambios y la adopción de medidas correctivas. Aunque no fortalece atributos por acción directa, sí apoya su conservación mediante seguimiento sistemático.

P3=3: permite mantener atributos al detectar cambios y apoyar gestión.

- **Criterio P4** (Evidencia de adicionalidad ecosistémica): la actividad obtuvo un valor de 3. El monitoreo contribuye a sostener la conservación al generar información que respalda la gestión adaptativa; sin embargo, por sí solo no garantiza que la conservación ocurra exclusivamente gracias al proyecto. La adicionalidad es razonable en la medida en que el monitoreo respalde decisiones correctivas, pero no alcanza el nivel máximo al no constituir un mecanismo condicionado o contractual de conservación.

P4=3: adicionalidad razonable, el monitoreo ayuda a sostener y hacer seguimiento a las estrategias implementadas para la conservación, pero no garantiza por sí solo que ocurra.

- **Criterio P5** (Horizonte temporal de la preservación): se asignó un valor de 4, considerando que el monitoreo, si se mantiene de forma continua, contribuye significativamente a la permanencia de la estrategia. La información generada a lo largo del tiempo permite evaluar tendencias, anticipar riesgos y ajustar acciones, fortaleciendo la sostenibilidad del sistema protegido.

P5=4: alto horizonte si el monitoreo se sostiene.

6.2.5. Educación, capacitación y acompañamiento técnico

En términos interpretativos, la educación, capacitación y acompañamiento técnico constituyen un soporte social clave para la permanencia de las áreas preservadas, al fortalecer la gobernanza y reducir presiones desde el ámbito comunitario. No obstante, evaluada de manera independiente, esta estrategia no garantiza protección estructural ni adicionalidad plena, ya que carece de formalización contractual o condicionalidad explícita. Su aporte es fundamental como componente complementario dentro del sistema de preservación, pero requiere articularse con instrumentos más robustos para consolidar resultados ecológicos verificables.

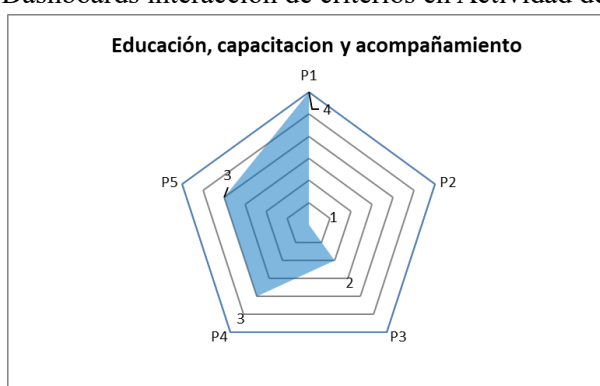
La actividad de educación, capacitación y acompañamiento técnico obtuvo un puntaje total de 13 puntos, ubicándose en el rango de preservación asistida con desempeño técnicamente sólido, aunque no en el nivel máximo de robustez estructural. Este resultado refleja que la estrategia contribuye significativamente al fortalecimiento de la gobernanza y a la reducción de presiones

antrópicas a través del cambio de comportamiento y apropiación social, pero carece de mecanismos formales que garanticen condicionalidad o cumplimiento verificable.

Tabla 15 Ponderación de criterios en Actividad de preservación 5

Criterio	Valor
P1	4
P2	1
P3	2
P4	3
P5	3
Total	13

Ilustración 14 Dashboards interacción de criterios en Actividad de preservación 5



- **Criterio P1** (Nivel de protección frente a tensionantes): se asignó un valor de 4, reconociendo que la educación ambiental y el acompañamiento técnico pueden reducir presiones sobre los ecosistemas al modificar prácticas productivas, mejorar la gestión del territorio y fortalecer la conciencia sobre el valor de la conservación. En este sentido, la reducción de tensionantes ocurre a través de transformación social y cultural, lo que constituye una dimensión estructural de protección.

P1=4: enfoque de protección fuerte por reducción de presiones vía gobernanza.

- **Criterio P2** (Intensidad de las acciones de preservación): se otorgó un valor de 1, dado que la intervención es de carácter “blando” o no coercitivo. Aunque puede tener impacto significativo en el largo plazo, no constituye un instrumento contractual, jurídico o físico de control directo. Su efectividad depende de la voluntad y apropiación de los actores involucrados.

