

PLAN DE COMPENSACIÓN DEL COMPONENTE BIÓTICO

TABLA DE CONTENIDO

10	Planes y programas.....	9
10.1	Plan de manejo ambiental	9
10.1.1	Plan de compensación del componente biótico	9
10.1.1.1	Introducción.....	9
10.1.1.2	Antecedentes del proyecto	12
10.1.1.3	Normativa aplicable	19
10.1.1.4	Descripción general del proyecto que generó la obligación y características ecológicas del área	24
10.1.1.5	Identificación de impactos residuales que requieren ser compensados.....	33
10.1.1.6	Objetivos del plan de compensación	35
10.1.1.7	Alcance del plan de compensación.....	36
10.1.1.8	Requerimientos de compensación.....	37
10.1.1.9	Cronograma de implementación.....	197
10.1.1.10	Plan operativo y de inversión.....	214
10.1.1.11	Evaluación de los potenciales riesgos y propuesta para minimizarlos	215
10.1.1.12	Plan de monitoreo y seguimiento.....	221
10.1.1.13	Propuesta de manejo a largo plazo	238
10.1.1.14	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	241
10.1.1.15	ANEXOS	243

LISTA DE TABLAS

Tabla 10.1 Homologación e integración de obligaciones de compensación bajo el Manual 2018	11
Tabla 10.2 Síntesis cronológica de hitos normativos y técnicos asociados a las obligaciones de compensación ambiental del proyecto Gramalote	16
Tabla 10.3 Resumen del marco legal y constitucional de la compensación por pérdida de biodiversidad	21
Tabla 10.4 Infraestructura y/u obras relevantes para la modificación de la Licencia Ambiental del proyecto Gramalote	27
Tabla 10.5 Área en cobertura natural y en cobertura transformada en la zona de valoración y espacialización del contexto paisajístico de afectación	31
Tabla 10.6 Identificación de impactos ambientales del componente biótico para ecosistemas terrestres	34
Tabla 10.7 Coberturas identificadas al interior del área de intervención del proyecto Gramalote.....	43
Tabla 10.8 Cálculo del cuánto compensar a partir de las coberturas identificadas al interior del área de intervención del proyecto Gramalote.....	46
Tabla 10.9 Alternativas seleccionadas para la implementación del Plan de Compensación del Componente Biótico.....	50
Tabla 10.10 Resumen alternativas seleccionadas	61
Tabla 10.11 Coberturas de la tierra en las 14 alternativas de compensación.....	64
Tabla 10.12 Tipo de coberturas alternativas seleccionadas	66
Tabla 10.13 Coberturas de la tierra presentes en la alternativa Guacharacas	78
Tabla 10.14 Síntesis de áreas de preservación y restauración – Alternativa Guacharacas.....	79
Tabla 10.15 Coberturas de la tierra presentes en la alternativa Florida	84
Tabla 10.16 Síntesis de áreas de preservación y restauración – Alternativa Florida.....	85
Tabla 10.17 Coberturas de la tierra presentes en la Alternativa Tucumán	89
Tabla 10.18 Síntesis de áreas de preservación y restauración – Alternativa Tucumán.....	89
Tabla 10.19 Coberturas de la tierra presentes en la alternativa Bosques de San Roque	94

Tabla 10.20 Síntesis de áreas de preservación y restauración – Alternativa Bosques de San Roque	95
Tabla 10.21 Coberturas de la tierra presentes en la alternativa La Herradura	99
Tabla 10.22 Síntesis de áreas de preservación y restauración – Alternativa La Herradura.....	100
Tabla 10.23 Coberturas de la tierra presentes en la alternativa Majagual – Recreo	105
Tabla 10.24 Síntesis de áreas de preservación y restauración – Alternativa Majagual – Recreo	105
Tabla 10.25 Coberturas de la tierra presentes en la alternativa Palestina – Diluvio.....	110
Tabla 10.26 Síntesis de áreas de preservación y restauración – Alternativa Palestina – Diluvio.....	110
Tabla 10.27 Coberturas de la tierra presentes en la alternativa La Montaña.....	115
Tabla 10.28 Síntesis de áreas de preservación y restauración – Alternativa La Montaña.....	115
Tabla 10.29 Coberturas de la tierra presentes en la alternativa La Estrella.....	120
Tabla 10.30 Síntesis de áreas de preservación y restauración – Alternativa La Estrella.....	121
Tabla 10.31 Coberturas de la tierra presentes en la alternativa Reserva San Pedro	125
Tabla 10.32 Síntesis de áreas de preservación y restauración – Alternativa Reserva San Pedro.....	125
Tabla 10.33 Coberturas de la tierra presentes en la alternativa Alto Guacas	130
Tabla 10.34 Síntesis de áreas de preservación y restauración – Alternativa Alto Guacas	130
Tabla 10.35 Coberturas de la tierra presentes en la alternativa Mulutal	135
Tabla 10.36 Síntesis de áreas de preservación y restauración – Alternativa Mulutal	135
Tabla 10.37 Coberturas de la tierra presentes en la alternativa Socorro	140
Tabla 10.38 Síntesis de áreas de preservación y restauración – Alternativa Socorro	140
Tabla 10.39 Coberturas de la tierra presentes en la alternativa Uso Sostenible....	145
Tabla 10.40 Síntesis de áreas de preservación y restauración (recuperación) – Alternativa Uso Sostenible	146

Tabla 10.41 Barreras a la conservación y rehabilitación identificadas en las alternativas de compensación propuestas	152
Tabla 10.42 Longitud aislamientos por alternativa	158
Tabla 10.43 Especies con potencial para la rehabilitación ecológica	162
Tabla 10.44 Resumen de los tratamientos de rehabilitación ecológica planteados	185
Tabla 10.45 Acciones de compensación por alternativa	190
Tabla 10.46 Estrategias de compensación a implementar en cada alternativa	192
Tabla 10.47 Modos de compensación en las alternativas de compensación seleccionadas	194
Tabla 10.48 Mecanismos de compensación en las alternativas de compensación seleccionadas	196
Tabla 10.49 Cronograma de implementación del Plan de Compensación del Componente Biótico	199
Tabla 10.50 Presupuesto estimado de implementación	214
Tabla 10.51 Riesgos potenciales y propuesta de mitigación	215
Tabla 10.52 Monitoreo y seguimiento del Plan de Compensación del Componente Biótico	222
Tabla 10.53 Medidas de manejo a largo plazo para las alternativas de compensación seleccionadas	238

LISTA DE FIGURAS

Figura 10.1 Localización general proyecto Gramalote	25
Figura 10.2 Contexto paisajístico del área de intervención del proyecto Gramalote	32
Figura 10.3 Biomás equivalentes del proyecto Gramalote.	40
Figura 10.4 Ámbito geográfico y equivalencia ecosistémica del proyecto Gramalote.	41
Figura 10.5 Coberturas identificadas al interior del área de intervención del proyecto Gramalote.....	45
Figura 10.6 Metodología para la selección de las alternativas de compensación....	52
Figura 10.7 Esquema metodológico análisis territorial multivariado	54
Figura 10.8 Criterios y grupos de variables para la selección y priorización de alternativas de compensación.....	55
Figura 10.9 Definición de oportunidades, restricciones y limitantes de compensación.....	56
Figura 10.10 Alternativas de compensación seleccionadas	58
Figura 10.11 Arreglo de paisaje de las alternativas seleccionadas	59
Figura 10.12 Equivalencia ecosistémica de las alternativas seleccionadas	60
Figura 10.13 Coberturas de la tierra en las 14 alternativas de compensación.....	65
Figura 10.14 Contexto paisajístico alternativas de compensación	67
Figura 10.15 Localización de las zonas de vida dentro del área del proyecto Gramalote.	69
Figura 10.16 Mapa de coberturas de la tierra alternativa Guacharacas	79
Figura 10.17 Mapa de zonificación alternativa Guacharacas	80
Figura 10.18 Vocación del suelo-Alternativa Guacharacas.	82
Figura 10.19 Mapa cobertura de la tierra alternativa Florida	85
Figura 10.20 Mapa de zonificación alternativa Florida	86
Figura 10.21 Vocación del suelo-Alternativa Florida	87
Figura 10.22 Mapa de coberturas de la tierra alternativa Tucumán.....	90
Figura 10.23 Mapa de zonificación alternativa Tucumán	91

Figura 10.24 Vocación del suelo -Alternativa Tucumán	93
Figura 10.25 Mapa de coberturas de la tierra alternativa Bosques de San Roque ..	96
Figura 10.26 Mapa de zonificación alternativa Bosques de San Roque	97
Figura 10.27 Vocación del suelo-Alternativa Bosques de San Roque.....	98
Figura 10.28 Mapa cobertura de la tierra alternativa La Herradura	101
Figura 10.29 Zonificación alternativa La Herradura.....	102
Figura 10.30 Vocación del suelo-Alternativa La Herradura	103
Figura 10.31 Mapa cobertura de la tierra alternativa Majagual – Recreo	106
Figura 10.32 Zonificación alternativo Majagual – Recreo.....	107
Figura 10.33 Vocación del suelo-Alternativa Majagual-Recreo	108
Figura 10.34 Mapa cobertura alternativa Palestina - Diluvio	111
Figura 10.35 Mapa de zonificación alternativa Palestina – Diluvio	112
Figura 10.36 Vocación del suelo-Alternativa Palestina-Diluvio.....	113
Figura 10.37 Mapa cobertura de la tierra alternativa La Montaña	116
Figura 10.38 Zonificación alternativa La Montaña.....	117
Figura 10.39 Vocación del suelo-Alternativa La Montaña	119
Figura 10.40 Cobertura de la tierra alternativa La Estrella	121
Figura 10.41 Zonificación alternativa La Estrella.....	122
Figura 10.42 Vocación del suelo-Alternativa La Estrella	123
Figura 10.43 Mapa cobertura alternativa Reserva San Pedro.....	126
Figura 10.44 Zonificación alternativa Reserva San Pedro.....	127
Figura 10.45 Vocación del suelo-Alternativa Reserva de san Pedro	128
Figura 10.46 Mapa coberturas Alto guacas.....	131
Figura 10.47 Zonificación alternativa Alto guacas	132
Figura 10.48 Vocación del suelo-Alternativa Guacas.....	133
Figura 10.49 Mapa coberturas Mulutal.....	136
Figura 10.50 Zonificación alternativa Mulutal	137
Figura 10.51 Vocación del suelo-Alternativa Mulutal.....	138
Figura 10.52 Mapa coberturas alternativa Socorro	141
Figura 10.53 Zonificación alternativa Socorro	142
Figura 10.54 Vocación del suelo-Alternativa Socorro.....	143

Figura 10.55 Mapa coberturas alternativa Uso sostenible.....	147
Figura 10.56 Zonificación alternativa Uso sostenible	148
Figura 10.57 Vocación del suelo-Alternativa Uso sostenible	149
Figura 10.58 Aislamientos tipo 1	157
Figura 10.59 Representación esquemática de una franja cortafuegos	159
Figura 10.60 Distribución espacial de los módulos multiestrato.	172
Figura 10.61 Vista de planta: rehabilitación mediante árboles nodriza	173
Figura 10.62 Vista de planta: rehabilitación mediante cordón protector	174
Figura 10.63 Localización del área a implementar SAF en el área a compensar ..	177
Figura 10.64 Tipos de arreglos agroforestales -SAF del área complementaria a compensar	179
Figura 10.65 Localización del área a implementar el HMP en el área a compensar	180
Figura 10.66 Distribución de las franjas de conectividad en matrices antropizada	181
Figura 10.67 Arreglo de tres bolillos para las fajas de conectividad	182
Figura 10.68 Arreglo de núcleos de paso.....	183
Figura 10.69 Fajas de conectividad	184
Figura 10.70 Zonificación de las acciones de compensación.....	190

MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DEL PROYECTO DE MINERÍA DE ORO A CIELO ABIERTO GRAMALOTE.

ATENCIÓN A REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN ADICIONAL ACTA 30 DE 30 DE JUNIO DE 2026

10 PLANES Y PROGRAMAS

10.1 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

10.1.1 Plan de compensación del componente biótico

10.1.1.1 Introducción

El Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote cuenta con Licencia Ambiental vigente otorgada mediante la Resolución 1514 del 25 de noviembre de 2015 por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, posteriormente modificada por la Resolución 782 del 8 de mayo de 2019. En dichos actos administrativos se establecieron obligaciones orientadas a la prevención, mitigación, corrección y compensación de los impactos derivados del desarrollo del proyecto, especialmente sobre el componente biótico y el recurso suelo.

En el marco del presente trámite de modificación de la Licencia Ambiental (MEIA), se solicita el ajuste de algunas autorizaciones y obligaciones, sustentado principalmente en: (i) la optimización del diseño de las obras, que permitió reducir la huella de intervención inicialmente licenciada; y (ii) la actualización de las coberturas vegetales del área licenciada, considerando las variaciones espaciales y estructurales registradas desde la expedición de la licencia, con el fin de que la información refleje las condiciones actuales del territorio.

Como resultado del proceso de licenciamiento original, la Autoridad estableció distintas obligaciones de compensación mediante instrumentos diferenciados: (i) la compensación por pérdida de biodiversidad, formulada conforme a la Resolución 1517 de 2012, mediante la cual se adoptó el Manual para la Asignación de Compensaciones por Pérdida de la Biodiversidad; (ii) la compensación por pérdida de la capacidad de uso del suelo, establecida en el PMA_ABIO_01 – Subprograma de Manejo del Suelo, de acuerdo con el Artículo Sexto de la Licencia Ambiental; (iii) la compensación por eliminación de cobertura

vegetal leñosa; y (iv) la compensación por afectación de especies catalogadas con algún grado de amenaza, estipuladas en la Resolución 1514 de 2015.

Teniendo en consideración que, a la fecha, no se ha materializado el impacto asociado a estas obligaciones por parte del proyecto, además de la adopción del Manual de Compensaciones del Componente Biótico mediante la Resolución 256 de 2018, el presente plan de compensación está orientado a la homologación e integración metodológica de las obligaciones compensatorias relacionadas con impactos residuales sobre el medio biótico bajo un único esquema técnico y normativo unificado.

El Manual de 2018 establece un enfoque integral que incorpora dentro del factor de compensación todos los impactos generados sobre el componente biótico, incluyendo la pérdida de biodiversidad, la afectación de coberturas vegetales leñosas, la intervención de especies amenazadas y la transformación de coberturas, entre otros. En consecuencia, las obligaciones que originalmente fueron impuestas de manera independiente se armonizan bajo el marco metodológico vigente, el cual define los criterios de qué, cuánto, dónde y cómo compensar, en función del bioma afectado, la representatividad ecosistémica y la magnitud del impacto residual.

Bajo el esquema anterior, la compensación por pérdida de biodiversidad —formulada conforme al Manual de 2012— asignaba factores únicamente a coberturas naturales y seminaturales en función del bioma afectado, mientras que la pérdida de la capacidad de uso del suelo en coberturas agropecuarias fue tratada de manera independiente con un factor 1:1 en términos de área. Adicionalmente, debido a que el Manual de 2012 no contemplaba de manera explícita la compensación por eliminación de cobertura vegetal leñosa ni la afectación de especies amenazadas dentro del mismo esquema metodológico, la Autoridad estableció obligaciones específicas adicionales para estos impactos.

En el marco de la presente modificación, se propone recalcular y consolidar las obligaciones compensatorias bajo los factores establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (2018), integrando en un solo instrumento técnico la compensación por pérdida de biodiversidad, la afectación de coberturas vegetales —incluidas las leñosas—, la intervención de especies amenazadas y la transformación de coberturas asociadas al uso del suelo.

Este ajuste metodológico se fundamenta en la actualización del área efectivamente impactada como resultado de la reducción de la huella del proyecto en el marco del MEIA, lo que implica un nuevo cálculo del “qué” y del “cuánto” compensar conforme a la magnitud real del impacto residual. En consecuencia, la variación en el área total a compensar responde exclusivamente a la actualización técnica derivada de la modificación de la huella y no a la eliminación o disminución discrecional de obligaciones previamente impuestas por la Autoridad Ambiental.

En consecuencia, el presente Plan de Compensación del Componente Biótico se desarrolla conforme a los lineamientos del Manual adoptado mediante la Resolución 256 de 2018, consolidando en un esquema unificado las obligaciones previamente establecidas y actualizando su magnitud de acuerdo con el escenario modificado del proyecto. La implementación de las acciones resultantes se realizará de acuerdo con el cronograma del

proyecto y con las decisiones que adopte la Autoridad Ambiental competente en el marco del presente trámite.

Esta propuesta se fundamenta, además, en las alternativas de compensación previamente evaluadas y aprobadas por la ANLA mediante la Resolución 725 del 7 de abril de 2022, modificada por las Resoluciones 1380 del 24 de junio de 2022, 356 del 7 de marzo de 2024 y 981 del 28 de mayo de 2024; así como en las áreas propuestas en atención al requerimiento del Artículo Noveno de la Resolución 356 de 2024 (Radicado ANLA: 20256200748482 del 27 de junio de 2025; y 20256201253322 del 10 de octubre de 2025).

Se incorpora información actualizada y refinada sobre coberturas, áreas y acciones de compensación, ajustando la escala de intervención conforme a la reducción de las áreas de impacto y a los cálculos asociados a los biomas afectados, de acuerdo con la cartografía oficial del IDEAM (2024). De esta manera, el Plan establece los criterios técnicos para la identificación de áreas objeto de compensación, la cuantificación de las obligaciones y la definición de las estrategias ambientales, garantizando su coherencia con el régimen aplicable y con los principios orientadores del Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Tabla 10.1).

Tabla 10.1 Homologación e integración de obligaciones de compensación bajo el Manual 2018

Obligación en Licencia Original	Fundamento normativo inicial	Alcance y factor original	Limitación del esquema anterior	Integración bajo Manual 2018	Condición en la modificación
Compensación por pérdida de biodiversidad	Resolución 1517 de 2012 – Manual de Compensaciones por Pérdida de Biodiversidad	Factor según bioma afectado, aplicable únicamente a coberturas naturales y seminaturales	No incorporaba coberturas de uso agropecuario ni otros impactos bióticos dentro del mismo esquema	Se integra al Manual adoptado mediante la Resolución 256 de 2018, que unifica la compensación por impactos residuales sobre el medio biótico bajo criterios de qué, cuánto, dónde y cómo compensar	Se recalcula conforme al bioma y coberturas actualizadas y se consolida dentro del Plan Integral
Compensación por pérdida de la capacidad de uso del suelo	Art. Sexto Licencia Ambiental – PMA_ABIO_01	Factor 1:1 en coberturas de uso agropecuario	Tratamiento independiente de la compensación por biodiversidad	Se integra metodológicamente en el Manual 2018 como parte de la afectación de coberturas superficiales del medio biótico	Se homologa bajo el esquema unificado y se calcula con el mismo marco metodológico

Obligación en Licencia Original	Fundamento normativo inicial	Alcance y factor original	Limitación del esquema anterior	Integración bajo Manual 2018	Condición en la modificación
Compensación por eliminación de cobertura vegetal leñosa	Resolución 1514 de 2015, Art. Tercero, subnumeral 4.11	Factor 1:1 en términos de área para determinadas coberturas boscosas y secundarias	No estaba incorporada dentro del Manual 2012; se estableció como obligación adicional	Se integra dentro del factor de compensación del Manual 2018, el cual incorpora la afectación de coberturas vegetales y su complejidad estructural	Se consolida dentro del cálculo integral del componente biótico; no se mantiene como obligación independiente
Compensación por afectación de especies amenazadas	Resolución 1514 de 2015 Art. Tercero, subnumeral 4.11	Enriquecimiento forestal con densidad específica y factor 1:3 en individuos	No contemplado explícitamente en el Manual 2012	Se incorpora dentro del análisis integral del impacto residual sobre el medio biótico, considerando atributos de representatividad y estado de conservación bajo el Manual 2018	Se integra al esquema unificado; su alcance queda reflejado en el factor global de compensación

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

10.1.1.2 Antecedentes del proyecto

El Proyecto Gramalote corresponde a un proyecto de minería de oro a cielo abierto sujeto a Licencia Ambiental Global otorgada por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA. A partir del otorgamiento de la licencia y sus actos modificatorios y de seguimiento, se relacionaron obligaciones ambientales asociadas a la compensación de impactos sobre el componente biótico y el recurso suelo, las cuales constituyen el marco de referencia para la formulación del presente Plan de Compensación Ambiental.

10.1.1.2.1 Origen de las obligaciones de compensación y evolución normativa

Las obligaciones de compensación ambiental del Proyecto Gramalote tienen su origen en la Licencia Ambiental otorgada mediante la Resolución 1514 del 25 de noviembre de 2015, expedida por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA. En dicho acto administrativo se establecieron, entre otras, obligaciones asociadas a:

- La compensación por pérdida de biodiversidad derivada de la intervención de ecosistemas naturales y seminaturales.

- La compensación por pérdida de la capacidad de uso del suelo, establecida en el PMA_ABIO_01 – Subprograma de Manejo del Suelo.
- La compensación por eliminación de cobertura vegetal leñosa y por afectación de especies catalogadas con algún grado de amenaza (subnumeral 4.11 del Artículo Tercero).

Estas obligaciones fueron formuladas bajo el marco normativo vigente al momento del licenciamiento, particularmente bajo los lineamientos del Manual para la Asignación de Compensaciones por Pérdida de Biodiversidad adoptado mediante la Resolución 1517 de 2012, así como bajo determinaciones específicas impuestas directamente en la licencia ambiental.

Posteriormente, el proyecto ha sido objeto de actos de seguimiento, control y modificación, entre ellos la Resolución 2127 del 28 de diciembre de 2020, Resolución 725 del 7 de abril de 2022, mediante los cuales la ANLA ha precisado requerimientos técnicos asociados principalmente a:

- Actualización cartográfica.
- Reinterpretación de coberturas.
- Delimitación de áreas efectivas de intervención y compensación.
- Ajuste de los componentes “qué, cuánto, dónde y cómo compensar”.

De manera paralela, el marco normativo nacional evolucionó con la adopción del Manual de Compensaciones del Componente Biótico mediante la Resolución 256 de 2018, el cual derogó el Manual de 2012 e introdujo un enfoque integral basado en equivalencia ecológica, conectividad, adicionalidad y estructuración técnica del qué, cuánto, dónde y cómo compensar.

En el marco del régimen de transición previsto en dicho Manual, el Proyecto Gramalote acogió la nueva metodología mediante la radicación del Plan de Compensación por Pérdida de Biodiversidad (PCPB) el 14 de julio de 2021 (radicado 2021144413-1-000), en cumplimiento de la Resolución 370 del 15 de abril de 2021 del MADS.

Desde entonces, el esquema de compensación ha transitado por un proceso progresivo de revisión y ajuste técnico, consolidado a través de los siguientes hitos:

- Resolución 725 del 7 de abril de 2022: aceptación del PCPB y establecimiento de ajustes cartográficos y metodológicos.
- Resolución 1380 del 24 de junio de 2022: decisión del recurso de reposición.
- Acta de Seguimiento No. 875 del 30 de noviembre de 2022: requerimientos de precisión en delimitación y áreas efectivas de compensación.
- Resolución 356 del 7 de marzo de 2024: aprobación del “qué y cuánto compensar”, fijando una obligación total de 4.543,65 ha por la intervención de 635,78 ha en áreas naturales y seminaturales del Orobioma Subandino Nechí–San Lucas.
- Resolución 981 del 28 de mayo de 2024: decisión del recurso de reposición y aprobación de alternativas en 4.077,02 ha.
- Resolución 1168 del 18 de junio de 2025: acepta el cambio en el índice de regeneración y acepta la inclusión de nuevas especies para la rehabilitación.

En cumplimiento del Artículo Noveno de la Resolución 356 de 2024, se presentó propuesta complementaria para 466,64 ha adicionales mediante la implementación de sistemas agroforestales (SAF) y herramientas de manejo del paisaje (HMP), consolidando así el total de 4.543,65 ha a compensar.

10.1.1.2.2 Consolidación del esquema de compensación (2022–2024)

Durante el periodo 2022–2024 se consolidó el componente “qué y cuánto compensar”, a partir de la actualización cartográfica y del análisis técnico realizado por la ANLA.

Este proceso permitió:

- Ajustar el área base de cuantificación.
- Revalidar la interpretación de coberturas.
- Consolidar la obligación total de compensación.
- Aprobar polígonos específicos y alternativas de implementación.

La Resolución 981 de 2024 formaliza el marco técnico vigente del PCPB, estableciendo la relación directa entre áreas, acciones y alternativas aprobadas.

10.1.1.2.3 Obligaciones históricas del componente biótico

Las obligaciones del proyecto no se restringen a una única tipología, sino que históricamente han comprendido tres líneas principales:

- Compensación por pérdida de biodiversidad.
- Compensación por eliminación de cobertura vegetal leñosa y afectación de especies amenazadas.
- Compensación por pérdida de capacidad de uso del suelo.

Estas fueron inicialmente estructuradas como obligaciones diferenciadas, con factores y metodologías independientes (1:1 en área de leñosas, 1:3 en individuos de especies amenazadas, 1:1 área en suelos agropecuarios, factores por bioma bajo el Manual 2012).

Sin embargo, con la entrada en vigencia del Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018), el enfoque metodológico evoluciona hacia un esquema integrador en el cual el factor de compensación incorpora todos los impactos residuales sobre el medio biótico, incluyendo:

- Transformación de coberturas naturales y seminaturales.
- Intervención de coberturas agropecuarias.
- Eliminación de vegetación leñosa.
- Afectación de especies con categoría de amenaza.

10.1.1.2.4 Necesidad de integración en el marco de la modificación de licencia (MEIA)

En el contexto del trámite de modificación de licencia ambiental (MEIA), y considerando la actualización de la huella de intervención, se identifica la necesidad de consolidar integralmente las obligaciones del componente biótico bajo un único instrumento técnico.

El propósito de la presente propuesta es:

- Integrar las obligaciones históricas bajo el marco metodológico del Manual 2018.
- Recalcular el qué y cuánto compensar con base en la nueva huella.
- Unificar los criterios de dónde y cómo compensar.
- Garantizar coherencia cartográfica y trazabilidad administrativa.

Esta integración no implica eliminación ni reducción de obligaciones, sino su armonización metodológica bajo el régimen vigente.

10.1.1.2.5 Enfoque del presente plan

El presente documento constituye un instrumento integral de formulación del Plan de Compensación del Componente Biótico del Proyecto Gramalote, el cual (Tabla 10.2):

- Consolida en un único esquema las obligaciones del componente biótico, afectación de coberturas vegetales, especies amenazadas y pérdida de capacidad de uso del suelo.
- Mantiene coherencia con las alternativas previamente aprobadas por la ANLA.
- Incorpora la actualización cartográfica derivada de la MEIA.
- Se alinea plenamente con el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018).

De esta manera, el Plan garantiza:

- Trazabilidad normativa.
- Consistencia técnica.
- Coherencia metodológica
- Coherencia metodológica
- Solidez jurídica para su evaluación en el marco del trámite de modificación de la Licencia Ambiental.

Tabla 10.2 Síntesis cronológica de hitos normativos y técnicos asociados a las obligaciones de compensación ambiental del proyecto Gramalote

Año / periodo	Hito principal	Actos administrativos	PCPB	Leñosas/especies amenazadas	Uso del suelo	Estado / comentarios
2015–2016	Otorgamiento Licencia Ambiental Global y definición inicial de obligaciones	Resolución 1514 de 2015 y Resolución 309 de 2016	Nace obligación de compensación por pérdida de biodiversidad (PCPB) – aprox. 2.966,4 ha	Se define obligación de PMA_COMP_BIO_02	Se define compensación por pérdida de capacidad de uso del suelo (relación 1:1; 797,61 ha)	Se establecen obligaciones de compensación diferenciadas para biodiversidad, cobertura vegetal leñosa/especies sujetas a veda y uso del suelo, cada una con alcance y régimen normativo propio
2017–2018	Formulación inicial del PCPB y concertación con autoridades regionales	–	PCPB V0 / PMA_COMP_BIO_01_V0	Avance en el diseño del esquema de compensación por biodiversidad y coberturas leñosas	Lineamientos iniciales para compensación por uso del suelo	Instrumentos en formulación; sin aprobación formal por parte de la ANLA
2018–2019	Ampliación de obligaciones y requerimientos de ajuste del PCPB	Resolución 381 de 2019 y Auto 03607 de 2019	ANLA solicita PCPB ajustado y mejora cartográfica	Se consolidan ~470 ha en 13 predios asociados a coberturas leñosas y especies amenazadas	–	La ANLA requiere mayor precisión en la definición del “qué, cuánto, dónde y cómo compensar”
2019–2020	Evaluación del PCPB inicial	Resolución 2127 de 2020 y Auto 449 de 2020	PCPB no aprobado; se ordena reformulación	Se reconoce avance técnico, pero se requieren ajustes sustanciales	Se profundiza el análisis de compensación por capacidad	Se ordena presentar un nuevo instrumento de compensación alineado con los

Año / periodo	Hito principal	Actos administrativos	PCPB	Leñosas/especies amenazadas	Uso del suelo	Estado / comentarios
					de uso del suelo	lineamientos nacionales
2021	Adopción del Manual de Compensación del Componente Biótico y régimen de transición	Resolución 0256 de 2018 (vigente)	PCPB ajustado bajo régimen de transición	-	-	Se formaliza la transición del proyecto al marco metodológico vigente para compensaciones por pérdida de biodiversidad
2022	Aprobación del PCPB y definición de esquema operativo	Resolución 725 de 2022	PCPB aprobado – 4.349,72 ha	-	-	Se establecen lineamientos de implementación, seguimiento y reporte
2022	Ajustes al PCPB y adopción de Manual de Compensación del Componente Biótico	Resolución 1380 de 2022	PCPB ajustado	-	-	Se consolida el marco técnico vigente del plan
2024	Ajuste cartográfico y redefinición del “qué compensar”	Resolución 356 del 7 de marzo de 2024	PCPB ajustado	-	-	Ajuste del área total a compensar a 4.543,65 ha y requerimientos cartográficos adicionales

Año / periodo	Hito principal	Actos administrativos	PCPB	Leñosas/especies amenazadas	Uso del suelo	Estado / comentarios
2024	Resolución de recurso de reposición y precisión de acciones	Resolución 981 del 28 de mayo de 2024	PCPB ajustado	-	-	Se establecen condiciones específicas de implementación, reporte y ejecución de las acciones de compensación
2025	Acepta el cambio del indicador de regeneración natural y acepta la inclusión de nuevas especies.	Resolución 1168 del 18 de junio de 2025	PCPB ajustado	-	-	-

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

10.1.1.3 Normativa aplicable

El presente capítulo describe el marco normativo y conceptual que sustenta la formulación del Plan de Compensación del Componente Biótico del Proyecto Gramalote, con énfasis en la evolución de la normativa ambiental aplicable a la compensación del componente biótico asociada a impactos residuales sobre ecosistemas terrestres, coberturas naturales y seminaturales, así como sobre especies de flora y fauna con algún grado de amenaza.

En este sentido, el análisis normativo se orienta específicamente a los instrumentos legales y técnicos que regulan la compensación ambiental del componente biótico en Colombia, en concordancia con la jerarquía de la mitigación del impacto y con los lineamientos establecidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. La formulación del Plan se fundamenta tanto en las obligaciones derivadas de la Licencia Ambiental del proyecto y sus modificaciones, como en la adopción y aplicación del Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 0256 de 2018), el cual constituye el marco metodológico vigente para la definición del qué, cuánto, dónde y cómo compensar los impactos generados en el componente biótico.

10.1.1.3.1 Antecedentes relacionados con la normativa de compensaciones

La compensación ambiental en Colombia se fundamenta en los principios constitucionales de protección del ambiente, uso sostenible de los recursos naturales y responsabilidad por el daño ambiental, los cuales han sido desarrollados progresivamente a través de leyes, decretos y actos administrativos de carácter general y específico.

Desde el punto de vista constitucional, el derecho a gozar de un ambiente sano y el deber del Estado de proteger la diversidad e integridad del ambiente constituyen el soporte jurídico de las medidas de compensación ambiental, entendidas como instrumentos orientados a equilibrar los impactos residuales que no pueden ser evitados, prevenidos o mitigados.

En el ámbito legal, la Ley 99 de 1993 introdujo el principio de desarrollo sostenible en la gestión ambiental del país y creó el Sistema Nacional Ambiental – SINA, estableciendo la obligación de incorporar medidas de compensación como parte de los instrumentos de manejo ambiental de los proyectos sujetos a licenciamiento. Posteriormente, el Decreto 1076 de 2015, como Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, consolidó las disposiciones relacionadas con el licenciamiento ambiental y los planes de manejo ambiental, incluyendo la obligación de definir y ejecutar compensaciones por los impactos ambientales significativos.

En relación con la compensación del componente biótico, el país ha transitado por diferentes enfoques metodológicos. Inicialmente, las compensaciones se definían de manera fragmentada y con criterios variables según el tipo de impacto y el instrumento de manejo ambiental. Con la expedición del Manual de Compensaciones del Componente Biótico, adoptado mediante la Resolución 256 de 2018, se estableció un marco metodológico unificado para la compensación de impactos residuales sobre la biodiversidad, incorporando los principios de no pérdida neta de biodiversidad, equivalencia ecosistémica, adicionalidad y sostenibilidad en el tiempo.

Este Manual introdujo criterios claros para la determinación del qué, cuánto, dónde y cómo compensar, a partir de la identificación de ecosistemas afectados, la aplicación de factores de compensación asociados a unidades bióticas y la priorización de áreas para la compensación. Así mismo, estableció un régimen de transición para proyectos con licencia ambiental otorgada con anterioridad a su expedición, permitiendo el acogimiento voluntario a sus lineamientos.

En el caso del Proyecto Gramalote, cuyas obligaciones de compensación se originan en la Resolución 1514 de 2015, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ha aceptado de manera expresa el acogimiento del proyecto a los lineamientos del Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018) mediante actos administrativos posteriores, en el marco del seguimiento y ajuste de las obligaciones ambientales asociadas a la licencia. En consecuencia, la formulación y actualización del presente Plan de Compensación del Componente Biótico se realiza bajo el marco metodológico vigente, en cumplimiento de las decisiones adoptadas por la Autoridad Ambiental, garantizando la trazabilidad y coherencia con las obligaciones definidas en la licencia ambiental y sus modificaciones, con independencia del estado del trámite de modificación de la licencia ambiental.

10.1.1.3.2 Normatividad asociada a las compensaciones bióticas

La compensación de los impactos residuales sobre el componente biótico del Proyecto Gramalote se rige por un conjunto de disposiciones normativas orientadas a la protección de la biodiversidad, el manejo sostenible de la cobertura vegetal, la conservación de especies amenazadas y la restauración de los atributos ecológicos de los ecosistemas intervenidos, en el marco de los instrumentos de licenciamiento ambiental.

En este sentido, la Resolución 1514 de 2015, mediante la cual se otorgó la Licencia Ambiental al proyecto, constituye el acto administrativo que da origen a las obligaciones de compensación ambiental asociadas a la pérdida de biodiversidad y a la intervención de coberturas naturales, incluyendo aquellas relacionadas con la afectación de cobertura vegetal leñosa y de especies con algún grado de amenaza. Estas obligaciones han sido objeto de ajustes y precisiones a través de resoluciones posteriores, en el marco de modificaciones de la licencia y de los procesos de seguimiento y control adelantados por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales.

La adopción del Manual de Compensaciones del Componente Biótico, mediante la Resolución 256 de 2018, constituye el principal referente técnico y metodológico para la formulación y ajuste de las compensaciones del componente biótico del proyecto, al establecer criterios estandarizados de equivalencia ecosistémica, adicionalidad y sostenibilidad, así como los lineamientos para la definición del qué, cuánto, dónde y cómo compensar. En aplicación del régimen de transición y conforme a lo aceptado por la Autoridad Ambiental, el Proyecto Gramalote ha acogido estos lineamientos para la formulación y actualización de su Plan de Compensación del Componente Biótico.

De manera complementaria, la normativa relacionada con el aprovechamiento forestal, la protección de especies amenazadas y el levantamiento de vedas establece obligaciones específicas que se materializan a través de medidas y programas del Plan de Manejo Ambiental. Dichas obligaciones se articulan funcional y espacialmente con las acciones

definidas en el Plan de Compensación del Componente Biótico, en la medida en que contribuyen a la restauración, rehabilitación y conservación de los atributos ecológicos de los ecosistemas intervenidos.

Así mismo, las obligaciones derivadas de la afectación de la capacidad de uso del suelo se abordan en el presente Plan no como un esquema independiente de compensación, sino como acciones complementarias que aportan a la recuperación de la funcionalidad ecológica, la estabilidad del suelo y la sostenibilidad de los ecosistemas, integrándose conceptualmente a las estrategias de compensación del componente biótico formuladas conforme al Manual de Compensaciones del Componente Biótico.

En conjunto, este marco normativo sustenta la formulación del Plan de Compensación del Componente Biótico del Proyecto Gramalote como un instrumento único e integral, que articula las diferentes obligaciones de compensación ambiental asociadas al componente biótico, asegurando su coherencia con la normativa vigente, con los lineamientos técnicos definidos por la Autoridad Ambiental y con las obligaciones establecidas en la licencia ambiental y sus modificaciones.

Con el fin de contextualizar el marco jurídico aplicable a la compensación por pérdida del componente biótico del Proyecto Gramalote, en la Tabla 10.3, se presenta un resumen de las principales disposiciones constitucionales, legales y reglamentarias que sustentan la formulación y ajuste del Plan de Compensación del Componente Biótico. Esta síntesis normativa incluye tanto los instrumentos que constituyeron el marco metodológico vigente al momento del otorgamiento de la licencia ambiental, como aquellos que actualmente orientan la formulación de las compensaciones bajo el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018), permitiendo evidenciar la trazabilidad normativa del proyecto y la coherencia del Plan con las decisiones adoptadas por la Autoridad Ambiental.

Tabla 10.3 Resumen del marco legal y constitucional de la compensación por pérdida de biodiversidad

Nivel normativo	Norma	Aspecto relevante para la compensación	Aplicación en el Proyecto Gramalote
Constitucional	Constitución Política de Colombia (1991)	Reconoce el derecho colectivo a gozar de un ambiente sano y establece el deber del Estado y de los particulares de proteger la diversidad e integridad del ambiente.	Constituye el fundamento constitucional de las medidas de compensación ambiental orientadas a equilibrar los impactos residuales sobre el componente biótico derivados del desarrollo del proyecto.
Legal	Ley 99 de 1993	Introduce el principio de desarrollo sostenible, crea el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y establece la obligación de incorporar medidas de manejo y compensación ambiental en	Soporta jurídicamente la exigencia de definir e implementar compensaciones por los impactos ambientales significativos asociados al Proyecto Gramalote.

Nivel normativo	Norma	Aspecto relevante para la compensación	Aplicación en el Proyecto Gramalote
		los proyectos sujetos a licenciamiento.	
Reglamentario	Decreto 1076 de 2015	Decreto Único Reglamentario del sector ambiente que consolida las disposiciones sobre licenciamiento ambiental, planes de manejo ambiental y compensaciones por impactos ambientales.	Define el marco reglamentario general para la formulación, ejecución y seguimiento de las medidas de compensación ambiental asociadas al proyecto.
Reglamentario	Resolución 1517 de 2012	Adopta el Manual para la Asignación de Compensaciones por Pérdida de Biodiversidad, estableciendo criterios para el cálculo de áreas a compensar conforme al enfoque vigente al momento de su expedición.	Marco metodológico aplicado inicialmente al Proyecto Gramalote, conforme a la licencia ambiental otorgada mediante la Resolución 1514 de 2015, como antecedente normativo de las obligaciones de compensación por pérdida de biodiversidad.
Administrativo	Resolución 1514 de 2015	Otorga la Licencia Ambiental al Proyecto Gramalote y define las obligaciones iniciales de compensación ambiental asociadas a la pérdida de biodiversidad y a la intervención de coberturas naturales.	Da origen a las obligaciones de compensación del proyecto, las cuales han sido objeto de ajustes y precisiones mediante actos administrativos posteriores.
Reglamentario	Resolución 256 de 2018	Adopta el Manual de Compensaciones del Componente Biótico, estableciendo un marco metodológico unificado para la compensación de impactos residuales sobre la biodiversidad, bajo los principios de no pérdida neta, equivalencia ecosistémica, adicionalidad y sostenibilidad.	Manual de referencia vigente para la formulación y ajuste del Plan de Compensación del Componente Biótico del Proyecto Gramalote, conforme al régimen de transición y a lo aceptado por la Autoridad Ambiental.
Reglamentario	Resolución 0370 de 2021	Establece disposiciones relacionadas con el régimen de transición para la aplicación del Manual de Compensaciones del Componente Biótico en proyectos con licencia	Permite el acogimiento del Proyecto Gramalote a los lineamientos del Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018),

Nivel normativo	Norma	Aspecto relevante para la compensación	Aplicación en el Proyecto Gramalote
		ambiental otorgada con anterioridad a 2018.	previa aceptación por parte de la ANLA.
Administrativo	Resolución 725 de 2022	Aprueba ajustes al Plan de Compensación por Pérdida de Biodiversidad del proyecto y establece requerimientos específicos relacionados con la revisión y verificación de las acciones de compensación.	Acto administrativo mediante el cual la ANLA acepta ajustes al Plan de Compensación y define requerimientos técnicos que motivan la actualización del presente documento.
Administrativo	Resolución 1380 de 2022	Modifica parcialmente la Resolución 725 de 2022, ajustando la distribución de áreas y acciones de compensación previamente aprobadas.	Define ajustes a las alternativas y acciones de compensación del proyecto, que son objeto de refinamiento técnico en el presente Plan.
Administrativo	Acta 875 de 2022	Contiene requerimientos técnicos formulados por la ANLA en el marco del seguimiento al Plan de Compensación, relacionados con la actualización de coberturas y la revisión de áreas de compensación.	Da origen a la reinterpretación de coberturas terrestres y al ajuste técnico de las acciones de compensación incorporadas en el presente Plan.

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

10.1.1.4 Descripción general del proyecto que generó la obligación y características ecológicas del área

El presente capítulo describe de manera general el Proyecto Gramalote, en cuanto a su localización y características relevantes, con el propósito de contextualizar el origen de las obligaciones de compensación ambiental abordadas en este Plan Integral. Así mismo, se presenta una síntesis de las características ecológicas del área donde se desarrolla el proyecto, las cuales constituyen el referente para la definición de la equivalencia ecosistémica y la formulación de las compensaciones ambientales.

La descripción aquí presentada tiene un carácter contextual y sintético, y se basa en la información más reciente generada en el marco del Estudio de Impacto Ambiental para la Modificación (MEIA). Esta información se presenta con fines de formulación y no corresponde a una caracterización detallada de línea base, la cual se encuentra desarrollada en los estudios ambientales del proyecto.

10.1.1.4.1 Localización del proyecto

El Proyecto Gramalote se localiza en el departamento de Antioquia, en jurisdicción de los municipios de San Roque y Yolombó, en la subregión del nordeste antioqueño (Figura 10.1). El área del proyecto se encuentra asociada a la cuenca media del río Nus, perteneciente al sistema hidrográfico del río Magdalena. Desde el punto de vista político-administrativo, el proyecto se desarrolla principalmente en áreas rurales del municipio de San Roque, con presencia complementaria en el municipio de Yolombó. Estas áreas han sido consideradas tanto para el desarrollo de las actividades del proyecto como para la definición de alternativas de compensación ambiental, en coherencia con los criterios de equivalencia ecosistémica y proximidad territorial.

El contexto espacial del proyecto corresponde a un paisaje de montaña caracterizado por pendientes moderadas a fuertes, una red de drenaje densa y una matriz de coberturas del suelo heterogénea, conformada por remanentes de ecosistemas naturales, vegetación secundaria en distintos estados sucesionales y áreas transformadas por actividades agropecuarias, aspectos que resultan determinantes para la formulación de las compensaciones ambientales.

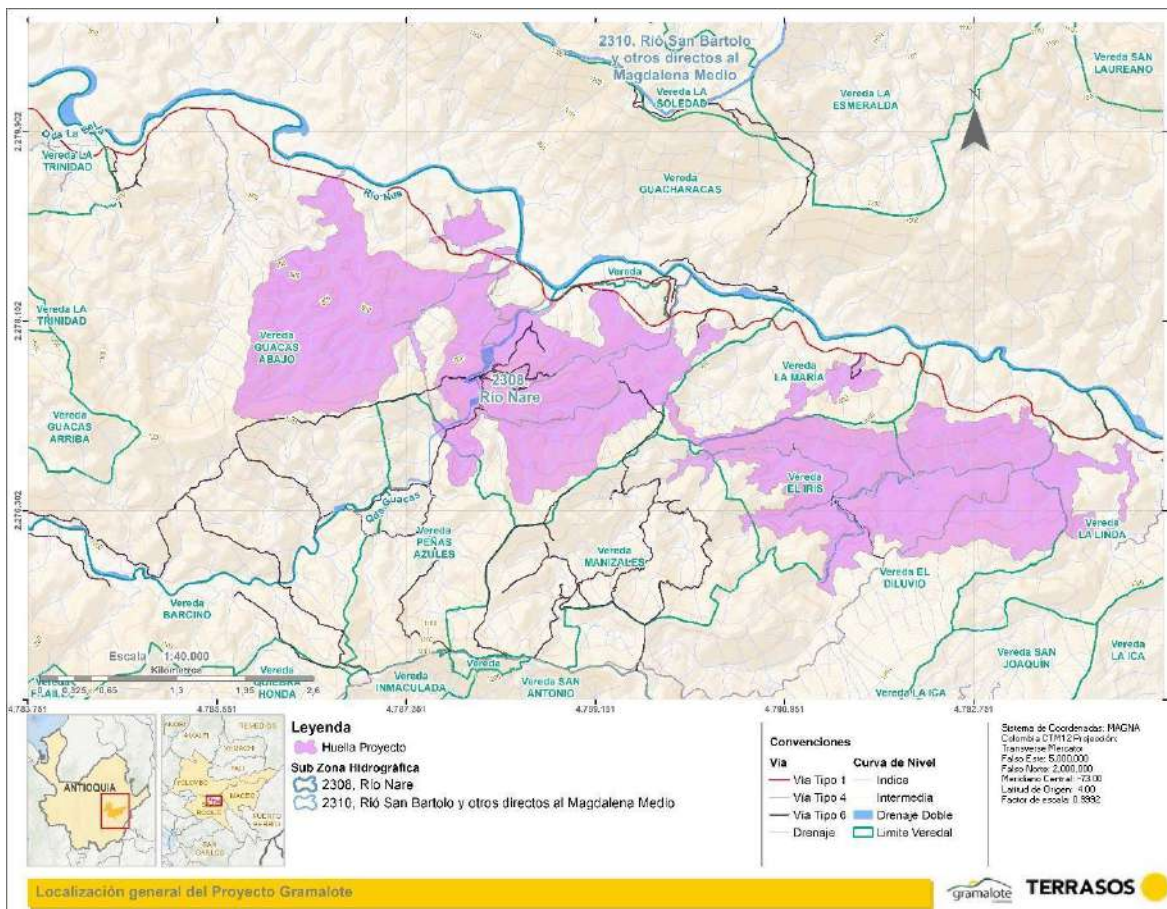


Figura 10.1 Localización general proyecto Gramalote
Fuente: Gramalote Colombia, 2026

10.1.1.4.2 Características del proyecto

El Proyecto Gramalote corresponde a un proyecto de minería de oro que, en el marco del trámite de modificación de su Licencia Ambiental, contempla ajustes específicos en su configuración y alcance respecto de los escenarios previamente licenciados. En este contexto, el presente Plan de Compensación del componente biótico, se circunscribe exclusivamente a las intervenciones asociadas a la modificación de la Licencia Ambiental, tal como fueron evaluadas en el Estudio de Impacto Ambiental para la Modificación de Licencia (MEIA).

Las actividades del proyecto consideradas en este Plan corresponden únicamente a aquellas incluidas y evaluadas en el MEIA, y que generan impactos residuales sobre el componente biótico, una vez aplicadas las medidas de prevención, mitigación y corrección definidas en el Plan de Manejo Ambiental ajustado. Dichas actividades se relacionan principalmente con la intervención de ecosistemas naturales y seminaturales, la remoción de cobertura vegetal leñosa, la afectación de individuos de especies de flora y fauna con

algún grado de amenaza, y otras acciones asociadas a la adecuación de áreas operativas e infraestructura contempladas en la modificación de licencia.

Las obligaciones de compensación desarrolladas en el presente Plan se fundamentan exclusivamente en los impactos residuales del componente biótico, identificados y valorados en la matriz de impactos del MEIA para la modificación de la Licencia Ambiental. En este sentido, el plan no incorpora impactos correspondientes a componentes abióticos, socioeconómicos u otros, los cuales cuentan con instrumentos de manejo, seguimiento y control específicos dentro del licenciamiento ambiental, y no hacen parte del alcance normativo de este Plan.

Desde el punto de vista ecológico, la caracterización del área de influencia considerada en la modificación de licencia evidencia una combinación de ecosistemas naturales, vegetación secundaria alta y baja y áreas transformadas, cuya heterogeneidad ha sido incorporada en la formulación de las compensaciones ambientales. Esta condición ha permitido definir criterios técnicos asociados a la conectividad ecológica, la restauración, la rehabilitación y la recuperación de áreas degradadas, en concordancia con los impactos residuales bióticos evaluados para esta etapa del proyecto.

La información ecológica consolidada en el MEIA permitió identificar elementos de importancia ambiental relevantes para la modificación de la Licencia Ambiental, tales como corredores riparios, fragmentos de bosque con potencial de conectividad y áreas con vocación para procesos de restauración ecológica. Estos elementos constituyen la base técnica para la definición del qué, cuánto, dónde y cómo compensar, los cuales se desarrollan de manera detallada en los capítulos posteriores del presente Plan.

El Proyecto Gramalote cuenta con infraestructura autorizada mediante la Licencia Ambiental otorgada por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA y sus actos administrativos modificatorios, la cual ha sido definida y ajustada progresivamente en función de los alcances técnicos del proyecto y de los procesos de modificación de la licencia ambiental.

La infraestructura autorizada comprende las áreas e instalaciones necesarias para el desarrollo de las actividades del proyecto en sus distintas fases, incluyendo infraestructura operativa, áreas de soporte, vías internas y demás obras asociadas al funcionamiento del proyecto minero. La localización y características de dicha infraestructura han sido evaluadas ambientalmente en los estudios presentados ante la Autoridad Ambiental, y constituyen el principal origen de las intervenciones que dieron lugar a las obligaciones de compensación ambiental abordadas en el presente Plan de Compensación.

Las actividades asociadas a la construcción, adecuación y operación de la infraestructura autorizada implican la intervención de áreas con diferentes coberturas del suelo, así como la alteración de componentes del medio biótico y del recurso suelo. En particular, estas intervenciones se relacionan con la afectación de ecosistemas naturales y seminaturales, la remoción de cobertura vegetal leñosa, la eliminación de individuos pertenecientes a especies con algún grado de amenaza y la modificación de las propiedades físicas y funcionales del suelo, una vez aplicadas las medidas de prevención, mitigación y corrección definidas en el Plan de Manejo Ambiental.

En el marco del trámite de modificación de la Licencia Ambiental, la infraestructura autorizada ha sido objeto de revisión y ajuste, con base en la información más reciente contenida en el Estudio de Impacto Ambiental para la Modificación (MEIA). Esta actualización ha permitido precisar la huella de intervención asociada al proyecto y constituye el insumo técnico principal para la definición de las obligaciones de compensación ambiental desarrolladas en este Plan.