P2=1: baja intensidad: es acción “blanda” (no contractual/estructural por sí sola).

- **Criterio P3** (Atributos SER mantenidos): se asignó un valor de 2, considerando que la capacitación puede contribuir indirectamente al mantenimiento de composición, estructura y función ecológica al promover prácticas más sostenibles.

Sin embargo, esta contribución es mediada por comportamiento humano y no implica control directo sobre el sistema ecológico, lo que limita su puntuación.

P3=2: mantiene atributos de forma parcial e indirecta (mejora prácticas, pero no controla el sistema).

- **Criterio P4** (Evidencia de adicionalidad ecosistémica): la actividad obtuvo un valor de 3. La intervención puede generar cambios de conducta atribuibles al proyecto, lo que aporta adicionalidad razonable. No obstante, la demostración plena de que la conservación ocurre exclusivamente gracias a esta estrategia resulta compleja en ausencia de condicionalidad explícita o mecanismos verificables que vinculen directamente el acompañamiento con resultados ecológicos medibles.

P4=3: adicionalidad razonable (cambia comportamiento), pero difícil de demostrar plenamente sin condicionalidad/instrumentos.

- **Criterio P5** (Horizonte temporal de la preservación): se asignó un valor de 3, dado que la educación y el fortalecimiento de capacidades pueden generar impactos de mediano y largo plazo si se logra apropiación social. Sin embargo, la permanencia depende de continuidad institucional y refuerzo constante; en ausencia de seguimiento sostenido, los efectos pueden diluirse con el tiempo.

P5=3: horizonte medio-alto, pero depende de continuidad y apropiación.

Si bien algunas actividades del bloque de preservación alcanzaron puntajes altos en criterios como adicionalidad o reducción de tensionantes, el análisis integral evidencia debilidades en la sostenibilidad estructural del sistema en su conjunto. En particular, la duración limitada de instrumentos como el PSA, la ausencia de mecanismos jurídicos vinculantes en acuerdos de conservación y la falta de articulación explícita hacia esquemas de permanencia posterior generan un riesgo potencial de reversión de presiones una vez finalicen los incentivos o el acompañamiento técnico. Asimismo, el monitoreo de corto plazo limita la capacidad de verificar estabilidad ecológica sostenida en el tiempo.

Estas condiciones no invalidan la coherencia metodológica de los instrumentos evaluados, pero sí evidencian la necesidad de fortalecer la transición hacia esquemas de gobernanza y sostenibilidad a largo plazo que aseguren que los tensionantes no se reintroduzcan en las áreas preservadas.

7. Ubicación de las estrategias formuladas en el PCCB en el continuo restaurativo de Gann et al. 2019

Una vez asignados los puntajes individuales a cada actividad mediante la matriz multicriterio, se procedió a realizar un análisis agregado por estrategia, con el fin de establecer su posición relativa dentro del continuo restaurativo propuesto por Gann et al. (2019). Este continuo conceptualiza la restauración como un gradiente progresivo que va desde coberturas altamente degradadas, asociadas

a reducción de impactos y remediación, hasta estados de mayor integridad ecológica, propios de la restauración ecológica plena y ecosistemas maduros.

Para la estrategia de rehabilitación, se calculó el promedio aritmético de los puntajes totales obtenidos por cada una de las actividades que la componen. Este promedio no constituye un análisis estadístico inferencial, sino un indicador sintético de tendencia estructural que permite representar el nivel de coherencia restaurativa del conjunto de acciones formuladas. La elección del promedio como medida agregada es coherente con el modelo aditivo simple no ponderado adoptado, donde cada criterio tiene igual peso estructural y cada actividad contribuye de manera equivalente a la configuración de la estrategia.