Para efectos del presente documento, la descripción de la infraestructura autorizada se presenta de manera general y contextual, con el fin de identificar el origen de las obligaciones de compensación ambiental, sin que ello implique la redefinición de las áreas autorizadas ni la incorporación de nuevos elementos de infraestructura. La caracterización detallada de cada componente de infraestructura, así como su localización específica y áreas asociadas, se encuentra desarrollada en los estudios ambientales y actos administrativos aprobados para el proyecto.

La relación entre la infraestructura autorizada y las obligaciones de compensación ambiental se aborda en los capítulos posteriores del Plan, particularmente en aquellos relacionados con la identificación de los impactos residuales y la definición del qué compensar, conforme a los lineamientos del Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018).

A continuación, en la Tabla 10.4 se presenta el resumen de la infraestructura y/u obras del proyecto que resultan pertinentes para el análisis de impactos y obligaciones de compensación ambiental en el marco de la modificación de la Licencia Ambiental. La tabla incluye tanto infraestructura previamente autorizada que no presenta cambios en la modificación, como aquella asociada a ajustes en la huella del proyecto evaluados en el MEIA.

Tabla 10.4 Infraestructura y/u obras relevantes para la modificación de la Licencia Ambiental del proyecto Gramalote

Infraestructura y/u obras	Descripción
Vías Topacio, San Antonio, Balsal, Cerro Gramalote, Peña La Cascada, vía predio Torito y vía quebrada La Palestina hacia El Trapiche	Vías existentes cuyo uso se encuentra autorizado para fines específicos del proyecto.
Vía a Cristales	Vía existente sobre la cual se construiría una variante en el marco del proyecto minero, para dar acceso al corregimiento Cristales desde la vía nacional 62.
Vías para construcción	Vías o accesos que serán utilizadas durante la etapa de construcción y montaje del proyecto.
Vías para operación – configuración inicial	Red vial requerida para iniciar la explotación del mineral, una vez culminadas las obras civiles iniciales.
Vías para operación – configuración final	Red vial requerida para el funcionamiento del proyecto al finalizar la vida útil de la mina.
Plataformas e infraestructura asociada	Infraestructura asociada a las plataformas del proyecto. Incluye canales permanentes y temporales, sistemas de distribución

Infraestructura y/u obras	Descripción
	de agua potable, campamentos, áreas integradas de operaciones, plataformas San Antonio y de trituración, planta de concreto, portería, planta de transferencia, plataforma zona polvorín, red de conducción de agua cruda, zona de ciclones, PTAP y tanque de descarga, pozo de recolección de infiltraciones.
Atagüa y tubería de desviación	Obra que se construirá para controlar el caudal de la quebrada La Palestina durante la construcción de la presa de arranque.
Presa de arranque	Infraestructura construida inicialmente para la contención de colas del proyecto.
Presa Guacas	Presa de desviación que conducirá las aguas de la quebrada Guacas hacia la quebrada San Antonio.
Túnel de desvío Guacas	Túnel construido para conducir las aguas de la quebrada Guacas hacia un canal abierto y posteriormente hacia la quebrada San Antonio.
Canal de desviación Guacas	Canal abierto que conduce las aguas de la quebrada Guacas hacia la quebrada San Antonio y finalmente al río Nus.
Presas y sedimentadores	Presas, sedimentadores y vertederos asociados a las diferentes instalaciones mineras (presa de colas, planta de beneficio, campamentos, depósitos), autorizados para el control y manejo de aguas de escorrentía superficial, infiltraciones y sedimentos durante la vida útil del proyecto.
Depósitos de material sobrante de excavación	Depósitos destinados al almacenamiento de material proveniente de excavaciones, explanaciones y cortes necesarios para la conformación de vías y plataformas.
Tajo minero Gramalote	Tajo minero de excavación donde se obtiene la producción de minerales.
Canteras	Canteras destinadas al abastecimiento de material para la construcción del proyecto.
Depósitos de estéril, material de baja ley	Depósito destinado principalmente al almacenamiento de material estéril producto de la excavación minera, compuesto por tonalitas y granodioritas, con presencia de material arenoso, gravas y una fracción fina. Depósitos destinados al almacenamiento de material de baja ley, con función preventiva para el control de sedimentos generados durante las fases de construcción, montaje y operación del proyecto.
Presa de colas	Infraestructura destinada al manejo de colas provenientes del proceso de beneficio, incluyendo presa y contrafuerte de arena, depósito de colas o relaves, sistema de decantación y transporte de colas.
Planta de beneficio y transformación	Planta con capacidad instalada de procesamiento, que incluye circuitos de molienda, trituración, flotación, lixiviación, recuperación de metales, detoxificación de cianuro,

Infraestructura y/u obras	Descripción
	espesadores de colas, almacenamiento de soluciones, proceso Merrill Crowe, cuarto del oro, sistemas de almacenamiento y distribución de reactivos, subestaciones eléctricas, salas de compresores, salaras, salas de control, helipuerto, plantas de tratamiento de agua de proceso y de oxígeno, laboratorios, edificios administrativos, racks de tuberías y piscinas de emergencia.
Áreas de movilidad y multipropósito	Donde se llevan a cabo procesos técnicos específicos del proyecto.

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

10.1.1.4.3 Aprovechamiento forestal y remoción de la cobertura vegetal

El desarrollo de las obras asociadas al Proyecto Gramalote ha requerido la remoción de cobertura vegetal y el aprovechamiento forestal en áreas correspondientes al Helobioma Nechí–San Lucas y al Orobioma Subandino Nechí–San Lucas, tanto en el marco de obras nuevas como de obras objeto de modificación.

La caracterización del aprovechamiento forestal se sustenta en la información contenida en las bases de datos de la caracterización florística, las cuales consolidan los resultados de los censos forestales realizados en las áreas a intervenir. Dichos censos permiten identificar la composición florística, la estructura y la condición sucesional de la vegetación removida.

Desde el punto de vista florístico, la información consolidada a partir de los censos forestales y parcelas de caracterización evidencia la presencia de 319 especies que suman 225.628 individuos en las áreas objeto de actualización del aprovechamiento forestal. Las especies con mayor abundancia corresponden a *Cespedesia spathulata*, *Vismia macrophylla* y *Cecropia peltata*, entre otras, las cuales son representativas de coberturas secundarias, bosques fragmentados y áreas en regeneración del Helobioma y del Orobioma Subandino Nechí–San Lucas. En cuanto a las nuevas áreas a intervenir, se registraron 200 especies que agrupan 8.640 individuos; en estas, *C. peltata*, *Cedrela odorata* y *Xylopia frutescens* presentaron la mayor abundancia.

En términos estructurales, los valores de área basal, volumen y contenido de carbono evidencian una estructura vegetal heterogénea, característica de coberturas en proceso de regeneración, cuya variabilidad se encuentra asociada tanto al tipo de bioma como a las dinámicas de uso y ocupación del suelo. En conjunto, estos resultados dan cuenta de una composición florística representativa de ecosistemas en diferentes estados sucesionales, con predominio de especies pioneras y secundarias acordes con el contexto biogeográfico del área de estudio.

El aprovechamiento forestal y la remoción de cobertura vegetal asociados al proyecto se consideran, para efectos del presente Plan de Compensación, como impactos residuales previamente evaluados en el proceso de licenciamiento ambiental. La información de los censos forestales se emplea como insumo técnico para la formulación de las obligaciones

de compensación, particularmente en la definición del qué compensar, sin que ello implique la adopción de medidas de ejecución en esta etapa.

10.1.1.4.4 Contexto paisajístico de afectación

El área de intervención del Proyecto Gramalote se inserta en un paisaje ecológicamente heterogéneo, característico del Orobioma Subandino Nechí–San Lucas, el Helobioma Nechí–San Lucas y el Hidrobioma Nechí San Lucas, áreas que han sido históricamente transformadas por actividades agropecuarias, mineras y por el desarrollo de infraestructura asociada a la ocupación rural del territorio. Este contexto ha dado lugar a una matriz paisajística dominada por coberturas transformadas y seminaturales, dentro de la cual persisten fragmentos de coberturas naturales y secundarias que cumplen funciones ecológicas relevantes a escala local y regional.

De acuerdo con la información cartográfica actualizada y el análisis espacial de las coberturas terrestres, la huella del proyecto se superpone principalmente a paisajes fragmentados con predominio de unidades de paisaje asociadas a lomas de uso agropecuario y fragmentos de bosque y vegetación secundaria, que estructuran el mosaico territorial en una configuración de matriz productiva con parches naturales y corredores riparios. Estos remanentes vegetales desempeñan un papel clave en la regulación hídrica, el mantenimiento de la conectividad ecológica y la provisión de hábitat para la fauna silvestre.

El contexto paisajístico del área de intervención se encuentra fuertemente condicionado por la red hidrográfica, en particular por las subzonas hidrográficas del río Nare y del río San Bartolo y otros directos al Magdalena Medio, donde los bosques riparios constituyen los principales ejes de conectividad estructural y funcional del paisaje. En estos sectores, la afectación del proyecto se superpone a ecosistemas con mayor relevancia ecológica relativa, lo cual incide directamente en la definición y priorización de las acciones de compensación.

Desde el punto de vista del estado de transformación del paisaje, la afectación asociada al proyecto se concentra en fragmentos de ecosistemas naturales y secundarios previamente intervenidos, cuya remoción o transformación incide sobre la funcionalidad ecológica, la conectividad del paisaje y los procesos de regeneración natural. Este escenario refuerza la necesidad de orientar las compensaciones hacia acciones de preservación, restauración y rehabilitación ecológica, dirigidas al fortalecimiento de la integridad del paisaje y a la mitigación de los efectos de la fragmentación.

Para la valoración del contexto paisajístico se aplicó el índice de contexto paisajístico (Cp), definido como la relación entre el área de coberturas naturales (ANf) y el área total de análisis (ATf), dentro de una franja de 500 m alrededor de los fragmentos naturales asociados al área de intervención del proyecto, conforme a los lineamientos metodológicos establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018):

$$Cp = \frac{ANf}{ATf}$$

Ecuación 10.1. Contexto paisajístico

Donde C_p es un índice adimensional con valores entre 0 y 1, en el que valores cercanos a 1 indican paisajes dominados por coberturas naturales y mayor conectividad ecológica, mientras que valores cercanos a 0 reflejan paisajes altamente transformados y con conectividad reducida.

El análisis realizado para el Proyecto Gramalote evidencia un contexto paisajístico predominantemente transformado, con presencia puntual de coberturas naturales y secundarias que cumplen funciones estratégicas de conectividad y soporte ecológico. Con base en la información presentada en la Tabla 10.5, el índice de contexto paisajístico (C_p) para el área de valoración se calcula como:

Tabla 10.5 Área en cobertura natural y en cobertura transformada en la zona de valoración y espacialización del contexto paisajístico de afectación

Tipo de cobertura	Área (ha)
Coberturas naturales y seminaturales (ANf)	455
Transformada	1.575,51
Total	2.030,51

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

$$C_p = 455/2.030,51 \approx 0,22$$

El valor obtenido indica que el área de intervención del Proyecto Gramalote se encuentra inmersa en un paisaje de contexto intervenido, en el cual las coberturas transformadas predominan, pero coexisten con una proporción significativa de coberturas naturales y seminaturales que cumplen un papel relevante en el mantenimiento de la conectividad ecológica y en la provisión de funciones ecosistémicas a escala local. Estos remanentes, conformados principalmente por bosques riparios, bosques fragmentados y vegetación secundaria en distintos estados sucesionales, se asocian estrechamente a la red hidrográfica y estructuran la conectividad funcional del paisaje.

Desde la perspectiva del Plan de Compensación del Componente Biótico, este contexto paisajístico constituye un insumo técnico fundamental para la definición del qué compensar y para la orientación de las estrategias de compensación ambiental, particularmente aquellas dirigidas al fortalecimiento de la conectividad ecológica, la restauración y rehabilitación de coberturas secundarias y la consolidación de fragmentos naturales existentes, en coherencia con los principios de adicionalidad y no pérdida neta de biodiversidad establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018).

El índice de contexto paisajístico (C_p) arrojó un valor aproximado de 0,22, lo cual corresponde a una condición transformada, que evidencia un paisaje con una conectividad moderada y una fragmentación moderada (ver Figura 10.2).

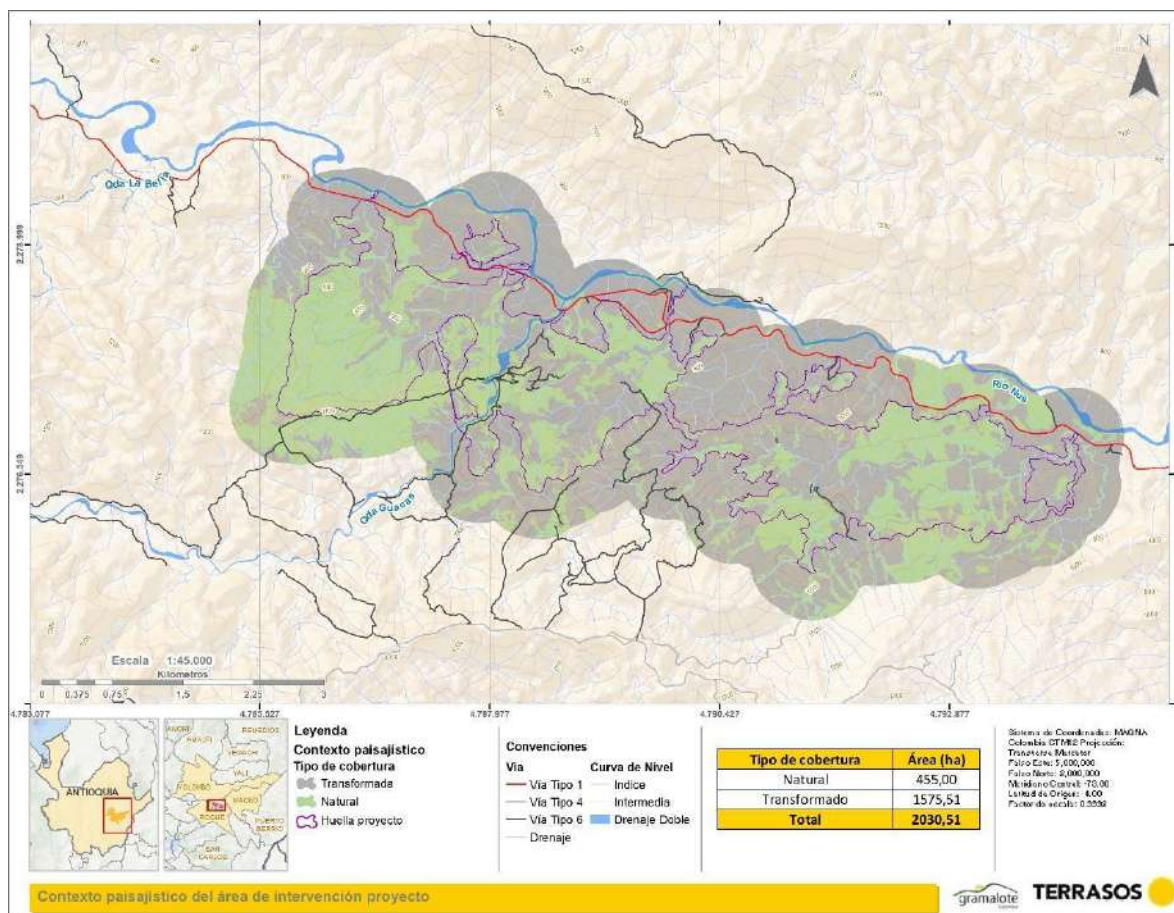


Figura 10.2 Contexto paisajístico del área de intervención del proyecto Gramalote
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

10.1.1.5 Identificación de impactos residuales que requieren ser compensados

La ejecución del Proyecto Gramalote se desarrolla en el marco de la Licencia Ambiental otorgada mediante la Resolución 1514 de 2015 por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA y sus posteriores modificaciones. En el contexto del trámite de modificación de la Licencia Ambiental, y con base en la información técnica consolidada en el Estudio de Impacto Ambiental para la Modificación de Licencia (MEIA), se actualizó la identificación, caracterización y jerarquización de impactos del proyecto, así como la delimitación cartográfica de la huella de intervención y la cuantificación de las coberturas terrestres asociadas.

A partir de la actualización cartográfica y del análisis espacial desarrollado para el escenario con proyecto, se determinó que el área total de huella analizada para el componente biótico corresponde a 996,67 ha, la cual incluye coberturas transformadas, seminaturales, secundarias y naturales. De conformidad con los lineamientos del Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018), únicamente aquellas coberturas cuya intervención genera impactos residuales permanentes sobre atributos de la biodiversidad, en términos de composición, estructura y función, constituyen objeto de compensación del componente biótico. En consecuencia, coberturas altamente artificiales o asociadas a infraestructura (p. ej. red vial, tejido urbano, cuerpos de agua artificiales, entre otras) se consideran no objeto para esta obligación específica y se excluyen del cálculo (factor igual a cero).

Los impactos residuales del componente biótico considerados en este capítulo corresponden a los impactos homologados y evaluados en el MEIA para el escenario con proyecto. Con base en la aplicación de la jerarquía de mitigación (evitar, prevenir, mitigar y corregir), se identifican como impactos residuales aquellos efectos negativos que persisten aun después de la implementación de medidas de manejo ambiental, y que se materializan principalmente en la pérdida o transformación permanente de coberturas naturales y secundarias, la fragmentación del hábitat, la alteración de la funcionalidad ecológica del paisaje y la modificación del hábitat disponible para fauna terrestre, derivados de actividades como el desmonte, descapote, remoción de cobertura vegetal y la adecuación de áreas para infraestructura y operación minera.

La identificación de los impactos residuales se fundamenta en la evaluación ambiental del escenario con proyecto desarrollada en el MEIA. Este análisis se construyó mediante matrices basadas en la metodología adaptada de Conesa Fernández (2010) y en el proceso de homologación de impactos definido por la ANLA. El ejercicio permitió identificar las actividades del proyecto con incidencia directa sobre el componente biótico y establecer el conjunto de impactos que, por su persistencia y naturaleza, requieren ser compensados en el marco del Plan de Compensación por Pérdida de Biodiversidad.

Con base en el análisis actualizado de coberturas terrestres y en la aplicación de los factores de compensación definidos para los biomas presentes en el área de intervención, se identificaron como coberturas objeto de compensación aquellas asociadas a bosques de galería y/o riparios y bosques fragmentados con vegetación secundaria, así como coberturas de vegetación secundaria en diferentes estados sucesionales. Adicionalmente,

se incluyeron coberturas seminaturales/agropecuarias bajo un esquema de compensación 1:1 (factor igual a uno) conforme al criterio técnico adoptado para el cálculo final. En contraste, coberturas excluidas o no objeto de compensación se asignaron con factor igual a cero.

Como resultado de este ejercicio, la obligación de compensación del componente biótico para el escenario con proyecto (calculada a partir de la huella definitiva “Qué compensar”) asciende a **3.055,95 ha** de compensación. Este valor constituye el insumo técnico principal para la definición del qué compensar y el cuánto compensar, y soporta la priorización territorial y operativa del dónde y el cómo compensar, aspectos que se desarrollan en los capítulos posteriores del presente Plan.

En consecuencia, los impactos residuales sujetos a compensación corresponden exclusivamente a los impactos homologados en el MEIA 2025 para el componente biótico terrestre, a saber: Alteración a ecosistemas y hábitats terrestres; Alteración de la estructura ecológica del paisaje; Alteración a comunidades de flora; y Alteración a comunidades de fauna terrestre, todos ellos evaluados como negativos, residuales y de carácter permanente para el escenario con proyecto (Tabla 10.6). Estos impactos constituyen el fundamento técnico del presente Plan de Compensación del Componente Biótico y mantienen coherencia directa con la matriz de evaluación ambiental y las fichas técnicas correspondientes.

Tabla 10.6 Identificación de impactos ambientales del componente biótico para ecosistemas terrestres

Componente	Impacto ambiental homologado (MEIA 2025)	Actividades asociadas	Naturaleza	Persistencia	Descripción del impacto en el proyecto
Ecosistemas	Alteración a ecosistemas y hábitats terrestres	Desmonte, descapote, adecuación de infraestructura	Negativo residual	Permanente	Transformación definitiva de coberturas naturales y secundarias, con pérdida de atributos de composición, estructura y función ecológica.
Ecosistemas	Alteración de la estructura ecológica del paisaje	Conversión de coberturas y fragmentación por infraestructura	Negativo residual	Permanente	Reducción de conectividad estructural y funcional entre fragmentos de bosque y

Componente	Impacto ambiental homologado (MEIA 2025)	Actividades asociadas	Naturaleza	Persistencia	Descripción del impacto en el proyecto
					vegetación secundaria.
Flora	Alteración a comunidades de flora	Aprovechamiento forestal y remoción de vegetación	Negativo residual	Permanente	Disminución de individuos y modificación estructural de poblaciones vegetales en áreas intervenidas.
Fauna	Alteración a comunidades de fauna terrestre	Pérdida y transformación de hábitat	Negativo residual	Permanente	Reducción del hábitat disponible y desplazamiento de fauna terrestre asociada a coberturas intervenidas.

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

De acuerdo con la jerarquía de la mitigación del impacto, los impactos residuales corresponden a aquellos efectos negativos que persisten una vez implementadas las medidas de prevención, mitigación y corrección definidas en el Plan de Manejo Ambiental. En el marco del presente Plan, los impactos residuales objeto de compensación corresponden exclusivamente a los impactos homologados en el MEIA para el componente biótico terrestre, los cuales fueron evaluados como negativos, residuales y de carácter permanente.

Estos impactos, constituyen el fundamento técnico para la definición del qué compensar y del cuánto compensar, y mantienen coherencia directa con la matriz de evaluación ambiental y con las fichas técnicas del componente biótico (ecosistemas terrestres, cobertura vegetal, flora y fauna terrestre). La cuantificación de la obligación de compensación se realiza mediante la aplicación de los factores establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018), conforme a los criterios de equivalencia ecosistémica y no pérdida neta de biodiversidad.

10.1.1.6 Objetivos del plan de compensación

Teniendo en cuenta la descripción del proyecto y sus impactos residuales a continuación se presentan los objetivos del plan de compensación.

10.1.1.6.1 Objetivo general

Establecer e implementar las estrategias de compensación de los impactos residuales negativos sobre el componente biótico derivados de las actividades del Proyecto Gramalote, mediante la ejecución de acciones de preservación, restauración y recuperación ecológica, incluyendo la implementación de sistemas agroforestales (SAF) y herramientas de manejo del paisaje (HMP), en cumplimiento de un total de **3.055,95 ha** de compensación ecológicamente equivalentes localizadas en el Orobioma Subandino Nechí–San Lucas y **Helobioma Nechí-San Lucas**, conforme a los lineamientos del Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018) y a los requerimientos establecidos por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales en el marco de la Resolución 356 de 2024 y su acto resolutivo complementario.

10.1.1.6.2 Objetivos específicos

- Preservar la integridad ecológica del paisaje a través de la conectividad estructural de los relictos de bosque existentes, así como la protección de zonas de recarga y rondas hídricas, facilitando la consolidación de áreas naturales.
- Implementar acciones que favorezcan la rehabilitación de los atributos composicionales, funcionales y estructurales de unidades de vegetación mediante el reemplazo de las coberturas artificializadas y degradadas por coberturas naturales.
- Desarrollar acciones de recuperación ecológica a través de la implementación de sistemas agroforestales (SAF) y herramientas de manejo de paisaje (HMP) en aras de promover la sostenibilidad y la conservación de la biodiversidad del territorio.
- Garantizar que la implementación de las estrategias de compensación sea efectiva y sostenible en el tiempo, produciendo resultados positivos y medibles sobre la estructura y composición de la vegetación, encaminados a lograr la no pérdida neta de biodiversidad y/o una eventual ganancia en este aspecto.

10.1.1.7 Alcance del plan de compensación

El presente plan tiene como alcance lograr la compensación efectiva de los impactos residuales generados por el proyecto Gramalote, mediante la implementación de acciones de preservación y restauración con enfoque de rehabilitación y recuperación ecológica sobre un total de **3.055,95** hectáreas, distribuidas en alternativas identificadas en los municipios de Yolombó, San Roque y Maceo ubicados en el departamento de Antioquia y localizadas en el Orobioma Subandino Nechí - San Lucas y el Helobioma Nechí–San Lucas, siguiendo los lineamientos establecidos en la actualización del Manual de Compensación del Componente Biótico acogido en la Resolución 256 del 22 de febrero de 2018.

En relación con las unidades ecosistémicas de referencia, y con base en la cartografía definitiva incorporada en el Estudio de Impacto Ambiental para la Modificación de Licencia (MEIA), se precisa que si bien el proyecto presenta impactos generan la obligación de compensación en tres (3) biomas, el **99,08%** de estos se localizan en el Orobioma Subandino Nechí - San Lucas, por lo que, las alternativas seleccionadas se priorizaron sobre este bioma, al ser en donde el proyecto generará una mayor proporción de sus impactos residuales, esto de acuerdo con los lineamientos del Manual de Compensaciones

del Componente Biótico. 99,08% de estos se localizan en el Orobioma Subandino Nechí - San Lucas, por lo que, las alternativas seleccionadas se priorizaron sobre este bioma, al ser en donde el proyecto generará una mayor proporción de sus impactos residuales, esto de acuerdo con los lineamientos del Manual de Compensaciones del Componente Biótico.

Para la implementación de dichas acciones se plantean diversas actividades a desarrollar durante un periodo de 20 años, dentro del cual se proyecta dar cumplimiento a los objetivos y metas establecidos en el presente plan de compensación, a través del seguimiento de los indicadores de gestión e impacto sobre la biodiversidad.

Las actividades propuestas para el cumplimiento de las acciones se orientan al manejo y mitigación de los factores tensionantes y limitantes identificados, e incluyen la vinculación de un guardabosque, el desarrollo de procesos de información, orientación y sensibilización ambiental mediante señalizaciones y jornadas de relacionamiento con los actores involucrados, así como el establecimiento y liberación de individuos forestales nativos y el mantenimiento, monitoreo y seguimiento continuo de las áreas intervenidas.

De manera articulada, estas acciones buscan generar efectos sinérgicos que contribuyan a la conservación y fortalecimiento del sistema ecológico del bosque húmedo a través del mantenimiento y la mejora de los atributos de la biodiversidad, en términos de composición, estructura y función ecosistémica.

10.1.1.8 Requerimientos de compensación

Esta sociedad se permite referenciar que en el marco de la Licencia Ambiental, objeto de solicitud de modificación, el Plan de Compensación del Componente Biótico del Proyecto Gramalote contó con pronunciamientos favorables por parte de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, en particular mediante las Resoluciones 725 de 2022 y 1380 de 2022, en las cuales se aceptó la propuesta de acogimiento al Manual de Compensaciones del Componente Biótico en lo que respecta al cómo y dónde, adoptado mediante la Resolución 256 de 2018, de conformidad con lo dispuesto en la Resolución 0370 de 2021.

En este contexto, el presente Plan se estructura integralmente bajo los lineamientos técnicos, conceptuales y metodológicos del Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018), el cual constituye el marco normativo y técnico vigente para la definición de los requerimientos asociados al qué, cuánto, dónde y cómo compensar por la pérdida del componente biótico derivada de los impactos residuales del proyecto, en coherencia con el enfoque ecosistémico y el principio de no pérdida neta de biodiversidad.

El ajuste del Plan de Compensación del Componente Biótico se deriva de la necesidad de modificación de la Licencia Ambiental del proyecto, sustentada en la optimización de la huella de intervención, la actualización de coberturas terrestres y el refinamiento técnico de la información ecosistémica del área de intervención y del ámbito geográfico de compensación, así como de la revisión integral de los impactos residuales del componente biótico. Este ajuste incorpora igualmente el cumplimiento de los requerimientos formulados por la ANLA, en particular lo establecido en el Artículo Octavo de la Resolución 725 de 2022 y en los Requerimientos 1 y 2 del Acta 875 de 2022, así como los compromisos definidos en los Artículos Sexto y Séptimo de la Resolución 725 de 2022, todo ello en el marco del trámite de modificación de la Licencia Ambiental.

En atención a lo anterior, y con base en la verificación técnica, predial, jurídica y ecosistémica de las acciones de preservación, rehabilitación y recuperación ecológica, se presenta a la ANLA la formulación actualizada de las acciones de compensación, orientadas al mantenimiento, restablecimiento y mejoramiento de la integridad ecológica de los ecosistemas y del paisaje, para las alternativas definitivas del Plan de Compensación del Componente Biótico.

Las alternativas definitivas de compensación corresponden a las siguientes unidades territoriales: Alto Guacas, Bosques de San Roque, Florida, Guacharacas, La Estrella, La Herradura, La Montaña, Majagual – Recreo, Mulutal, Palestina – Diluvio, Reserva San Pedro, Socorro, Tucumán y Uso Sostenible, localizadas en el departamento de Antioquia, en los municipios de San Roque, Maceo y Yolombó. Estas alternativas integran acciones de preservación —mediante acuerdos de conservación, servidumbres ecológicas e incentivos para el mantenimiento y conservación de las áreas—, así como acciones complementarias de rehabilitación y, de manera puntual, recuperación ecológica a través de herramientas del paisaje que permitirán complementar la conservación con acciones de uso sostenible en el territorio.

Las alternativas propuestas corresponden a áreas ecológicamente equivalentes, cuya selección responde a los criterios de equivalencia ecosistémica, conectividad ecológica, adicionalidad, representatividad ecosistémica y viabilidad técnica y predial, definidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018), tal como se desarrolla en los apartados y tablas correspondientes del presente documento.

Así mismo, en el marco del trámite de modificación de la Licencia Ambiental y del refinamiento técnico de las coberturas terrestres, se aclara a la Autoridad que la distribución espacial y funcional de las áreas asociadas a las acciones de preservación, rehabilitación y recuperación en las alternativas definitivas fue objeto de ajustes técnicos y cartográficos, en coherencia con la actualización de la huella del proyecto y la revisión del componente “qué compensar”, sin que ello implique la modificación del objeto, alcance ni finalidad del Plan de Compensación del Componente Biótico, sino su fortalecimiento desde una perspectiva ecosistémica y de implementación efectiva.

En este sentido, las acciones de compensación definidas se orientan a garantizar la permanencia y mejora de coberturas naturales y secundarias estratégicas, el fortalecimiento de la conectividad estructural del paisaje y la recuperación de áreas dónde previamente se han generado impactos antrópicos ajenos al proyecto, asegurando que el Plan contribuya de manera verificable al objetivo de no pérdida neta de biodiversidad, conforme a los lineamientos del Manual de Compensaciones del Componente Biótico.

10.1.1.8.1 ¿Qué compensar?

La determinación del qué compensar para el Proyecto Gramalote se fundamenta en un análisis integrado de los impactos residuales del componente biótico, la clasificación y cuantificación actualizada de las coberturas terrestres intervenidas, el contexto paisajístico, las zonas de vida, los biomas presentes y los criterios de equivalencia ecosistémica, en concordancia con lo establecido en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018).

En este marco, el objeto de compensación corresponde exclusivamente a los impactos residuales permanentes sobre la biodiversidad terrestre, derivados de la transformación definitiva de coberturas naturales y seminaturales dentro de la huella autorizada del proyecto, así como de la alteración de sus atributos estructurales, composicionales y funcionales. No se compensan impactos temporales ni aquellos completamente evitados, mitigados o corregidos mediante medidas de manejo ambiental.

El qué compensar se definió a partir del cruce espacial entre la huella actualizada del proyecto, conforme a la modificación de la licencia ambiental, y la interpretación más reciente de coberturas de la tierra, identificándose un área total intervenida de 996,67 ha, que incluye coberturas naturales, seminaturales y transformadas.

A. Ecosistemas y contexto ecológico afectado

De acuerdo con la información cartográfica definitiva incorporada en el Estudio de Impacto Ambiental para la Modificación de Licencia (MEIA) y con base en la capa oficial de biomas del IDEAM (2024), el área de intervención del Proyecto Gramalote se localiza principalmente en el Orobioma Subandino Nechí–San Lucas, el cual abarca el 99,08% del área total del impacto, por otro lado el Helobioma Nechí - San Lucas, tiene una representación del 0,28% sobre esta unidad biótica y el Hidrobioma Nechí-San Lucas una representación del 0,64% (Figura 10.3).

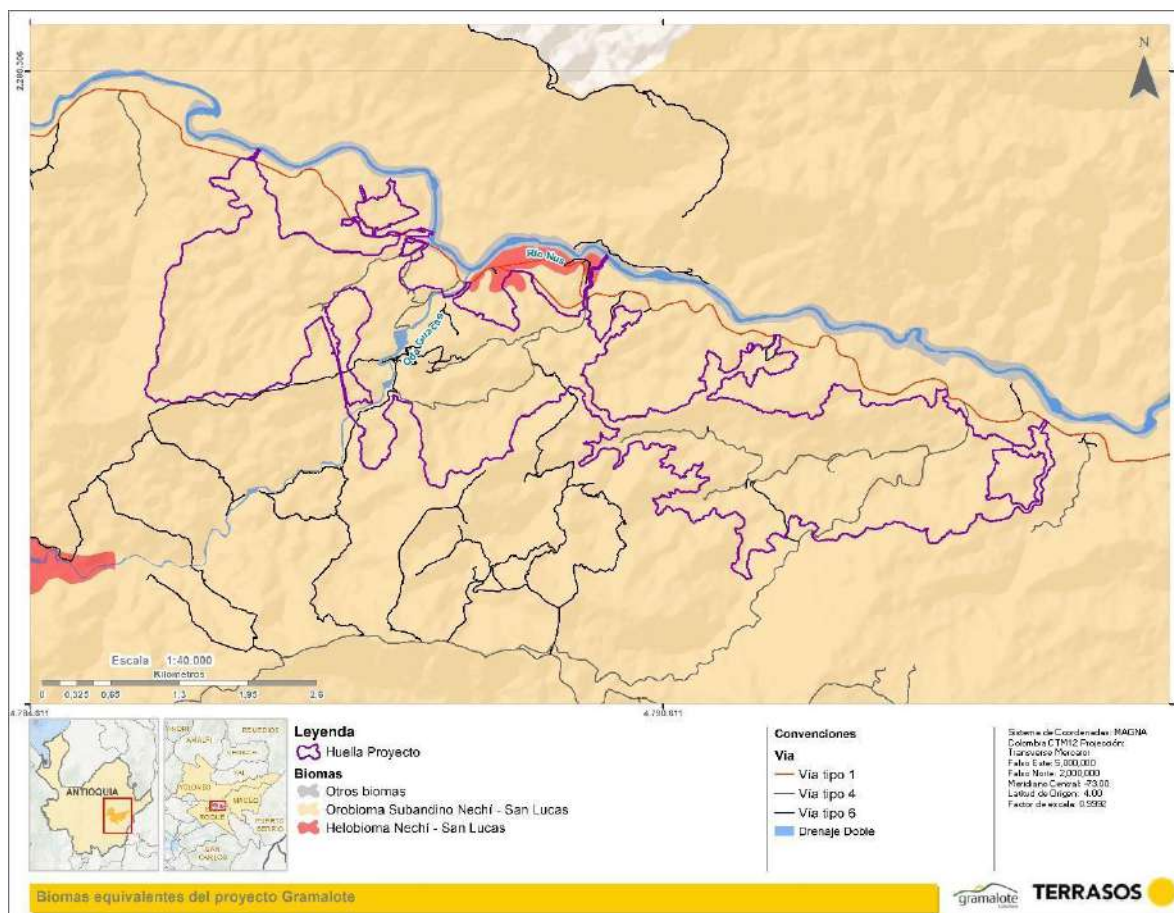
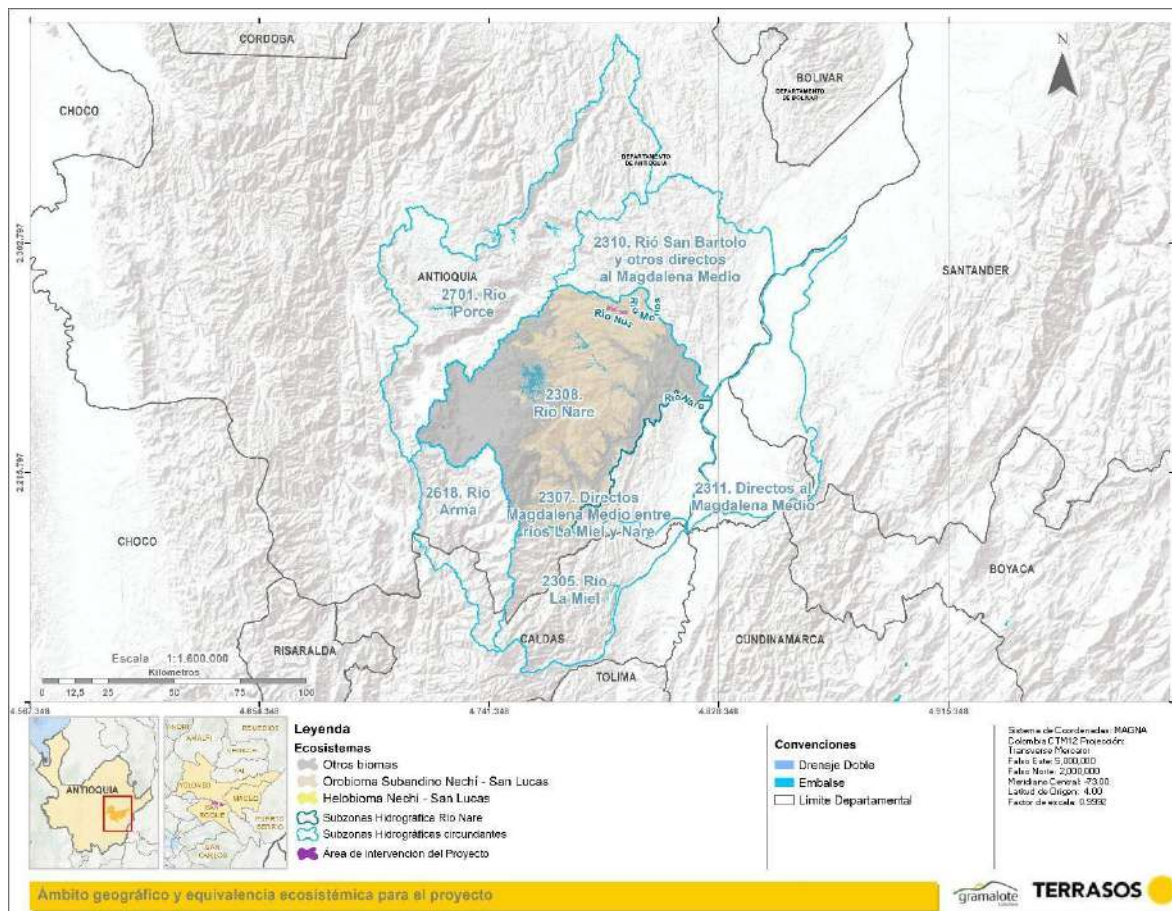


Figura 10.3 Biomias equivalentes del proyecto Gramalote.

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Así mismo, el proyecto se encuentra inserto en la subzona hidrográfica del río Nare, lo cual condiciona su contexto ecológico y funcional a escala de paisaje (Figura 10.4).



Desde el punto de vista paisajístico, el área de intervención se caracteriza por una matriz heterogénea en la que predominan coberturas transformadas y seminaturales, principalmente asociadas a usos agropecuarios, infraestructura y actividades antrópicas históricas. No obstante, dentro de esta matriz persisten remanentes estratégicos de ecosistemas naturales y secundarios, representados principalmente por bosques de galería y/o riparios, bosques fragmentados con vegetación secundaria y coberturas de vegetación secundaria en distintos estados sucesionales, los cuales cumplen un papel relevante en el mantenimiento de la conectividad ecológica y en la provisión de funciones ecosistémicas a escala local y subregional.

La coexistencia de coberturas transformadas con remanentes naturales y secundarios evidencia un paisaje funcionalmente fragmentado, pero con oportunidades claras para la consolidación de corredores ecológicos y la recuperación de la funcionalidad ecosistémica. En este contexto, la formulación del Plan de Compensación del Componente Biótico prioriza acciones orientadas a mantener, fortalecer y mejorar la conectividad estructural y funcional del paisaje, así como a la rehabilitación y recuperación de ecosistemas intervenidos, en

coherencia con el principio de no pérdida neta de biodiversidad y con los lineamientos establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018).

B. Coberturas terrestres objeto de compensación

Con base en la cuantificación consolidada de coberturas intervenidas y acorde a los criterios establecidos en el Manual, se identifican como objeto de compensación por los impactos asociados al componente biótico aquellas coberturas cuya intervención genera impactos residuales permanentes sobre los ecosistemas terrestres, específicamente:

- Bosque de galería y/o ripario, debido a su alta importancia ecológica, su función en la regulación hídrica y su papel como corredor biológico.
- Bosque fragmentado con vegetación secundaria, correspondiente a remanentes boscosos cuya pérdida implica reducción de hábitat y conectividad.
- Vegetación secundaria alta, asociada a estados sucesionales intermedios–avanzados que aportan estructura, diversidad y funcionalidad ecológica.
- Vegetación secundaria baja, correspondiente a estados sucesionales tempranos que, pese a su menor complejidad estructural, representan áreas estratégicas para procesos de rehabilitación ecológica.
- Coberturas asociadas a sistemas productivos, tales como pastos limpios, pastos arbolados, pastos enmalezados y cultivos permanentes herbáceos, en la medida en que su transformación implica pérdida de atributos ecológicos del paisaje y contribuye a la fragmentación de ecosistemas.

Por el contrario, las coberturas altamente transformadas o artificiales, tales como tejidos urbanos, infraestructura vial, zonas industriales o comerciales, cuerpos de agua artificiales y zonas de extracción minera, no constituyen objeto directo de compensación para el componente biótico, dado que el Manual de Compensaciones establece un FC igual a cero ($FC = 0$) para este tipo de coberturas.

La Tabla 10.7 corresponde a la totalidad de coberturas terrestres identificadas dentro del área de intervención definitiva del proyecto (996,67 ha), conforme a la actualización cartográfica del MEIA. Es importante precisar que no todas las coberturas aquí relacionadas son objeto de aprovechamiento forestal, sino que éste aplica únicamente a aquellas coberturas boscosas y de vegetación secundaria, las cuales son referenciadas en el anexo cartográfico en la capa temática “AprovechaForestalPG”, y además se detallan en el capítulo de Uso y Aprovechamiento de los Recursos Naturales, de la presente solicitud de modificación de licencia. Para efectos de la determinación del “cuánto compensar”, el cálculo se realiza a partir de las áreas efectivamente objeto de aprovechamiento forestal representadas en la capa “AprovechaForestalPG” y su correspondiente clasificación de coberturas, por lo que la información puntual contenida en “AprovechaForestalPT”, asociada a la caracterización forestal, no constituye una variable para el cálculo del área a compensar.

Tabla 10.7 Coberturas identificadas al interior del área de intervención del proyecto Gramalote

Bioma	Cobertura	Área impactada (ha)
Helobioma Nechí - San Lucas	Pastos enmalezados del Helobioma Nechí - San Lucas	0,02
	Pastos limpios del Helobioma Nechí - San Lucas	1,12
	Red vial y territorios asociados del Helobioma Nechí - San Lucas	0,12
	Tejido urbano discontinuo del Helobioma Nechí - San Lucas	0,03
	Vegetación secundaria baja del Helobioma Nechí - San Lucas	0,50
	Zonas industriales o comerciales del Helobioma Nechí - San Lucas	0,99
Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	Aeropuerto del Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	0,29
	Bosque de galería y/o ripario del Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	133,18
	Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	107,97
	Caña del Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	140,78
	Guadua del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	4,09
	Mosaico de cultivos del Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	4,56
	Pastos arbolados del Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	70,55
	Pastos enmalezados del Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	64,76
	Pastos limpios del Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	142,26
	Red vial y territorios asociados del Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	5,12
	Tejido urbano discontinuo del Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	3,50
	Tierras desnudas y degradadas del Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	1,58
	Vegetación secundaria alta del Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	111,38
	Vegetación secundaria baja del Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	176,77
	Zonas arenosas naturales del Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	0,61
	Zonas de extracción minera del Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	17,05
	Zonas industriales o comerciales del Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	3,02

Bioma	Cobertura	Área impactada (ha)
Hidrobioma Nechí-San Lucas	Lagunas, lagos y ciénagas naturales del Hidrobioma Nechí San Lucas	0,19
	Ríos del Hidrobioma Nechí-San Lucas	6,23
TOTAL		996,67

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Como se evidencia en la tabla anterior, la mayor parte del impacto por parte del proyecto se localiza en el Orobioma Subandino Nechí - San Lucas con un total de 987,47 ha impactadas, mientras que únicamente 2,79 ha (0,28%) tendrá relación con el Helobioma Nechí - San Lucas y 6,41 ha (0,64%) tendrá relación con el Hidrobioma Nechí-San Lucas.

La Figura 10.5 presenta la distribución espacial de las coberturas terrestres impactadas por el Proyecto Gramalote dentro de la huella autorizada, a partir de la cartografía actualizada del MEIA. En ella se evidencia la localización y extensión de las coberturas naturales, seminaturales y transformadas intervenidas, en relación con la infraestructura del proyecto y los elementos físicos del territorio. Esta representación cartográfica constituye el soporte espacial para la identificación del qué compensar, al permitir visualizar las coberturas cuya transformación genera impactos residuales permanentes sobre el componente biótico y que, por tanto, son consideradas objeto de compensación en el presente Plan.

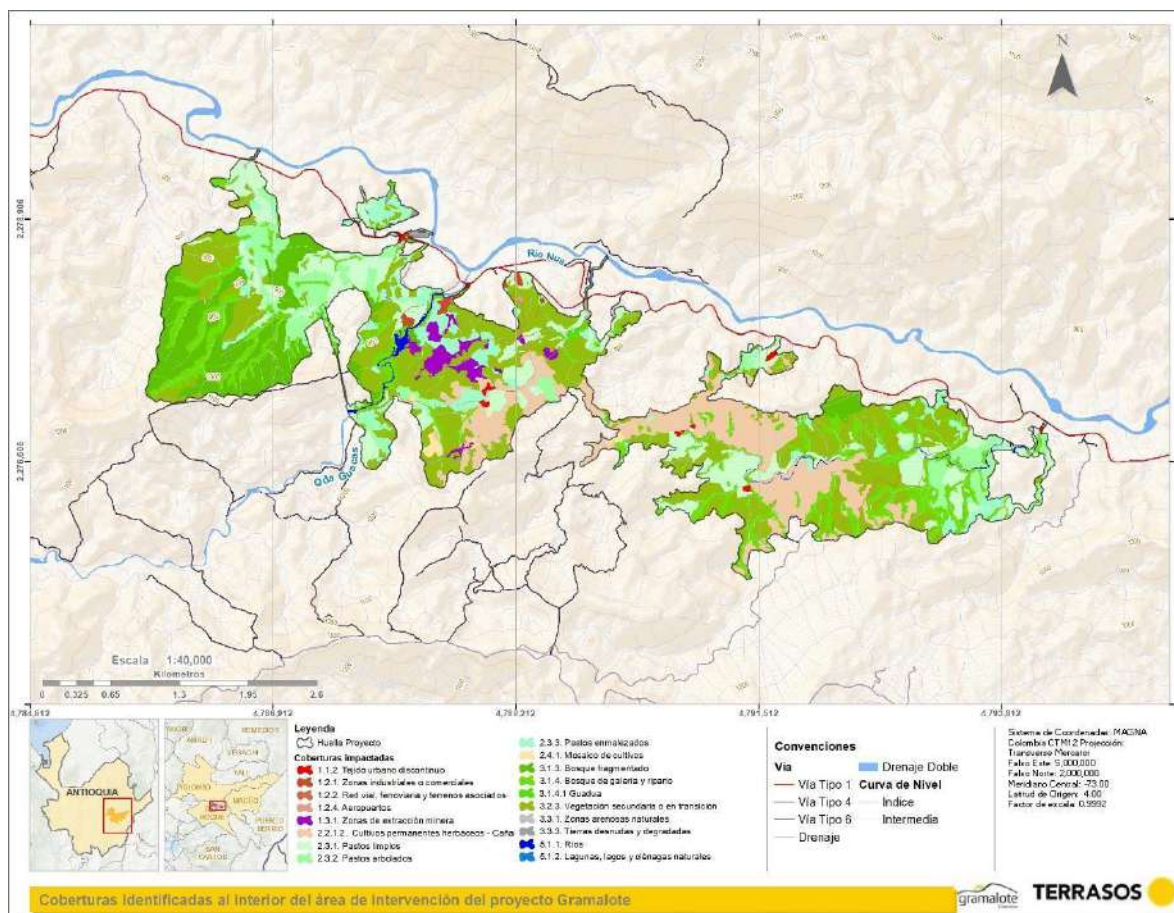


Figura 10.5 Coberturas identificadas al interior del área de intervención del proyecto Gramalote

Fuente: Gramalote Colombia, 2026

10.1.1.8.2 ¿Cuánto compensar?

La determinación del cuánto compensar para el Proyecto Gramalote se desarrolla a partir de las áreas definidas en el componente “qué compensar”, expresadas en hectáreas de coberturas naturales y seminaturales impactadas por bioma, y se calcula mediante la aplicación de los factores de compensación establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018). En este sentido, el presente capítulo no redefine ni reinterpreta las áreas impactadas, sino que aplica de manera directa y trazable los factores técnicos correspondientes a cada unidad biótica, conforme al marco metodológico vigente.

Los factores de compensación utilizados consideran, entre otros criterios, el tipo de bioma, el estado de conservación de las coberturas intervenidas, el contexto paisajístico y la relevancia ecológica de los ecosistemas afectados, de acuerdo con lo dispuesto en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico. La selección y aplicación de dichos factores se realiza de manera consistente con la información cartográfica oficial del proyecto

y con los lineamientos aceptados por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA para el Plan de Compensación del Componente Biótico del Proyecto Gramalote.

El resultado del cálculo del cuánto compensar se expresa en términos de área total a compensar (hectáreas), como producto de la multiplicación de las áreas impactadas por los factores de compensación aplicables a cada cobertura y bioma. Los valores obtenidos se presentan en las tablas correspondientes de este capítulo.

En consecuencia, el presente capítulo se limita a describir y sustentar el procedimiento técnico para la cuantificación de la obligación de compensación del componente biótico, garantizando claridad metodológica, coherencia con el componente “qué compensar” y trazabilidad entre el documento principal y la información cartográfica oficial del proyecto.

El cálculo del área equivalente de compensación se efectuó mediante la siguiente expresión general:

$$Ac = Ai \times FC$$

Donde:

Ac: Área equivalente a compensar (ha)

Ai: Área intervenida por tipo de cobertura (ha)

FC: Factor de compensación asignado a la cobertura

Esta regla operativa se aplica a aquellas coberturas para las cuales el Manual define un factor directo de compensación, para las coberturas naturales del bioma impactado, en este caso el Orobioma Subandino Nechí-San Lucas de 6,75 y para el Helobioma Nechí-San Lucas de 7,25, mientras que para áreas con vegetación secundaria se tomará la mitad de estos factores acorde al bioma impactado y para aquellas coberturas asociadas a usos productivos (pastos y cultivos), el Manual establece un factor unitario de 1.

De esta forma, en la Tabla 10.8 se presenta el cálculo del cuánto compensar acorde a las coberturas impactadas y a los factores de compensación referenciados para cada una de estas.