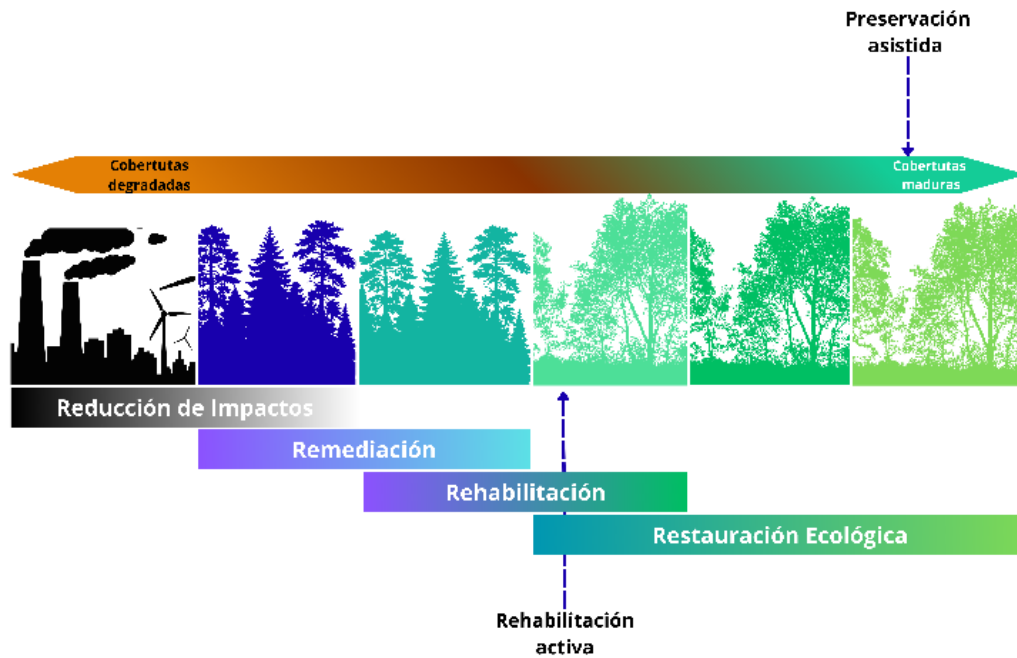
El valor promedio obtenido para rehabilitación permitió ubicar esta estrategia en una posición intermedia dentro del continuo, específicamente en el rango correspondiente a rehabilitación activa. El valor promedio obtenido para la estrategia de rehabilitación (9 puntos) ubica el conjunto de actividades en el límite inferior del rango correspondiente a rehabilitación dentro del continuo restaurativo. Este resultado indica que las acciones formuladas superan el nivel de minimización o soporte operativo, en la medida en que incorporan intervención ecológica directa, con actividades como siembra, nucleación y mantenimiento, orientada a iniciar procesos de recuperación. No obstante, el desempeño agregado no alcanza el nivel de restauración ecológica robusta en sentido estricto.

La ausencia de un ecosistema de referencia explícitamente cuantificado, de umbrales funcionales comparativos y de esquemas consolidados de manejo adaptativo a largo plazo limita su desplazamiento hacia posiciones más avanzadas del continuo. En términos interpretativos, la estrategia configura una trayectoria inicial de recuperación con coherencia técnica básica, pero aún requiere fortalecimientos metodológicos para aproximarse a estándares de restauración ecológica plena y demostrar consolidación funcional sostenida.

En contraste, la estrategia de preservación, aunque fue evaluada mediante criterios específicos (P1–P5), no se ubica técnicamente dentro del continuo restaurativo de Gann et al. (2019). Esto se debe a que dicho continuo describe procesos de transformación progresiva desde estados degradados hacia mayor integridad ecológica, mientras que la preservación parte de coberturas con integridad preexistente y tiene como objetivo mantener, no transformar, la estructura y función ecológica del ecosistema. Por esta razón, la preservación no representa un desplazamiento a lo largo del gradiente restaurativo, sino una intervención orientada a sostener condiciones cercanas a coberturas maduras.

En consecuencia, como se muestra en la Ilustración 15, la preservación fue representada en la tendencia asociada a bosques maduros, no como una fase de restauración, sino como una estrategia de mantenimiento de integridad ecológica. Esta diferenciación conceptual evita confundir procesos de recuperación ecológica con procesos de conservación, y permite interpretar adecuadamente el papel complementario que ambas estrategias desempeñan dentro del Plan de Compensación del Componente Biótico.

Ilustración 15 Ubicación de estrategias en el continuo restaurativo de Gann et al 2019



De esta manera, la articulación entre el análisis multicriterio y el continuo restaurativo permitió no solo clasificar actividades individuales, sino comprender la lógica estructural de las estrategias en su conjunto, evidenciando que la rehabilitación se orienta hacia la construcción de trayectorias sucesionales en coberturas degradadas, mientras