Tabla 10.8 Cálculo del cuánto compensar a partir de las coberturas identificadas al interior del área de intervención del proyecto Gramalote

Bioma	Cobertura	Área impactada (ha)	FC	Cuanto Compensar
Helobioma Nechí - San Lucas	Pastos enmalezados del Helobioma Nechí - San Lucas	0,02	1,00	0,02
Helobioma Nechí - San Lucas	Pastos limpios del Helobioma Nechí - San Lucas	1,12	1,00	1,12
Helobioma Nechí - San Lucas	Red vial y territorios asociados del Helobioma Nechí - San Lucas	0,12	0,00	0,00
Helobioma Nechí - San Lucas	Tejido urbano discontinuo del Helobioma Nechí - San Lucas	0,03	0,00	0,00
Helobioma Nechí - San Lucas	Vegetación secundaria baja del Helobioma Nechí - San Lucas	0,50	3,63	1,83

Bioma	Cobertura	Área impactada (ha)	FC	Cuanto Compensar
Helobioma Nechí - San Lucas	Zonas industriales o comerciales del Helobioma Nechí - San Lucas	0,99	0,00	0,00
Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	Aeropuerto del Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	0,29	0,00	0,00
Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	Bosque de galería y/o ripario del Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	133,18	6,75	898,99
Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	107,97	6,75	728,80
Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	Caña del Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	140,78	1,00	140,78
Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	Guadua del Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	4,09	6,75	27,59
Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	Mosaico de cultivos del Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	4,56	1,00	4,56
Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	Pastos arbolados del Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	70,55	1,00	70,55
Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	Pastos enmalezados del Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	64,76	1,00	64,76
Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	Pastos limpios del Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	142,26	1,00	142,26
Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	Red vial y territorios asociados del Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	5,12	0,00	0,00
Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	Tejido urbano discontinuo del Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	3,50	0,00	0,00
Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	Tierras desnudas y degradadas del Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	1,58	1,00	1,58
Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	Vegetación secundaria alta del Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	111,38	3,38	375,90
Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	Vegetación secundaria baja del Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	176,77	3,38	596,60

Bioma	Cobertura	Área impactada (ha)	FC	Cuanto Compensar
Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	Zonas arenosas naturales del Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	0,61	1,00	0,61
Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	Zonas de extracción minera del Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	17,05	0,00	0,00
Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	Zonas industriales o comerciales del Orobioma Subandino Nechí - San Lucas	3,02	0,00	0,00
Hidrobioma Nechí-San Lucas	Lagunas, lagos y ciénagas naturales del Hidrobioma Nechí- San Lucas	0,19	0,00	0,00
Hidrobioma Nechí-San Lucas	Ríos del Hidrobioma Nechí-San Lucas	6,23	0,00	0,00
TOTAL		996,67		3.055,95

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Como resultado de este ejercicio, el requerimiento total de compensación del componente biótico del Proyecto Gramalote asciende a 3.055,95 hectáreas de compensación, valor que representa el insumo técnico definitivo para la formulación y ajuste de las acciones de compensación del Plan.

Este resultado sustenta el dimensionamiento de las estrategias de preservación, rehabilitación y recuperación ecológica que se desarrollan en los capítulos siguientes del presente Plan de Compensación del Componente Biótico y podrá ser objeto de ajuste únicamente en función de la afectación real y efectiva que se materialice durante la ejecución del proyecto, conforme a los mecanismos de seguimiento y reporte definidos ante la Autoridad Ambiental.

10.1.1.8.3 ¿Dónde compensar?

La definición del “¿dónde compensar?” para el Proyecto Gramalote se fundamenta en las alternativas de compensación previamente evaluadas y aprobadas por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, en el marco de los actos administrativos vigentes: Resolución 725 de 2022, modificada por las Resoluciones 1380 de 2022, 356 de 2024 y 981 de 2024; así como en las áreas propuestas en atención al requerimiento establecido en el Artículo Noveno de la Resolución 356 de 2024, mediante los radicados ANLA No. 20256200748482 del 27 de junio de 2025 y No. 20256201253322 del 10 de octubre de 2025. Estas alternativas constituyen el marco territorial de referencia para la planeación de las acciones de compensación del componente biótico del proyecto.

En el marco del proceso de modificación del Plan, se retoma la actualización e interpretación de las coberturas de la tierra realizada tanto en el área de intervención del proyecto como en las áreas potenciales de compensación. Cabe señalar que dicha actualización dio cumplimiento a los requerimientos formulados por la Autoridad, específicamente el numeral 2 del Artículo Octavo de la Resolución 725 de 2022 y el Requerimiento 2 del Acta de Seguimiento No. 875 de 2022. Este ejercicio se desarrolló a partir del análisis de imagen satelital de alta resolución (EarthScanner-JL-1KF01, julio de

2023; resolución espacial de 0,5 m/píxel), con base en la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia (IDEAM, 2010), a escala 1:7.500 y con una unidad mínima cartografiada de 0,14 ha, complementado con verificación en campo entre febrero y julio de 2025, cuyos resultados constituyen el soporte técnico para la presente modificación.

Como resultado de este ejercicio técnico de refinamiento cartográfico y de la aplicación de los criterios de equivalencia ecosistémica establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018), el ¿dónde compensar? del presente Plan se circunscribe en 13 alternativas de compensación, las cuales corresponden a un subconjunto de las 19 alternativas previamente aprobadas por la Autoridad Ambiental mediante [Artículo Segundo y Cuarto de la Resolución 356 de 2024 y Artículo Segundo de la Resolución 981 de 2024](#). Estas alternativas se estructuran como unidades operativas de planeación, conformadas por agrupaciones de predios que, en conjunto, permiten direccionar de manera coherente las estrategias de preservación y restauración definidas para el cumplimiento de la obligación de compensación del componente biótico.

El presente Plan mantiene las alternativas de compensación previamente aprobadas en términos de localización geográfica. No obstante, fruto de la actualización e interpretación a mayor detalle de las coberturas vegetales, se ajustaron las estrategias y acciones de compensación asignadas a algunos polígonos dentro de las alternativas aprobadas. Estos elementos se identifican en el Modelo de Almacenamiento Geográfico (GDB) bajo el estado de "Polígono Modificado", indicando que, si bien la ubicación espacial del "Dónde" ya cuenta con aprobación, la estrategia de manejo se redefinió para responder al estado actual del terreno. De igual forma, en aquellos polígonos donde no hubo variación de coberturas, se mantiene la estrategia originalmente aprobada.

Por otro lado, se incluye nuevamente para evaluación de la Autoridad la propuesta de áreas destinadas a [Uso sostenible](#), previamente presentadas en atención al requerimiento establecido en el Artículo Noveno de la Resolución 356 de 2024, mediante los radicados ANLA No. 20256200748482 del 27 de junio de 2025 y No. 20256201253322 del 10 de octubre de 2025, con el fin de integrarla formalmente en el marco de la presente modificación, [toda vez que la Autoridad Ambiental aún no se ha pronunciado de fondo sobre dicha solicitud](#)

La exclusión de seis (6) alternativas previamente aprobadas responde exclusivamente a la actualización de la huella del proyecto y la aplicación de los criterios metodológicos vigentes, sin que ello implique una modificación sustantiva del esquema de compensación aprobado por la Autoridad Ambiental.

En este sentido, las alternativas consideradas en el presente documento constituyen un marco territorial de referencia para la planeación de la compensación ambiental, y no implican compromiso de ejecución inmediata ni sustituyen los procesos jurídicos, prediales, contractuales y administrativos que se requieran para la implementación efectiva del Plan. La localización y caracterización general de dichas alternativas, así como el área asociada a cada una, se presentan en la Tabla 10.9 y se desarrollan de manera detallada en los apartados posteriores de este capítulo.

Tabla 10.9 Alternativas seleccionadas para la implementación del Plan de Compensación del Componente Biótico

Alternativa de compensación	Área asociada (ha)
Alto Guacas	142,61
Bosques de San Roque	299,32
Florida	101,82
Guacharacas	886,05
La Estrella	18,02
La Herradura	190,13
La Montana	51,97
Majagual - Recreo	75,18
Mulutal	201,04
Palestina - Diluvio	209,79
Reserva San Pedro	224,92
Socorro	333,04
Tucuman	134,81
Uso Sostenible*	457,43
Total	3.326,11

* Se denominó así a la estrategia presentada en respuesta al Artículo Noveno de la Resolución 356 del 7 de marzo de 2024.

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Se precisa que las alternativas excluidas de la presente propuesta corresponden a aquellas clasificadas en el Plan de Compensación del Componente Biótico como alternativas de Prioridad 3, las cuales se [caracterizaban](#) por estar conformadas por predios con alto valor ecosistémico que, desde el análisis territorial multivariado, fueron concebidos como áreas complementarias para el soporte del arreglo ecosistémico regional. En este sentido, las alternativas inicialmente aprobadas que no hacen parte del presente esquema integral corresponden a: Corredor La Montaña – San Pedro, Corredor Monjas – La Bella, El Cairo, La Mechuda, Maceo – Los Tibes y Maceo – Palonegro.

De manera complementaria, el proceso de refinamiento cartográfico permitió realizar ajustes en la delimitación interna de las áreas al interior de las alternativas seleccionadas, derivados de la reinterpretación de coberturas a una escala de mayor detalle. Este ejercicio condujo a la reclasificación de áreas que inicialmente habían sido interpretadas como bosque hacia categorías tales como vegetación secundaria, plantaciones forestales o coberturas seminaturales. Como resultado, determinadas superficies fueron excluidas del cómputo de acciones de compensación, siendo compensadas mediante la inclusión de otras áreas con coberturas boscosas, vegetación secundaria o pastos dentro de los mismos predios, garantizando la consistencia espacial y funcional de cada alternativa.

Así mismo, este refinamiento técnico implicó ajustes en la asignación y distribución de las acciones de compensación, de manera que estas responden de forma más precisa a la condición ecológica actual de las coberturas. En particular, áreas que tras la reinterpretación fueron clasificadas como vegetación secundaria baja fueron orientadas hacia acciones de enriquecimiento ecológico, en coherencia con su estado sucesional, en lugar de acciones de preservación. Estos ajustes no modifican el alcance ni la validez de

las alternativas consideradas, sino que fortalecen su coherencia técnica y su alineación con los objetivos de no pérdida neta de biodiversidad.

Es importante mencionar que, si bien el proyecto presenta impacto en dos (2) biomas, el 99,08% de este se localiza en el Orobioma Subandino Nechí - San Lucas, por lo que, las alternativas seleccionadas se priorizaron sobre este bioma, al ser en donde el proyecto generará una mayor proporción de sus impactos residuales, esto de acuerdo con los lineamientos del Manual de Compensaciones del Componente Biótico. Así mismo, se presente un área excedente del total de la obligación, a razón que el área definitiva dependerá de los procesos de aseguramiento predial que se realicen con los propietarios de los inmuebles, cuyos avances serán presentados a la Autoridad conforme la temporalidad proyectada para esta actividad.

De manera complementaria, las alternativas de compensación seleccionadas cumplen con los criterios establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018), especialmente aquellos relacionados con la equivalencia ecosistémica, el ámbito geográfico, la representatividad de los ecosistemas impactados y la generación de adicionalidad. En conjunto, estas alternativas se integran en una estrategia territorial que trasciende la lógica de predios aislados y se orienta a la consolidación de un arreglo de paisaje funcional, enfocado en el fortalecimiento de la conectividad ecológica, la integridad ecosistémica y la sostenibilidad de las acciones de compensación en el largo plazo, dentro del contexto del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas [y el Helobioma Nechí- San Lucas](#).

C. Metodología para evaluar las alternativas de compensación identificadas

La ruta metodológica para la evaluación y priorización de alternativas de compensación se estructuró en tres (3) fases secuenciales. La primera fase corresponde a la definición del ámbito geográfico, a partir del análisis de equivalencia ecosistémica y los criterios espaciales establecidos por el MADS. La segunda fase comprende el análisis territorial multivariado, orientado a la selección y priorización de alternativas de compensación con base en variables ecológicas, territoriales y de viabilidad. Finalmente, la tercera fase se enfoca en la caracterización detallada de las alternativas priorizadas, como insumo para la definición de las acciones de compensación a implementar (Figura 10.6).

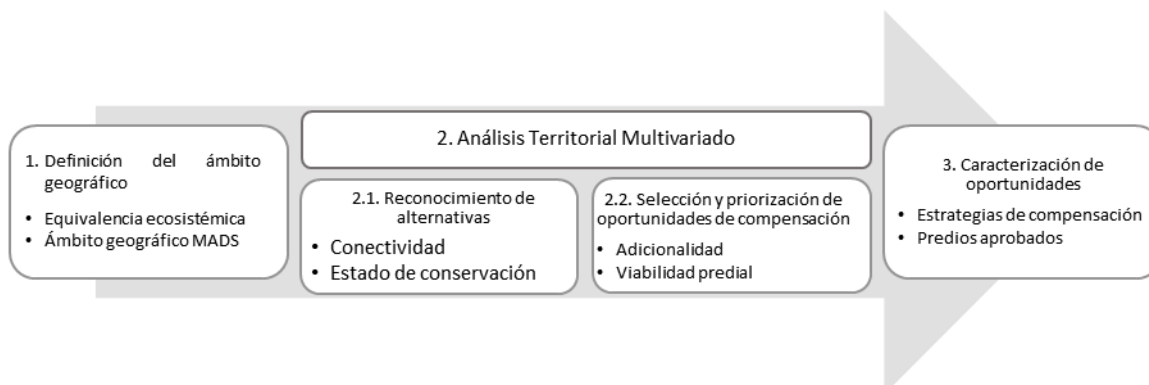


Figura 10.6 Metodología para la selección de las alternativas de compensación
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

a. Definición del ámbito geográfico

La definición del ámbito geográfico para la implementación de las acciones de compensación del Componente Biótico del Proyecto Gramalote se realizó con base en los lineamientos establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico, adoptado mediante la Resolución 256 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

De acuerdo con dicho instrumento, la localización del ¿dónde compensar? debe orientarse a áreas ecológicamente equivalentes a las afectadas por el proyecto, priorizando espacios que representen la mejor oportunidad de conservación efectiva y que cumplan, entre otros, con los siguientes criterios:

- Priorizar la subzona hidrográfica dentro de la cual se desarrolla el proyecto, así como las subzonas hidrográficas circundantes, y la zona hidrográfica asociada.
- Favorecer áreas que contribuyan a la conectividad ecológica del paisaje, especialmente cuando las áreas disponibles para compensar sean menores que las áreas originalmente impactadas, incorporando franjas o nodos con potencial para procesos de restauración ecológica, rehabilitación, recuperación o uso sostenible.
- Considerar áreas identificadas en portafolios regionales o nacionales de compensación, instrumentos de planificación ambiental, áreas de importancia para la conservación, áreas protegidas y otras figuras de manejo que definan acciones explícitas de conservación.
- Priorizar áreas adyacentes o cercanas a predios donde ya se hayan implementado acciones de compensación u otras estrategias de conservación, siempre que ello permita ampliar la extensión de los ecosistemas intervenidos o fortalecer su conectividad funcional, en concordancia con el Registro Único de Ecosistemas y Áreas Ambientales (REAA).

Con base en estos criterios, se analizó la información cartográfica oficial de cuencas hidrográficas del IGAC (2013), identificándose que el Proyecto Gramalote se localiza dentro de la subzona hidrográfica del río Nare, perteneciente a la zona hidrográfica del Magdalena

Medio. En consecuencia, este ámbito hidrográfico fue definido como el marco espacial prioritario para la búsqueda y evaluación de áreas potenciales para la compensación.

Posteriormente, se realizó la identificación de biomas y ecosistemas ecológicamente equivalentes a los impactados por el proyecto dentro del ámbito geográfico definido, mediante el cruce espacial con el Mapa Nacional de Ecosistemas de Colombia (IDEAM, 2007) y la delimitación de unidades biogeográficas conforme a los distritos biogeográficos descritos por Corzo (2010). Este análisis se desarrolló a la escala del insumo cartográfico nacional (1:100.000), garantizando la coherencia metodológica con los criterios de equivalencia ecosistémica establecidos en el Manual de Compensaciones.

Como resultado de este ejercicio, se confirmó que los impactos del proyecto se concentran principalmente en el IAvH Orobioma Subandino Nechí–San Lucas, la cual constituye el referente ecosistémico para la definición del ámbito geográfico de compensación. A partir de esta unidad, se delimitó un área de análisis específica (AOI) que permitió focalizar la identificación y priorización de alternativas de compensación, concentrando la búsqueda en zonas con mayor pertinencia ecológica y funcional para el cumplimiento del objetivo de no pérdida neta de biodiversidad.

La delimitación del ámbito geográfico y el área de análisis asociado se presentó anteriormente en la Figura 10.4, la cual constituye el soporte espacial para las fases posteriores de evaluación, selección y priorización de alternativas de compensación.

b. Análisis territorial multivariado

Para identificar las áreas específicas en las cuales se implementarán las medidas de compensación, se realizó un análisis multivariado compuesto de cuatro (4) etapas, como se muestra en la Figura 10.7.

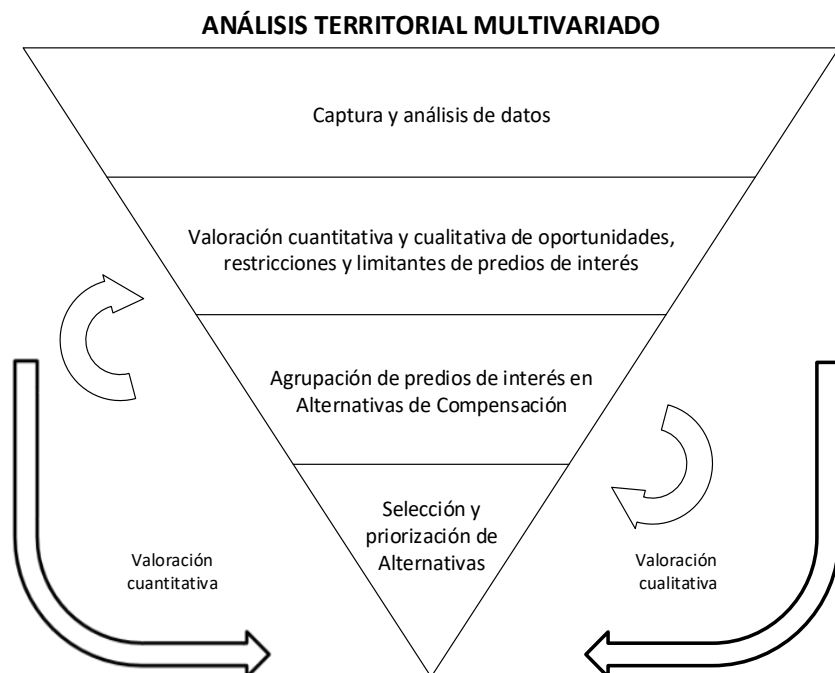


Figura 10.7 Esquema metodológico análisis territorial multivariado
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Este modelo de análisis se fundamenta en la Teoría General de Sistemas (TGS) y tiene por objetivo descomponer la complejidad del territorio de análisis, en características (variables) de interés susceptibles de ser descritas y valoradas de manera concreta.

El diseño conceptual del modelo distingue cuatro (4) criterios temáticos, cada uno de los cuales se compone de un conjunto de variables propio: físico – biótico, socio económico, jurídico- predial y reputacional y que permite realizar una valoración y priorización de cada una de las alternativas de compensación identificadas.

La aproximación metodológica se vale de métodos y técnicas de análisis cualitativos y cuantitativos y se compone de actividades “Top Down” (de arriba hacia abajo o “de escritorio”) que facilitan el procesamiento y análisis de grandes volúmenes de información y de diversas fuentes y de actividades “Bottom Up” (de abajo hacia arriba o desde la fuente), para el ajuste y validación iterativo.

Es así, como la primera etapa está enfocada en la captura y análisis de datos, la segunda en la valoración cuantitativa y cualitativa de información, la tercera en el reconocimiento de alternativas de compensación y la cuarta en la selección y priorización de estas. A continuación, se describe cada una en detalle (Figura 10.8).

Etapa 1: esta etapa concentra toda actividad relacionada con la adquisición y captura de información y su correspondiente almacenamiento en la matriz de selección, priorización y agrupación de alternativas o ‘Matriz MSPA’, instrumento que consolida los datos cuantitativos y cualitativos recopilados durante todo el análisis multivariado. La Figura 10.8 relaciona los criterios y grupos de variables que conforman el análisis.

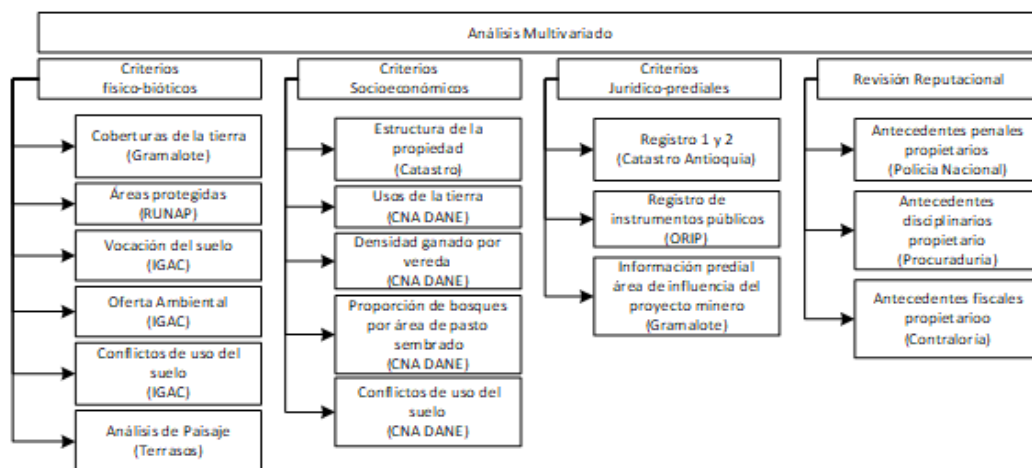


Figura 10.8 Criterios y grupos de variables para la selección y priorización de alternativas de compensación

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Etapla 2: la información registrada en la matriz MSPA permite la evaluación de predios en el ámbito geográfico de interés. Para esto se realiza una valoración en ‘doble vía’ (cualitativa y cuantitativa).

Entre los aspectos considerados para la valoración cuantitativa se destaca:

- Se usa el método Delphy (o de criterio experto) como método de valoración.
- Se emplea un modelo de tipo aditivo para valoración general de los componentes físico-bióticos, socio-económicos y jurídico--prediales¹. En cuanto al componente reputacional, este se valoró en una escala binaria (Alerta= 0, Sin Alerta=1)².

Por su parte, la valoración cualitativa supone la caracterización de los aspectos más relevantes para describir el potencial para el desarrollo de compensaciones ambientales. En la valoración cualitativa, el potencial de un predio para el desarrollo de compensaciones está determinado por la relación entre las oportunidades, restricciones y limitantes de acuerdo con sus características físico-bióticas, socioeconómicas, jurídico-prediales y reputacionales (Figura 10.9).

¹ La escala de valoración empleada considera números enteros en un rango de 1 a 30.

² Las variables de este componente son multiplicadoras del algoritmo y se interpretan como de descarte, de tal suerte que, en caso de probarse una alerta reputacional de importancia, el algoritmo multiplica por 0 la ponderación del predio, descartándolo inmediatamente.



Figura 10.9 Definición de oportunidades, restricciones y limitantes de compensación
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

En los predios mejor valorados (cuantitativa y cualitativamente), se realizan esfuerzos adicionales por adquirir información de mayor detalle. Por ejemplo, sobre estos predios se dirigió las visitas de campo y se realizó una evaluación jurídico-predial más detallada.

Etapas 3: una vez valorados cuantitativa y cualitativamente los predios del ámbito geográfico de interés, se identifican grupos de predios con alto potencial de compensación. Estas agrupaciones se denominan alternativas de compensación.

En términos prácticos, una alternativa de compensación constituye una unidad potencial de manejo para la ejecución de compensaciones ambientales. Está conformada por un predio o un conjunto de predios con características en común (físico bióticas, socioeconómicas, jurídico-prediales).

En este sentido, la propuesta de alternativas de compensación que se presenta en este plan se fundamenta tanto en los resultados del análisis cuantitativo/cualitativo como en la lectura territorial detallada que se ha hecho de los predios y los agentes involucrados.

Etapas 4: la selección y priorización de alternativas es el resultado de varias iteraciones de las etapas 1 a 3. Entre los factores preponderantes para la selección y priorización de alternativas se ponderó de manera especial, el criterio de conectividad ecológica. Así, la localización de la alternativa respecto al circuito de conectividad propuesto fue determinante para la priorización de alternativas. El relieve de este criterio se sustenta en la necesidad de contrarrestar la fragmentación ecosistémica que tiene el bosque húmedo tropical en este sector del Nordeste antioqueño y en la capacidad de generar adicionalidad y complementariedad a través de acciones que fortalezcan la función de conectividad ecosistémica.

En consecuencia, las alternativas priorizadas se articulan a través de un arreglo de paisaje (o circuito de conectividad) en el cual de manera general se proyectan dos (2) tipos de intervención.

La consolidación de nodos/núcleos de biodiversidad, a través de estrategias encaminadas principalmente a la preservación y enriquecimiento de los fragmentos de bosque y vegetación secundaria existente.

La conformación de corredores de conectividad entre fragmentos de bosque a través de matrices de paisaje altamente fragmentadas.

Esto, a través de la combinación de diversas acciones de compensación entre las que se destaca el fortalecimiento y preservación de estructuras riparias y la rehabilitación ecológica de áreas altamente intervenidas, sin desconocer la posibilidad de implementar acciones de uso sostenible en algunos de los predios seleccionados.

c. Alternativas de compensación priorizadas

Con base en la metodología de selección y priorización descrita en los numerales anteriores, y considerando los resultados del análisis territorial multivariado, así como el análisis técnico–predial adelantado para cada alternativa, se definieron las alternativas de compensación que soportan la implementación efectiva de las acciones orientadas a atender la obligación de compensación del Componente Biótico del Proyecto Gramalote (Figura 10.10).

En este sentido, la propuesta de compensación se estructura a partir de catorce (14) alternativas definitivas, las cuales integran acciones de preservación, rehabilitación y recuperación ecológica, y que en conjunto suman un área aproximada de 3.326,11 ha, permitiendo dar cumplimiento al requerimiento del ¿cuánto compensar?, estimado en 3.055,95 ha de compensación, con un margen técnico suficiente para absorber eventuales ajustes durante la etapa de implementación.

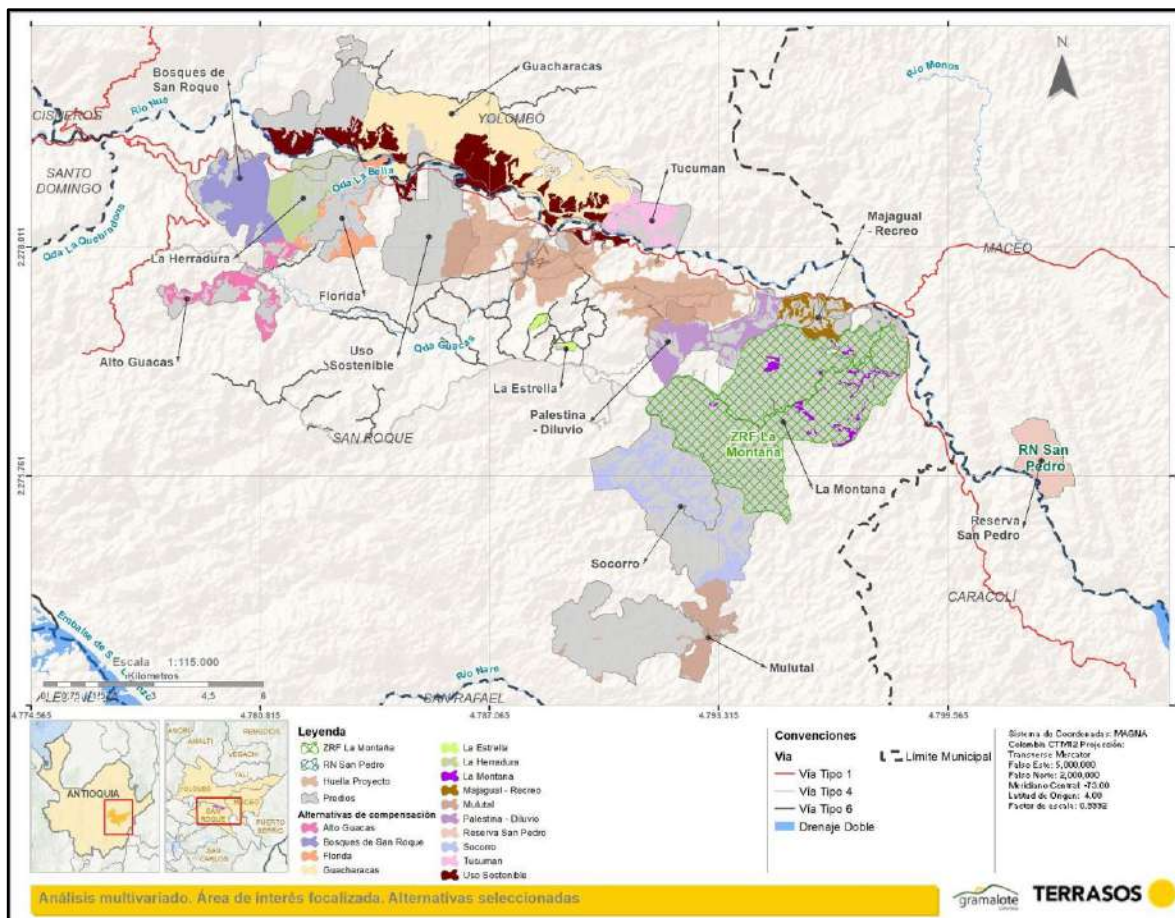


Figura 10.10 Alternativas de compensación seleccionadas

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Las alternativas seleccionadas corresponden a las siguientes áreas: Alto Guacas, Bosques de San Roque, Florida, Guacharacas, La Estrella, La Herradura, La Montaña, Majagual – Recreo, Mulutal, Palestina – Diluvio, Reserva San Pedro, Socorro, Tucumán y Uso Sostenible, localizadas en el departamento de Antioquia, principalmente en los municipios de San Roque, Maceo y Yolombó (Figura 10.11).

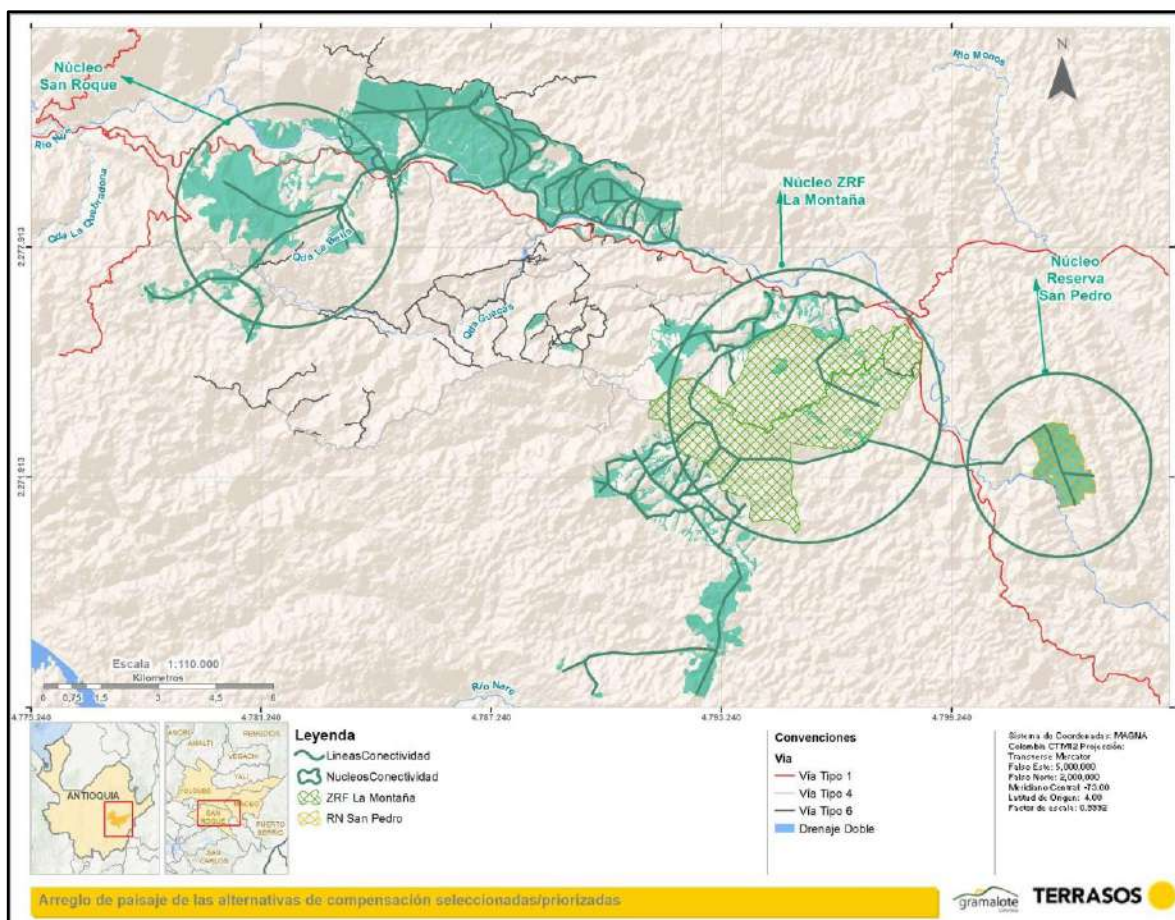


Figura 10.11 Arreglo de paisaje de las alternativas seleccionadas

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Estas alternativas, a excepción de la alternativa de uso sostenible, han sido aprobadas mediante la Resolución 725 de 2022, modificada por la Resolución 1380 de 2022, y posteriormente ajustadas mediante las Resoluciones 356 y 0981 de 2024. Se articulan bajo un enfoque de paisaje, orientado al fortalecimiento de la estructura ecológica principal, mediante la consolidación de núcleos de conservación, áreas de rehabilitación ecológica y corredores de conectividad funcional. Este arreglo territorial se apoya en elementos estratégicos como la Reserva San Pedro, los Bosques de San Roque y los complejos boscosos asociados a Guacharacas y La Montaña, los cuales actúan como nodos ecológicos de alta relevancia dentro del sistema de compensación propuesto.

La selección y priorización de estas alternativas responde a su relevancia ecológica, su localización estratégica dentro del paisaje, su equivalencia ecosistémica con el área impactada y su capacidad para contribuir al mantenimiento y recuperación de los procesos ecológicos característicos del Orobioma Subandino Nechí–San Lucas (Figura 10.12), particularmente en términos de conectividad, regulación hídrica y provisión de hábitat.

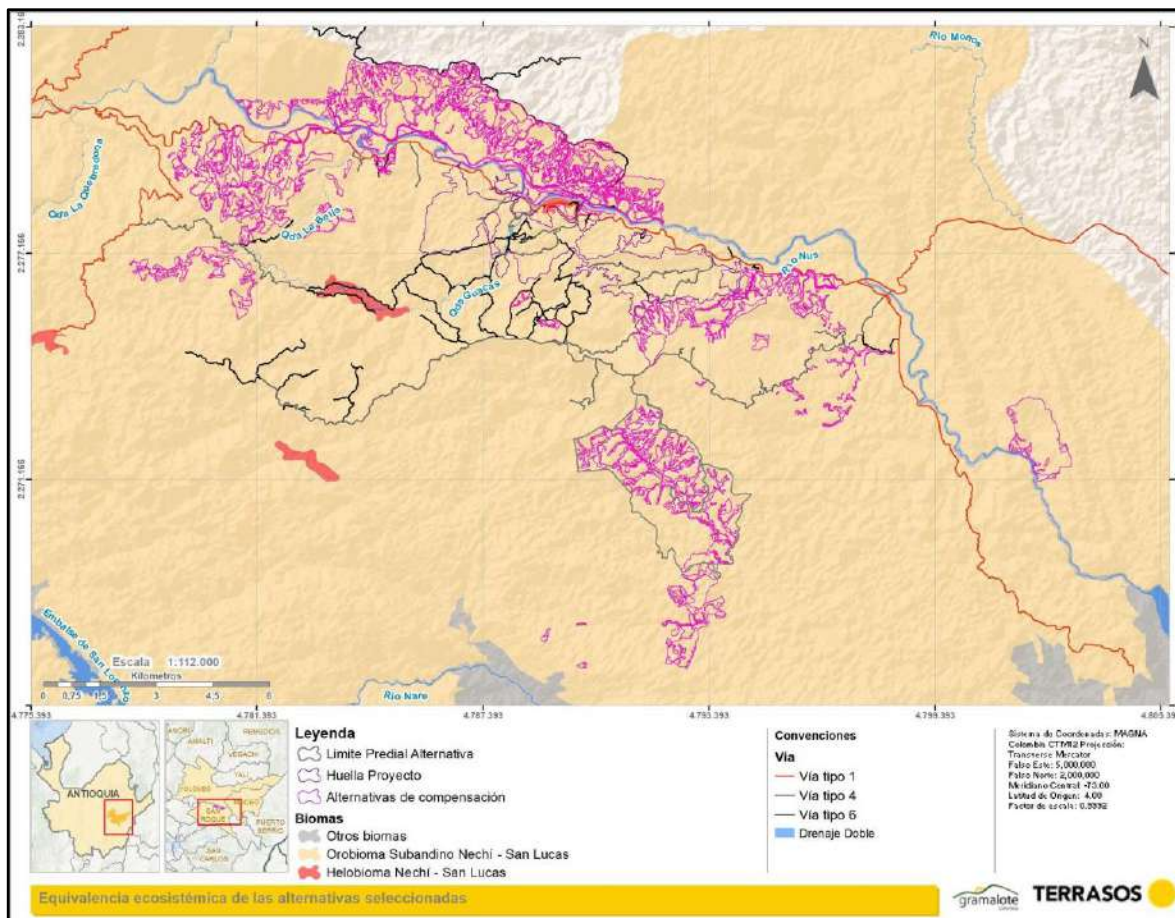


Figura 10.12 Equivalencia ecosistémica de las alternativas seleccionadas

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Desde el punto de vista predial, las alternativas seleccionadas están conformadas por predios de propiedad del titular del proyecto y por predios de terceros. Para todos los casos se adelantó un análisis técnico–predial integral que incluyó la revisión jurídica, catastral y documental, permitiendo clasificar los predios en viables, viables con condicionamientos y no viables, e identificar la capacidad real de implementación de cada alternativa.

Es importante señalar que el análisis predial realizado no modifica el cálculo del “qué” ni del “cuánto” compensar, sino que fortalece la planeación de la ejecución del Plan, asegurando que las acciones propuestas se concentren en áreas con viabilidad real, trazabilidad documental y menor riesgo jurídico, en coherencia con los criterios exigidos por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA.

Finalmente, el conjunto de alternativas seleccionadas permite garantizar la implementación del Plan de Compensación del Componente Biótico bajo un enfoque ecosistémico, flexible y adaptativo, orientado al mantenimiento y mejoramiento de la integridad ecológica del paisaje y de los atributos de la biodiversidad en términos de composición, estructura y funcionalidad, en estricta coherencia con los principios de adicionalidad y no pérdida neta

de biodiversidad establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018).

A continuación, en la Tabla 10.1, se presenta un resumen de las alternativas seleccionadas, donde se relacionan datos relevantes y que fueron priorizados para su consideración:

Tabla 10.10 Resumen alternativas seleccionadas

N°	Nombre de la alternativa	Municipio / Vereda	N° de predios	Área potencial para la implementación de acciones de compensación (ha)	Finalidad
1	Guacharacas	Yolombó / Guacharacas	1	886,05	Generar un impacto positivo a nivel social y ambiental en el área de influencia del proyecto, revirtiendo la connotación histórica negativa del predio mediante la implementación de acciones de conservación y compensación ambiental que fortalezcan la conectividad ecológica.
2	Florida	San Roque / Guacas Arriba	3	101,82	Consolidación de un nodo de conectividad en la cuenca del río Nus mediante la preservación de bosques fragmentados y de galería existentes, el enriquecimiento de áreas en estados sucesionales intermedios y avanzados y la rehabilitación de coberturas intervenidas.
3	Tucumán	Yolombó / Guacharacas	4	134,81	Integrar acciones de compensación orientadas al enriquecimiento de bosques existentes y a la rehabilitación de rondas hídricas altamente intervenidas por actividades ganaderas tradicionales.
4	Bosques de San Roque	San Roque / La Bella	4	299,32	Fortalecer la estructura ecológica principal de un sector estratégico de la cuenca del río Nus mediante la ampliación de áreas boscosas remanentes, la consolidación de núcleos ecológicos y la

N°	Nombre de la alternativa	Municipio / Vereda	N° de predios	Área potencial para la implementación de acciones de compensación (ha)	Finalidad
					implementación de corredores de conectividad.
5	La Herradura	San Roque / Guacas Arriba	3	190,13	Consolidar un núcleo de conectividad asociado a los Bosques de San Roque mediante la conservación de relictos boscosos, el enriquecimiento de coberturas en estados sucesionales iniciales y la rehabilitación de áreas intervenidas, fortaleciendo la conectividad riparia de las quebradas San Antonio y La Cascada.
6	Majagual – Recreo	San Roque / La Linda	2	75,18	Implementar estrategias de compensación ambiental integradas con procesos de reasentamiento poblacional asociados al proyecto, promoviendo la recuperación ecológica y la sostenibilidad del territorio.
7	Palestina – Diluvio	San Roque / Diluvio	6	209,79	Fortalecer la conectividad del paisaje mediante la consolidación de un corredor ecológico entre zonas mejor conservadas y la conformación de una franja de amortiguación de la huella minera, contribuyendo a la mitigación de impactos asociados a la actividad extractiva.
8	La Estrella	Maceo	2	18,02	Protección y recuperación funcional de áreas estratégicas de conectividad local mediante acciones de conservación y rehabilitación de coberturas intervenidas.
9	La Montaña	San Roque / San Pedro	2	51,97	Consolidación de un nodo ecológico de escala regional

N°	Nombre de la alternativa	Municipio / Vereda	N° de predios	Área potencial para la implementación de acciones de compensación (ha)	Finalidad
					asociado a la Reserva Forestal Protectora Regional La Montaña, fortaleciendo la conectividad estructural y funcional del paisaje.
10	Mulutal	Yolombó	2	200,04	Preservación y rehabilitación de coberturas estratégicas para la conectividad entre relictos boscosos del Orobioma Subandino Nechí–San Lucas.
11	Reserva San Pedro	San Roque	1	224,92	Fortalecimiento de áreas núcleo de conservación y conectividad ecológica mediante acciones de preservación y rehabilitación ecológica.
12	Socorro	Yolombó	1	333,04	Consolidación de corredores ecológicos y fortalecimiento de la estructura ecológica principal a escala de paisaje.
13	Alto Guacas	San Roque	9	142,61	Establecer acuerdos de conservación, servidumbres ecológicas, Incentivos para mantenimiento y conservación de las áreas
14	Uso Sostenible	San Roque / Maceo	7	457,43	Implementación de esquemas de conservación, rehabilitación y recuperación bajo enfoques de uso sostenible del territorio, compatibles con la conservación de la biodiversidad.

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

d. Caracterización de la zona de influencia de las alternativas seleccionadas

Las alternativas seleccionadas para la compensación del componente biótico del proyecto Gramalote se localizan en los municipios de San Roque, Yolombó y Maceo en el

departamento de Antioquia y consolidan un circuito de corredores ecológicos que propician el flujo de especies entre los ecosistemas presentes en el Magdalena medio, Oriente y Nordeste antioqueño. La siguiente sección presenta la caracterización biótica de las alternativas de compensación seleccionadas y su área circundante.

I. Coberturas vegetales

Las coberturas de la tierra fueron interpretadas a partir de una imagen de satélite (satélite: EarthScanner-JL-1KF01, fecha: julio de 2023, con resolución espacial de 0.5 m/píxel). Donde se tomaron como base las coberturas interpretadas para el proyecto en el año 2020, y fueron ajustadas y reinterpretadas para la imagen de satélite actual con base en la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia (IDEAM, 2010) bajo escala 1:7500 con una unidad mínima cartografiable de 0,14 ha. Adicionalmente, la interpretación de las coberturas fue objeto de verificación en campo durante los años 2025 y 2026, cuyos resultados fueron considerados para su ajuste y validación.

Dentro de la conformación del paisaje de las alternativas de compensación, los bosques (bosque denso alto, bosque fragmentado, bosque de galería y/o ripario, [guadua](#)) ocupan el [46,01% \(1.530,28 ha\)](#) del área; en términos generales están ubicados en la parte alta de las cuencas y asociados a cuerpos de agua. Por su parte, la vegetación secundaria alta y baja ocupa una extensión de [196,19 ha \(5,90%\)](#); normalmente esta cobertura se encuentra alrededor de bosques, por lo tanto, funcionan como zona de amortiguamiento, es decir, la presencia de estas coberturas aumenta el hábitat y protege de posibles amenazas los remanentes de bosque. Finalmente, las coberturas transformadas (pastos limpios, enmalezados, arbolados, etc) tienen un área de [1.599,64 ha \(48,09%\)](#); la priorización de estas coberturas circundantes a las áreas boscosas permitirá restaurar los empalmes territoriales que enlazan los nodos de gran importancia para la protección de la biodiversidad del territorio (Bosques de San Roque, La Montaña y Reserva San Pedro).

A continuación, en la Tabla 10.11 y Figura 10.13 se puede observar las coberturas de las 14 alternativas de compensación. En [las 3.326,11 ha](#) se identificaron [18](#) clases de coberturas. Las coberturas con mayor representatividad son: pastos limpios ([31,77%](#)), [bosque de galería y/o ripario \(18,79%\)](#) y [bosque denso alto \(17,63%\)](#). Las coberturas con menor extensión fueron: otros cultivos permanentes arbustivos (0,01%), cultivos permanentes [arbustivos \(0,01%\)](#) y [guadua \(0,005%\)](#).

Tabla 10.11 Coberturas de la tierra en las 14 alternativas de compensación

COD CLC	Cobertura	Área (ha)	Área (%)
3.1.4	Bosque de galería y/o ripario	624,97	18,79
3.1.1	Bosque denso alto	586,37	17,63
3.1.3	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	318,79	9,58
2.2.1	Cultivos permanentes arbustivos	0,38	0,01
2.2.1	Cultivos permanentes arbustivos – Café	0,64	0,02
2.2.2	Cultivos permanentes herbáceos – Caña	11,85	0,36
2.4.1	Mosaico de cultivos	10,20	0,31
2.4.4	Mosaico de pastos y cultivos	21,94	0,66
2.2.1	Otros cultivos permanentes arbustivos	0,28	0,01

COD CLC	Cobertura	Área (ha)	Área (%)
2.3.2	Pastos arbolados	214,38	6,45
2.3.3	Pastos enmalezados	282,28	8,49
2.3.1	Pastos limpios	1.057,39	31,79
3.2.1	Plantación forestal de coníferas	0,31	0,01
3.3.1	Vegetación secundaria alta	95,91	2,88
3.3.2	Vegetación secundaria baja	100,28	3,01
3.1.4	Guadua	0,16	0,005
	Total	3.326,11	100

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

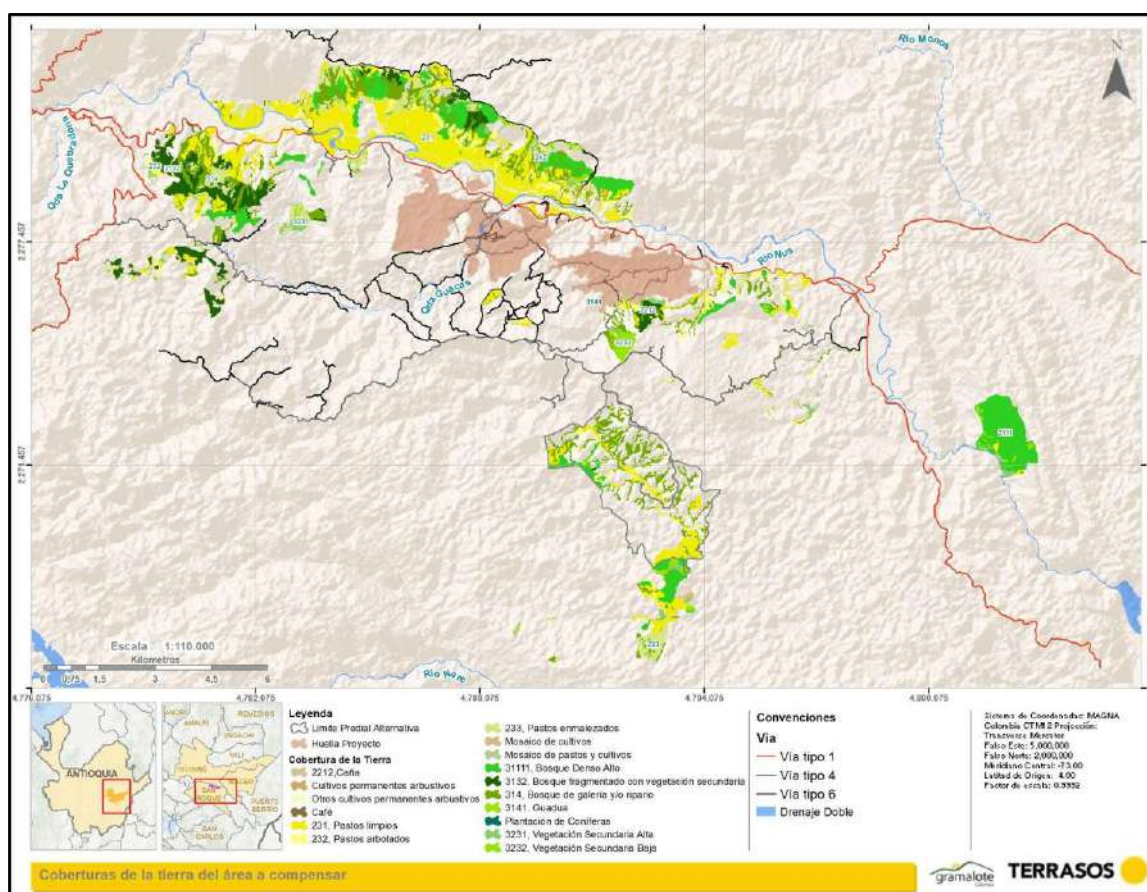


Figura 10.13 Coberturas de la tierra en las 14 alternativas de compensación.

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

II. Contexto paisajístico

Como lo indica el manual, se analizó el contexto paisajístico para comprender las relaciones que tienen las alternativas de compensación con su área circundante, dado que estas pueden influenciar fuertemente en las poblaciones bióticas dentro de los parches de

intervención (Turner & Gardner, 2015), evaluando el área natural existente dentro de una franja de 500 m alrededor de los fragmentos naturales de la alternativa.

Para la valoración y espacialización de este criterio se aplicó la metodología propuesta en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico, teniendo como referencia base, una franja de 500 m alrededor de los fragmentos (MADS, 2012). Es importante aclarar, que de acuerdo con la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia (IDEAM, 2010), se considera como área natural las coberturas de la tierra clasificadas a segundo nivel como bosques naturales, y a tercer nivel como: bosque denso, bosque abierto, bosque fragmentado y bosque ripario y/o de galería.

Como se mencionó previamente para el caso puntual del presente plan, las coberturas naturales identificadas y sobre las cuales se realizó el cálculo del Cp, corresponden a Bosque de galería y/o ripario, Bosque denso alto y Bosque fragmentado y además se tuvo en cuenta la cobertura de vegetación secundaria alta, considerando que su estado responde a un proceso de sucesión avanzado, que brinda cualidades estructurales aportantes a la funcionalidad ecosistémica. El índice de contexto paisajístico se calculó con la Ecuación 10.1.

En la Tabla 10.12 se observa el área para cada tipo de cobertura (natural o transformado) en el área de las alternativas de compensación y la franja de 500 m circundantes.

Tabla 10.12 Tipo de coberturas alternativas seleccionadas

Tipo de Cobertura	Área (ha)
Natural	2.1180,17
Transformado	6.917,06
Total	9.097,23

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Este análisis arroja que, el contexto paisajístico en las alternativas tiene un valor de 0,24 indicando una conectividad media y una fragmentación fuerte (ver Figura 10.14). Lo que permite interpretar la necesidad y asertividad en el desarrollo de acciones de conservación para fortalecer la conectividad estructural del paisaje sobre estas alternativas.

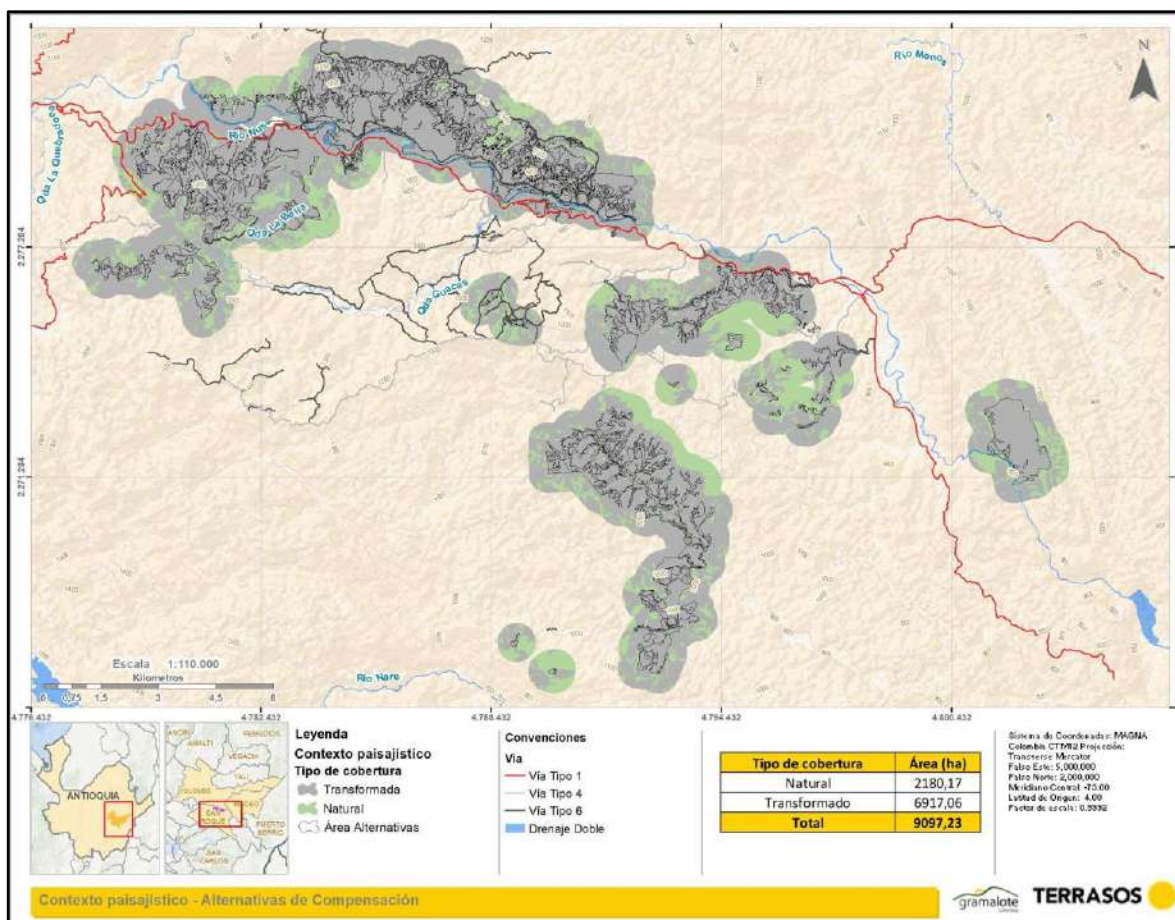


Figura 10.14 Contexto paisajístico alternativas de compensación

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

a. Características bióticas del área propuesta

El presente apartado desarrolla una aproximación a las características bióticas de las áreas propuestas como alternativas de compensación, construida a partir de que éstas se encuentran en el área circundante al área de intervención del Proyecto Gramalote, su localización dentro de las mismas unidades biogeográficas y su correspondencia ecosistémica, en concordancia con los criterios de equivalencia establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018).

En este sentido, las áreas priorizadas para la compensación se localizan dentro del gran bioma del bosque húmedo tropical, en un contexto ecológico caracterizado por condiciones climáticas húmedas, una topografía predominantemente montañosa y una marcada heterogeneidad del paisaje. De acuerdo con la clasificación de biomas del IDEAM, dichas áreas se encuentran principalmente en el Orobioma Subandino Nechí–San Lucas, con presencia complementaria del Helobioma Nechí–San Lucas, reflejando un gradiente

ecológico asociado a variaciones altitudinales, geomorfológicas e hidrológicas propias del nordeste antioqueño.

Los procesos ecológicos que estructuran este territorio están fuertemente condicionados por la presencia de sistemas montañosos, los cuales influyen en el régimen hídrico, la generación de microclimas y la organización de la vegetación en fajas altitudinales, en función del incremento en la elevación y la disminución progresiva de la temperatura (IDEAM et al., 2007). Como resultado, el paisaje se configura como un mosaico complejo de coberturas naturales, seminaturales y transformadas, producto tanto de los factores biofísicos como de procesos históricos de ocupación y uso del suelo.

Con base en la información cartográfica disponible y en la interpretación de coberturas de la tierra asociada al área del proyecto y su entorno inmediato, se identifican como coberturas representativas de estas áreas los bosques de galería y/o riparios, los bosques fragmentados con vegetación secundaria, las coberturas de vegetación secundaria en distintos estados sucesionales y las coberturas asociadas a sistemas productivos, tales como pastos limpios y cultivos permanentes herbáceos (principalmente caña). Estas coberturas reflejan un paisaje intervenido, pero con remanentes de vegetación natural y secundaria que cumplen funciones ecológicas relevantes, particularmente en términos de conectividad ecológica y soporte de la biodiversidad.

La caracterización presentada constituye, por tanto, un referente ecológico preliminar, que permite sustentar la idoneidad biológica de las áreas propuestas para la compensación, sin perjuicio de que, en fases posteriores de implementación, se desarrollen caracterizaciones bióticas específicas que permitan afinar el diseño y ejecución de las acciones de compensación ambiental (VerFigura 10.15).

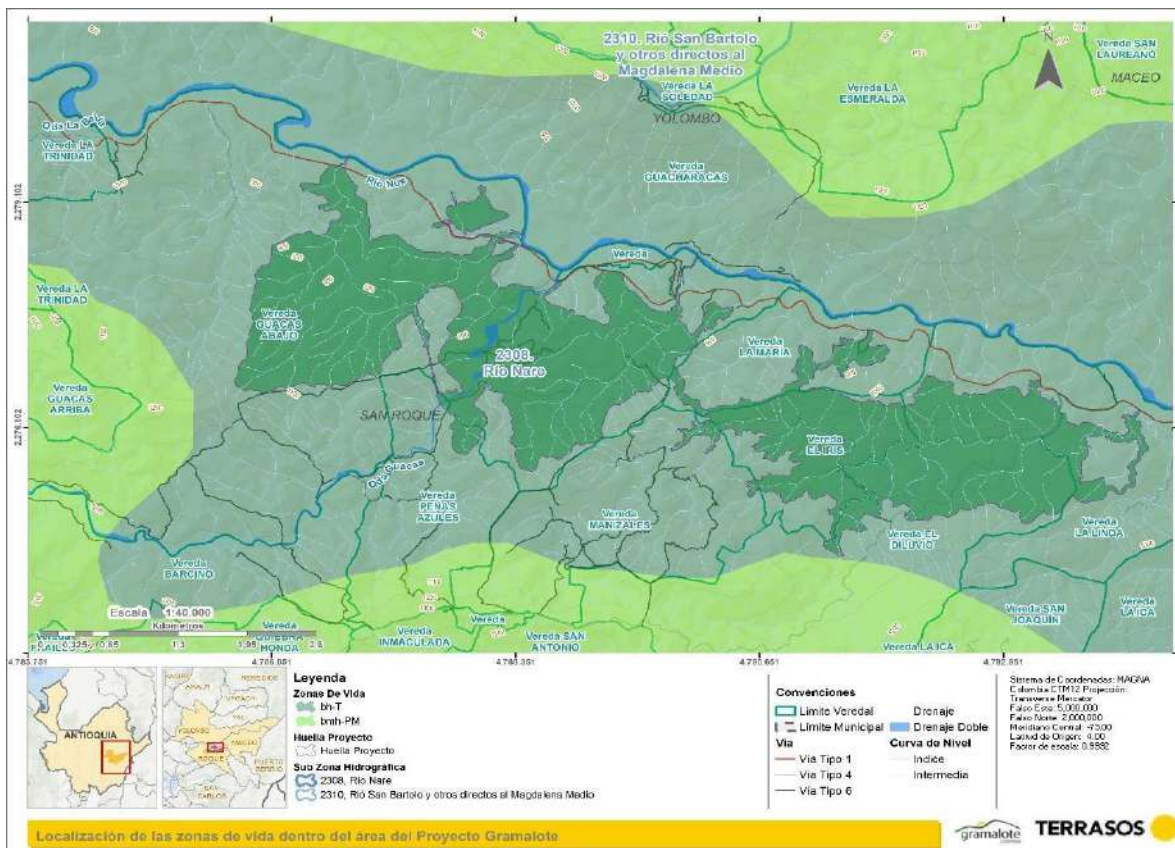


Figura 10.15 Localización de las zonas de vida dentro del área del proyecto Gramalote.
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

En relación con las zonas de vida, la mayor parte del área de intervención del proyecto se encuentra bajo la influencia del bosque húmedo tropical (bh-T), de acuerdo con la clasificación de Holdridge (1982) y la cartografía del IGAC (1977). Esta zona de vida se caracteriza por presentar biotemperaturas promedio cercanas a los 24 °C, precipitaciones anuales entre 2.000 y 4.000 mm y una distribución altitudinal predominante entre los 0 y 1.000 m s. n. m. En menor proporción, el área del proyecto presenta influencia del bosque muy húmedo premontano (bmh-PM), asociado a terrenos con elevaciones superiores, generalmente entre 1.000 y 2.000 m s. n. m. Estas condiciones ambientales favorecen una alta diversidad biológica y una estructura vegetal compleja, particularmente en las coberturas boscosas y secundarias (Thomas & Baltzer, 2002).

La información biológica consolidada en los estudios ambientales del proyecto evidencia una alta riqueza de especies en el área de influencia del Proyecto Gramalote. De acuerdo con lo reportado en el Estudio de Impacto Ambiental, en el área del proyecto se registraron 918 especies, correspondientes a 357 plantas, 341 insectos, 158 aves, 35 mamíferos, 15 anfibios y 12 reptiles. Esta riqueza se distribuye de manera diferencial entre las coberturas del suelo, siendo los bosques fragmentados y la vegetación secundaria las coberturas que albergan la mayor diversidad para la mayoría de los grupos biológicos evaluados. En el

caso de las aves, se registró una alta riqueza asociada a coberturas de vegetación secundaria y áreas en transición, lo cual resalta la importancia funcional de estos ambientes en paisajes intervenidos.

En contraste, las coberturas asociadas a pastos y áreas agrícolas heterogéneas presentan menores niveles de riqueza de especies, aunque cumplen un papel dentro de la matriz del paisaje y en los procesos de conectividad ecológica a escala local. En conjunto, estas características ecológicas permiten contextualizar las intervenciones del proyecto dentro de un paisaje previamente transformado, pero con elementos de valor ecológico que resultan determinantes para la formulación de las obligaciones de compensación ambiental desarrolladas en los capítulos posteriores del presente Plan de Compensación.

b. Caracterización florística del área de influencia del proyecto

Es de notar que las alternativas priorizadas y previamente aprobadas, se encuentran en el área circundante al proyecto, por esta razón, se presentan los resultados obtenidos en la caracterización florística del área de influencia del Proyecto Gramalote desarrollada en el marco del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y la modificación de la licencia ambiental, mediante la aplicación de un censo forestal al 100 % en las áreas directamente intervenidas, complementado con parcelas de caracterización florística, parcelas de regeneración y muestreos específicos en formaciones particulares como guaduales. Esta combinación metodológica permitió obtener una caracterización representativa de la composición y estructura de la vegetación presente en el área del proyecto.

La información aquí presentada integra los resultados consolidados de dichos muestreos y se utiliza como insumo técnico para contextualizar las intervenciones del proyecto y sustentar la formulación de las obligaciones de compensación ambiental, sin que ello implique la definición de medidas de implementación en esta etapa.

c. Composición florística general del área de influencia

En el área del proyecto se registró una riqueza florística de 357 especies, distribuidas en 82 familias, lo que evidencia una alta diversidad vegetal asociada a las condiciones ambientales del bosque húmedo tropical y a la heterogeneidad del paisaje presente en la zona.

Las familias con mayor número de especies fueron Fabaceae (29 especies), Rubiaceae (24), Melastomataceae (22), Lauraceae (15), Piperaceae (15), Moraceae (11) y Arecaceae (11), las cuales son características de ecosistemas tropicales húmedos y presentan una amplia representatividad en bosques naturales y secundarios de la región.

La composición florística refleja la coexistencia de especies propias de bosques con diferentes grados de intervención, así como de vegetación secundaria y formaciones asociadas a procesos de regeneración natural, lo cual es consistente con el contexto paisajístico del área de influencia del proyecto.

d. Composición florística por tipo de cobertura

- Bosques

Las coberturas boscosas presentaron la mayor riqueza florística, con un total de 289 especies registradas. En estas coberturas, las familias más diversas fueron Fabaceae (29 especies), Rubiaceae (24) y Melastomataceae (22), acompañadas por una buena representatividad de Piperaceae y Arecaceae.

La presencia significativa de estas familias, caracterizadas por incluir especies arbóreas, arbustivas y herbáceas, evidencia una estructura vegetal compleja, con un sotobosque bien desarrollado y múltiples estratos, incluso en bosques fragmentados o con algún grado de intervención. Estas características confieren a las coberturas boscosas un papel ecológico relevante en términos de hábitat, conectividad y soporte de biodiversidad.

- Vegetación secundaria

En las coberturas de vegetación secundaria se registraron 173 especies, distribuidas principalmente en las familias Melastomataceae (15 especies), Fabaceae (14) y Rubiaceae (12). Esta composición es característica de estadios sucesionales tempranos e intermedios, dominados por especies pioneras y heliófitas, con alta capacidad de colonización y regeneración.

La riqueza florística registrada en la vegetación secundaria resalta la importancia de estas coberturas dentro del paisaje del proyecto, no solo como áreas en recuperación ecológica, sino también como elementos funcionales que contribuyen a la conectividad y a la provisión de hábitat para diferentes grupos biológicos.

e. Estructura de la vegetación y estados sucesionales del área de influencia

- Estructura de la vegetación

La estructura de la vegetación en el área de influencia del Proyecto Gramalote fue caracterizada a partir de la información obtenida mediante el censo forestal al 100 % y las parcelas de caracterización florística, lo que permitió evaluar variables estructurales como la composición por estratos, la abundancia de individuos, el desarrollo del sotobosque y la presencia de diferentes formas de crecimiento.

Los resultados evidencian una estructura vegetal heterogénea, propia de paisajes intervenidos y en proceso de recuperación ecológica. En las coberturas boscosas, aun cuando se presentan fragmentación y distintos grados de intervención, se observa una organización en múltiples estratos, con un estrato arbóreo bien definido, acompañado por un sotobosque compuesto por especies arbustivas y herbáceas, particularmente representadas por familias como Piperaceae, Melastomataceae y Rubiaceae. Esta configuración estructural indica condiciones favorables para la regeneración natural y el mantenimiento de funciones ecológicas básicas.

En las áreas de vegetación secundaria, la estructura se caracteriza por una mayor dominancia de individuos de menor porte y diámetros reducidos, asociados a especies pioneras y heliófitas. No obstante, la presencia de individuos arbóreos en crecimiento y de un sotobosque denso sugiere una transición progresiva hacia estados sucesionales más avanzados, especialmente en aquellas áreas con menor presión antrópica reciente.

Las parcelas de regeneración evidencian una alta densidad de plántulas y brinzales, lo cual confirma la capacidad de recuperación natural de la vegetación en el área del proyecto. Este patrón es consistente con la dominancia de especies de rápido crecimiento y alta capacidad de colonización, las cuales juegan un papel fundamental en la estabilización del suelo y en la recuperación de la cobertura vegetal tras las intervenciones.

En el caso de los guaduales, la estructura difiere de la del bosque fustal, presentando una organización dominada por culmos de diferentes edades (renuevos, verdes, maduros y sobremaduros). Esta estructura particular confiere a los guaduales una alta importancia funcional, especialmente en términos de protección del suelo, regulación hídrica y conectividad ecológica local.

- Estados sucesionales de la vegetación

El análisis de la estructura y composición florística permite identificar que la mayor parte de las coberturas presentes en el área de influencia del Proyecto Gramalote corresponden a estados sucesionales tempranos e intermedios, producto de procesos históricos de intervención antrópica y posterior regeneración natural.

Los bosques presentes en el área, en su mayoría fragmentados, corresponden a bosques secundarios en estado sucesional intermedio, con una composición florística diversa y una estructura relativamente compleja. La presencia simultánea de especies pioneras, secundarias tempranas y secundarias tardías indica que estos bosques se encuentran en procesos dinámicos de recuperación, manteniendo funciones ecológicas relevantes pese a la fragmentación.

La vegetación secundaria corresponde principalmente a estados sucesionales tempranos, caracterizados por la dominancia de especies pioneras y heliófitas, alta densidad de individuos jóvenes y una estructura menos estratificada. Sin embargo, la riqueza florística registrada y la presencia de especies arbóreas en crecimiento evidencian un potencial significativo de evolución hacia estados sucesionales más avanzados, especialmente en ausencia de disturbios adicionales.

Las áreas con regeneración activa, identificadas a través de las parcelas específicas, representan zonas clave dentro del paisaje, ya que constituyen núcleos de recuperación ecológica que pueden contribuir a la conectividad y al fortalecimiento de la matriz vegetal en el mediano y largo plazo.

Por su parte, los guaduales pueden considerarse formaciones secundarias especializadas, con una dinámica sucesional propia, caracterizada por ciclos rápidos de renovación de culmos y una alta resiliencia frente a disturbios. Estas formaciones cumplen un papel importante como coberturas protectoras y como elementos estructurantes del paisaje.

En conjunto, la distribución de los estados sucesionales en el área de influencia del proyecto refleja un paisaje en transición, donde predominan coberturas en recuperación y regeneración, con remanentes de vegetación secundaria intermedia que conservan valor ecológico funcional. Esta condición resulta determinante para la interpretación de los impactos asociados al proyecto y para la formulación de las obligaciones de compensación ambiental, las cuales deberán considerar el estado sucesional de las coberturas

intervenidas, aspecto que se desarrolla en los capítulos posteriores del presente Plan de Compensación.

f. Orquídeas, bromelias, briófitos y líquenes

En el área de influencia del Proyecto Gramalote se registró la presencia de epífitas vasculares y epífitas no vasculares, asociadas principalmente a coberturas boscosas y a áreas con diferentes grados de intervención, las cuales fueron caracterizadas en el marco del Estudio de Impacto Ambiental mediante censos y parcelas de caracterización específicas.

Dentro de las epífitas vasculares, se identificaron especies pertenecientes principalmente a las familias Orchidaceae (orquídeas) y Bromeliaceae (bromelias). Estas especies se encontraron asociadas tanto a árboles hospedadores (forófitos) en coberturas boscosas como en áreas de vegetación secundaria, sin evidenciarse un patrón único de distribución en función de la cobertura. No obstante, se observó una tendencia a una mayor presencia de individuos en áreas con mayor disponibilidad de humedad y cercanas a cuerpos de agua, particularmente en zonas adyacentes a la cuenca de la quebrada Topacio.

Las orquídeas presentaron una menor riqueza en comparación con otros grupos de epífitas, con registros distribuidos en un número limitado de especies y concentrados en pocos individuos. Entre estas, se identificaron especies tanto de hábito epífita como terrestre, algunas de ellas asociadas exclusivamente a coberturas boscosas. Este patrón sugiere una dependencia de microhábitats específicos, relacionados con condiciones de sombra, humedad y estabilidad estructural del dosel.

En relación con las epífitas no vasculares, se registró una mayor diversidad y abundancia, particularmente en los grupos de briófitos, que incluyen musgos (Bryophyta) y hepáticas (Marchantiophyta). Los musgos constituyeron el grupo más diverso, seguidos por las hepáticas, con una amplia representación en coberturas de bosque fragmentado y, en menor proporción, en vegetación secundaria y en transición. Estas especies se encontraron asociadas a una gran variedad de sustratos, incluyendo troncos, ramas y suelo, lo cual refleja condiciones ambientales favorables para su establecimiento y persistencia.

Dentro del grupo de las hepáticas, se identificó una alta diversidad morfológica y taxonómica, con registros frecuentes en coberturas boscosas y una presencia significativa en diferentes parcelas de caracterización. Esta distribución evidencia la importancia de los remanentes de vegetación natural y secundaria como reservorios de diversidad para estos organismos.

En conjunto, la presencia de orquídeas, bromelias, briófitos y líquenes en el área de influencia del proyecto constituye un indicador de la heterogeneidad estructural y funcional del paisaje, así como de la existencia de microambientes con condiciones adecuadas de humedad y estabilidad. Estos grupos, aunque no dominantes en términos de cobertura, aportan información relevante para la comprensión del estado ecológico de las áreas intervenidas y para la interpretación de los impactos asociados a la remoción de cobertura vegetal y al aprovechamiento forestal, aspectos que son considerados en la formulación de las obligaciones de compensación ambiental del proyecto.

g. Especies en veda, amenazadas y endémicas

Durante la caracterización florística del área de influencia del Proyecto Gramalote se registraron especies vegetales que presentan estatus especial de conservación, ya sea por encontrarse bajo categorías de amenaza, estar sujetas a veda nacional o regional, o presentar restricciones para su aprovechamiento o comercialización, de acuerdo con la normatividad ambiental vigente y los instrumentos internacionales aplicables.

Con base en la información consolidada en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA), actualizada con los registros del MEIA y las bases de datos florísticas del proyecto, se reporta la presencia de especies incluidas en las categorías de Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN) y Vulnerable (VU), según la Resolución 126 de 2024 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, así como especies sujetas a regímenes de veda y control por parte de autoridades ambientales nacionales y regionales.

En el área del proyecto se identifican dos (2) especies en categoría de Peligro Crítico (CR): *Aniba perutilis* (comino) y *Cariniana pyriformis* (abarco). Así mismo, se registran dos (2) especies en categoría En Peligro (EN): *Cedrela odorata* (cedro) y especies del género *Cynoches* (Orchidaceae). Adicionalmente, se reportan dos (2) especies en categoría Vulnerable (VU): *Hyptidendron arboreum* (aguanoso) y *Pitcairnia basincurva*.

De manera complementaria, se identificaron especies sujetas a veda nacional, particularmente aquellas pertenecientes a la familia Cyatheaceae (helechos arborescentes), especies de la familia Orchidaceae y representantes de la familia Erythroxylaceae, las cuales cuentan con restricciones específicas para su uso, aprovechamiento o comercialización. A nivel regional, bajo la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de los Ríos Negro y Nare – CORNARE, se reporta la presencia de especies como *Aniba perutilis* (comino), *Cariniana pyriformis* (almendrón/abarco) y *Aspidosperma megalocarpon*, las cuales se encuentran sujetas a disposiciones particulares de manejo y control.

La presencia de estas especies en el área de influencia directa del proyecto constituye un insumo relevante para la interpretación de los impactos asociados a la remoción de cobertura vegetal y al aprovechamiento forestal, así como para la formulación de las obligaciones de compensación ambiental, las cuales deberán considerar las restricciones normativas y el estado de conservación de las especies registradas, aspectos que se desarrollan en capítulos posteriores del presente Plan.

III. Caracterización de fauna terrestre

La caracterización de la fauna terrestre en el área de influencia del Proyecto Gramalote se fundamenta en la información consolidada del Estudio de Impacto Ambiental actualizado (MEIA), la cual integra registros obtenidos mediante diferentes metodologías de muestreo y observación, permitiendo una evaluación representativa de la composición faunística asociada a las coberturas presentes en el área del proyecto.

Los resultados evidencian una fauna diversa, característica de ecosistemas de bosque húmedo tropical y subandino, con una distribución influenciada por el grado de intervención de las coberturas, la disponibilidad de hábitat y la conectividad del paisaje. A continuación, se presenta la caracterización por grupos taxonómicos.

a. Avifauna

La avifauna constituye el grupo faunístico con mayor riqueza específica registrada en el área de influencia del Proyecto Gramalote, lo cual es consistente con la alta capacidad de las aves para utilizar paisajes heterogéneos y fragmentados.

Desde el punto de vista taxonómico, el orden Passeriformes es el más representativo, concentrando la mayor proporción de especies registradas. Este orden incluye familias ampliamente distribuidas en ambientes tropicales intervenidos y secundarios, como Tyrannidae, Thraupidae, Furnariidae, Trochilidae y Columbidae, las cuales agrupan especies insectívoras, frugívoras y granívoras.

Las familias Tyrannidae y Thraupidae presentan una alta representatividad, asociada a especies generalistas y de borde, capaces de utilizar tanto coberturas boscosas como vegetación secundaria y áreas en transición. De igual forma, se registran especies de Trochilidae, las cuales evidencian la disponibilidad de recursos florales y microhábitats favorables.

Entre las especies más relevantes se identifican aves asociadas a bosques secundarios y fragmentados, así como especies tolerantes a la intervención, lo que sugiere que las coberturas del área del proyecto funcionan como hábitats complementarios dentro de un paisaje altamente transformado. La composición de la avifauna refleja, en general, un ensamble dominado por especies de amplia distribución, con un papel ecológico importante en procesos como la dispersión de semillas y el control de insectos.

b. Mastofauna

La mastofauna registrada en el área de influencia del Proyecto Gramalote está compuesta principalmente por mamíferos pequeños y medianos, característicos de ecosistemas tropicales con distintos grados de intervención.

Desde el punto de vista taxonómico, se destacan los órdenes Rodentia, Chiroptera y Didelphimorphia, los cuales agrupan la mayor cantidad de registros. Las familias Phyllostomidae (murciélagos), Didelphidae (zarigüeyas) y Cricetidae (roedores) presentan una alta representatividad, reflejando la disponibilidad de refugios, recursos alimenticios y estructuras vegetales en las coberturas presentes.

Los quirópteros constituyen un grupo particularmente relevante, dado su papel ecológico como polinizadores, dispersores de semillas y controladores de poblaciones de insectos. Su presencia sugiere la existencia de conectividad funcional entre parches de vegetación natural y secundaria.

Las especies más representativas corresponden a mamíferos con alta tolerancia a la fragmentación y a la actividad humana, lo cual es coherente con el contexto paisajístico del proyecto. No obstante, su presencia resalta la importancia de los remanentes boscosos y de las coberturas riparias como áreas clave para el mantenimiento de la mastofauna local.

c. Herpetofauna

La herpetofauna del área de influencia del Proyecto Gramalote incluye especies de anfibios y reptiles, grupos estrechamente ligados a las condiciones microclimáticas, la humedad y la estructura del hábitat.

d. Anfibios

Los anfibios registrados se asocian principalmente a coberturas con alta disponibilidad de humedad, como bosques de galería, áreas cercanas a cuerpos de agua y vegetación secundaria densa.

Desde el punto de vista taxonómico, los órdenes Anura y las familias Hylidae, Leptodactylidae y Craugastoridae son las más representativas, agrupando especies con ciclos de vida dependientes de ambientes húmedos y semiacuáticos.

Las especies registradas corresponden mayoritariamente a anfibios de amplia distribución regional, sensibles a la alteración del hábitat, por lo que su presencia indica la persistencia de condiciones ambientales favorables en sectores específicos del área de influencia. Este grupo es particularmente relevante como indicador de calidad ambiental, dada su sensibilidad a cambios en el microclima y la disponibilidad de agua.

e. Reptiles

Los reptiles registrados en el área del proyecto presentan una mayor tolerancia a la intervención antrópica en comparación con los anfibios, lo cual se refleja en su presencia en una mayor variedad de coberturas.

Los órdenes Squamata y Testudines concentran la mayoría de los registros, con familias como Colubridae, Dactyloidae y Teiidae entre las más representativas. Las especies identificadas corresponden principalmente a reptiles de hábitos terrestres y arborícolas, asociados tanto a bosques fragmentados como a vegetación secundaria y áreas abiertas.

La composición de este grupo evidencia un ensamble dominado por especies generalistas, con un papel ecológico importante en el control de poblaciones de invertebrados y pequeños vertebrados, contribuyendo al equilibrio trófico del ecosistema.

D. Descripción de las alternativas seleccionadas

En el presente apartado se describen de manera detallada las alternativas de compensación seleccionadas para la implementación del Plan de Compensación del Componente Biótico del Proyecto Gramalote, todas ellas conformadas por predios previamente aprobados por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, en el marco del licenciamiento ambiental vigente y de sus posteriores modificaciones.

En el contexto de la modificación de la Licencia Ambiental del Proyecto Gramalote, este capítulo desarrolla la descripción actualizada y detallada de las alternativas de compensación, con base en la información técnica más reciente derivada del proceso de actualización cartográfica, interpretación actualizada de coberturas de la tierra y análisis ecosistémico, garantizando coherencia con las condiciones biofísicas, territoriales y normativas aplicables.

Las alternativas de compensación se estructuran bajo un enfoque de arreglo de paisaje funcional, orientado al fortalecimiento de la conectividad ecológica, la consolidación de núcleos de biodiversidad y la recuperación de la funcionalidad ecosistémica del Orobioma Subandino Nechí–San Lucas, en concordancia con los principios de equivalencia

ecosistémica, adicionalidad y no pérdida neta de biodiversidad establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018).

Como resultado de este proceso, el área destinada a la implementación de las acciones de compensación del componente biótico se organiza en catorce (14) alternativas definitivas, las cuales abarcan una superficie aproximada de **3.326,11 ha**. Estas alternativas se conforman por predios previamente aprobados por la Autoridad Ambiental y fueron consolidadas a partir del refinamiento técnico de la información espacial, particularmente en lo relacionado con la clasificación y distribución de las coberturas terrestres, lo que permitió ajustar y precisar las acciones de manejo ambiental a implementar.

Cada alternativa integra, de manera diferenciada, acciones de preservación y acciones de restauración ecológica, estas últimas con énfasis en rehabilitación y recuperación, de acuerdo con: el tipo y estado sucesional de las coberturas presentes, su representatividad dentro del paisaje, su función ecológica en términos de conectividad y soporte de biodiversidad y los lineamientos técnicos del Manual de Compensaciones del Componente Biótico.

e. Alternativa Guacharacas: inversión socio-ambiental de alto impacto en el Nordeste antioqueño

Mediante la Resolución 1380 de 2022, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales aceptó la alternativa Guacharacas para la implementación de acciones de preservación sobre un área de 260,85 ha, en el marco del Plan de Compensación por Pérdida de Biodiversidad del Proyecto Gramalote. Adicionalmente, dicha alternativa contempla otras acciones de compensación previamente definidas y aprobadas, las cuales son objeto de afinamiento técnico en el presente ajuste, sin que ello implique la incorporación de nuevas acciones ni la ampliación del área aprobada.

La alternativa Guacharacas se implementa en el predio denominado Guacharacas, ubicado en la vereda del mismo nombre, municipio de Yolombó, departamento de Antioquia, con una extensión total aproximada de 1.290 ha. El predio es de propiedad de Gramalote Colombia, y fue adquirido con el propósito de consolidar una intervención socioambiental estratégica en el área de influencia del proyecto, orientada a la recuperación ecológica, la conservación de remanentes boscosos y la generación de conectividad funcional en el paisaje.

La alternativa Guacharacas se localiza en el Orobioma Subandino Nechí–San Lucas y presenta una matriz de coberturas heterogénea, característica de paisajes con distintos niveles de intervención antrópica, en los que coexisten remanentes de coberturas naturales, vegetación secundaria y áreas transformadas por usos agropecuarios. De acuerdo con lo presentado en La Tabla 10.13, esta alternativa abarca un área total de **886,05 ha**, dentro de la cual se evidencia una representación significativa de coberturas naturales y seminaturales estratégicas para la compensación del componente biótico.

Las coberturas de mayor representatividad corresponden a pastos limpios (**251,28 ha; 28,36%**), seguidas por **bosque de galería y/o ripario (205,78 ha; 23,22%)** y **bosque denso alto (172,95 ha; 19,52%)**. La presencia de bosques riparios y bosques densos altos confiere a esta alternativa un alto valor ecológico, en tanto estos ecosistemas cumplen funciones

clave en la regulación hídrica, la conectividad ecológica y la provisión de hábitat para la fauna silvestre, constituyéndose en áreas prioritarias para acciones de preservación y restauración ecológica.

Adicionalmente, se identifican coberturas asociadas a pastos enmalezados (104,76 ha; 11,82%) y pastos arbolados (58,46 ha; 6,60%), así como áreas de bosque fragmentado con vegetación secundaria (49,80 ha; 5,62%) y vegetación secundaria alta y baja (40,08 ha en conjunto; 4,52%). Estas coberturas representan sectores con diferentes grados de intervención y potencial de recuperación ecológica, los cuales resultan idóneos para la implementación de acciones de rehabilitación y enriquecimiento, orientadas a mejorar la estructura, composición y funcionalidad del ecosistema.

En términos generales, la combinación de coberturas presentes en la alternativa Guacharacas evidencia una adecuada equivalencia ecosistémica con los ecosistemas afectados por el proyecto Gramalote y una representatividad acorde con el contexto del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas, lo cual respalda su idoneidad para el direccionamiento de las acciones de compensación ambiental definidas en el presente Plan, en concordancia con los criterios establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018) (Tabla 10.13).

Tabla 10.13 Coberturas de la tierra presentes en la alternativa Guacharacas

Cobertura	Área (ha)	Representatividad
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	205,78	23,22%
Bosque denso alto del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	172,95	19,52%
Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	49,80	5,62%
Mosaico de pastos y cultivos del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	2,94	0,33%
Pastos arbolados del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	58,46	6,60%
Pastos enmalezados del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	104,76	11,82%
Pastos limpios del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	251,28	28,36%
Vegetación secundaria alta del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	24,96	2,82%
Vegetación secundaria baja del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	15,12	1,71%
Total	886,05	100,00%

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

La Tabla 10.14, sintetiza la participación relativa de las áreas destinadas a preservación y restauración ecológica dentro de la alternativa Guacharacas. Del total del área priorizada, el 51,18% corresponde a acciones de preservación, orientadas al mantenimiento de coberturas con valor ecológico y a la prevención de nuevas presiones antrópicas, mientras que el 48,82% se destina a acciones de restauración con enfoque en rehabilitación ecológica. Esta distribución refleja un balance técnico entre la protección de ecosistemas existentes y la recuperación de áreas intervenidas, en coherencia con los objetivos del Plan

de Compensación del Componente Biótico y con el enfoque de fortalecimiento de la conectividad ecológica y la integridad del paisaje.

Tabla 10.14 Síntesis de áreas de preservación y restauración – Alternativa Guacharacas

Categoría de acción	Área (ha)	Porcentaje (%)
Preservación	453,48	51,18%
Restauración (rehabilitación ecológica)	432,56	48,82%
Total	886,05	100%

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

La distribución espacial de esta alternativa se presenta en la Figura 10.16, correspondiente al mapa de coberturas refinadas de la alternativa.

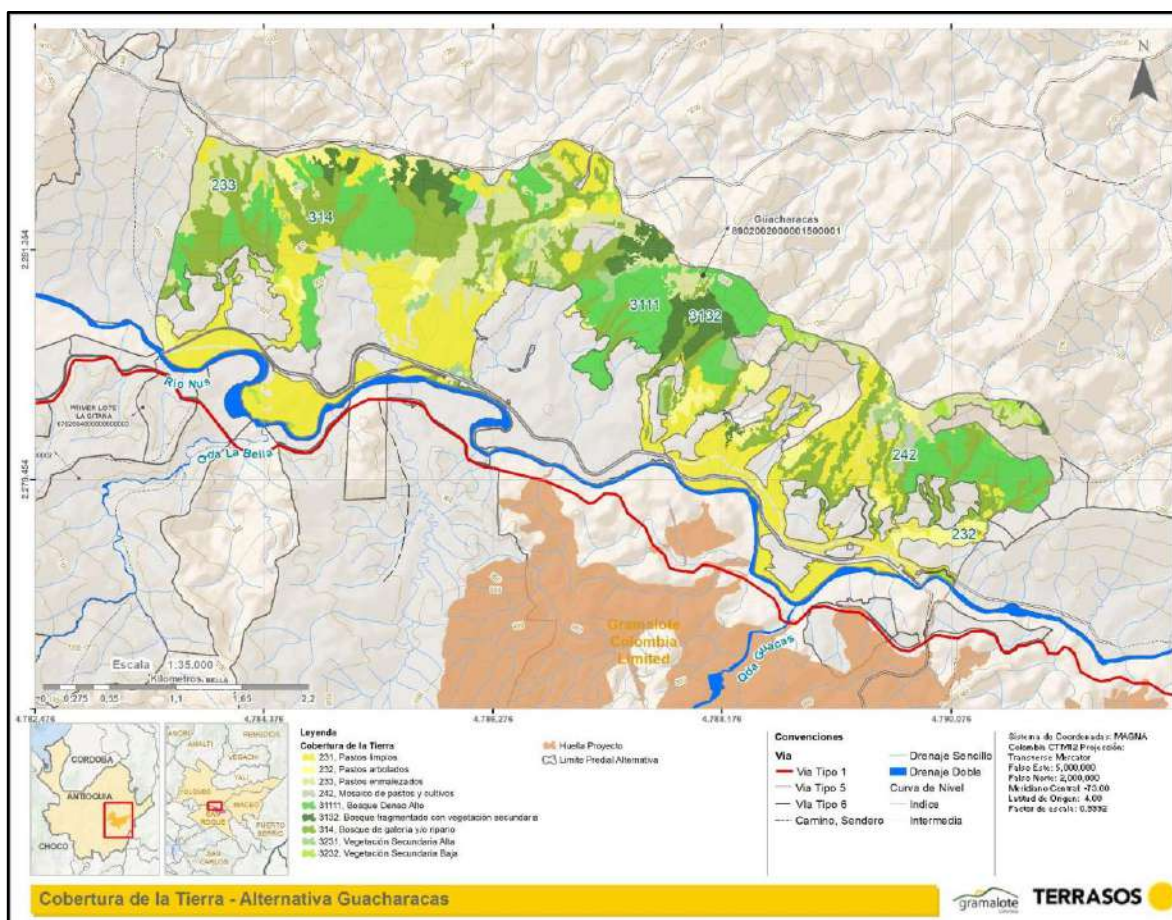


Figura 10.16 Mapa de coberturas de la tierra alternativa Guacharacas

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

El área se encuentra dominada por bosque fragmentado con vegetación secundaria, pastos enmalezados y pastos limpios, con remanentes de bosques de galería y/o riparios

asociados principalmente a la red hídrica y a sectores de mayor pendiente. Esta configuración refleja un paisaje históricamente intervenido, pero con alto potencial para la recuperación ecológica y la consolidación de procesos de conectividad.

Con base en la distribución de coberturas y en el estado de conservación de los ecosistemas presentes, la zonificación interna de la alternativa Guacharacas contempla la implementación de las siguientes acciones de compensación, todas previamente aprobadas:

- Preservación, orientada a la protección de fragmentos de bosque y coberturas riparias en mejor estado de conservación.
- Rehabilitación ecológica por enriquecimiento, dirigida a áreas de pastos enmalezados y vegetación secundaria con potencial de recuperación estructural.
- Rehabilitación mediante nucleación, enfocada en áreas de pastos limpios y matrices ganaderas, con el fin de acelerar procesos sucesionales.

La distribución espacial de estas acciones se presenta en la Figura 10.17 (Zonificación de acciones de compensación – alternativa Guacharacas).

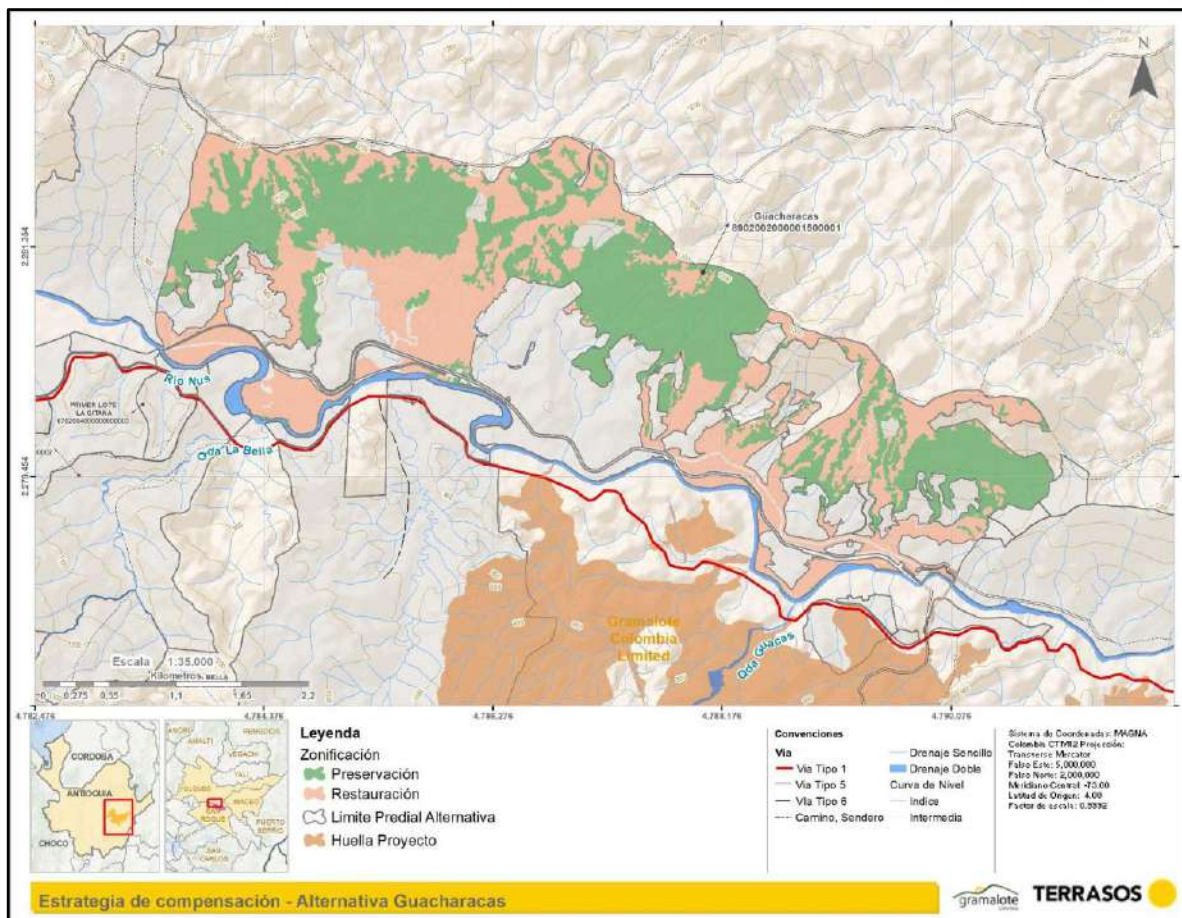


Figura 10.17 Mapa de zonificación alternativa Guacharacas

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

En términos generales, la alternativa Guacharacas concentra un mayor porcentaje de áreas destinadas a rehabilitación ecológica, complementadas por núcleos estratégicos de preservación, lo que permite fortalecer la estructura ecológica del predio y su articulación con el circuito de conectividad regional.

Esta zonificación igualmente fue considerada a partir del análisis cartográfico de la vocación del suelo del IGAC, en donde se evidencia un territorio altamente heterogéneo, en el que confluyen vocaciones forestales, agrícolas y ganaderas, junto con la presencia estructurante de cuerpos de agua asociados al río Nus y a la quebrada La Bella, tal como se observa en la Figura 10.18. La vocación forestal se distribuye principalmente en las zonas de ladera y en franjas continuas que acompañan los drenajes, configurando áreas estratégicas para la conectividad ecológica y la regulación hídrica.

De manera complementaria, se identifican sectores con vocación agrícola y ganadera localizados en áreas de menor pendiente y mayor accesibilidad, históricamente intervenidas y con mayor presión antrópica. Esta combinación de vocaciones refleja un paisaje transformado, pero con alto potencial para la consolidación de corredores ecológicos, especialmente a lo largo de los ejes hídricos y en la transición entre coberturas naturales y productivas.

En coherencia con esta configuración territorial, las acciones de compensación propuestas para la Alternativa Guacharacas se orientan a la preservación prioritaria de las áreas con vocación forestal y de los corredores riparios, garantizando la protección de funciones ecosistémicas clave como la conectividad, la estabilidad de taludes y la regulación del recurso hídrico. Paralelamente, en las áreas con vocación agrícola y ganadera se plantean acciones de rehabilitación ecológica compatibles con la capacidad de uso del suelo, orientadas a reducir los factores de degradación, favorecer la recuperación de la cobertura vegetal y fortalecer la integración funcional del paisaje.

En este sentido, la propuesta de compensación para la Alternativa Guacharacas se encuentra plenamente alineada con la vocación del suelo definida por el IGAC, asegurando que las intervenciones planteadas respeten las aptitudes biofísicas del territorio y contribuyan de manera efectiva al cumplimiento del objetivo de no pérdida neta de biodiversidad, de acuerdo con los lineamientos del Manual de Compensaciones del Componente Biótico.

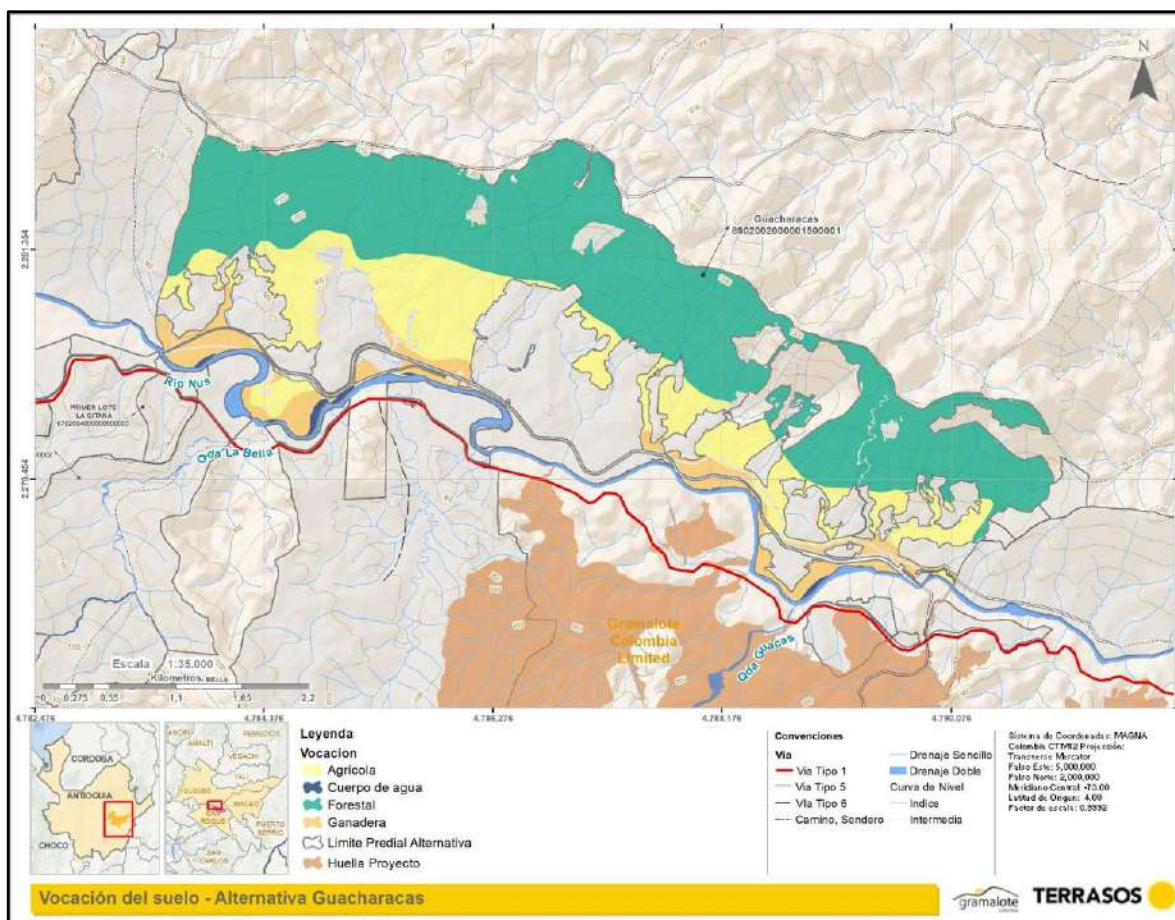


Figura 10.18 Vocación del suelo-Alternativa Guacharacas.

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Las acciones de preservación y rehabilitación a implementar serán descritas posteriormente en el capítulo referido al ¿cómo compensar?.

f. Alternativa Florida: consolidación de un nodo de conectividad en la cuenca del río Nus

La alternativa Florida fue aprobada por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales mediante la Resolución 1380 de 2022, en la cual se aceptó la implementación de acciones de preservación, enriquecimiento y rehabilitación como parte del cumplimiento de la obligación de compensación por pérdida de biodiversidad asociada al Proyecto Gramalote.

En el marco de la presente modificación de licencia ambiental, y en atención a lo requerido en el Requerimiento 2 del Acta 875 de 2022, se realizó el afinamiento cartográfico y técnico de las áreas previamente aprobadas, a partir de la actualización de la capa de coberturas terrestres y del ajuste en la distribución espacial de las acciones de compensación. Este ejercicio no implica la solicitud de aprobación de nuevas alternativas, sino la precisión de

áreas previamente aprobadas, en coherencia con el mayor nivel de detalle alcanzado en la interpretación de coberturas.

La alternativa Florida se implementa en tres (3) predios aprobados, localizados en el municipio de San Roque, vereda Guacas Arriba, correspondientes a los predios La Bella, La Gitana y La Florida, los cuales conforman una unidad funcional desde el punto de vista ecológico y de conectividad del paisaje. Estos predios hacen parte del banco de áreas ya aprobadas para compensación y se encuentran bajo la titularidad de Gramalote Colombia, lo que permite garantizar la viabilidad técnica, jurídica y operativa de su implementación.

Desde el punto de vista ecológico, la alternativa presenta una matriz heterogénea en la cual los fragmentos boscosos remanentes cumplen un papel estratégico en la conectividad funcional de la cuenca del río Nus, especialmente en relación con las áreas de bosque de galería y las coberturas secundarias asociadas a la red hídrica local. Las áreas de pastos limpios y enmalezados corresponden a zonas previamente intervenidas, con alto potencial de rehabilitación y enriquecimiento ecológico.

En coherencia con lo anterior, las acciones de compensación ajustadas para esta alternativa se orientan a:

- Preservación de bosques fragmentados y bosques de galería existentes, como núcleos de conectividad ecológica.
- Enriquecimiento de coberturas en estados sucesionales intermedios y avanzados, con el fin de fortalecer la estructura y composición vegetal.

Rehabilitación de áreas intervenidas, principalmente pastos limpios, mediante estrategias de restauración activa que contribuyan a la recuperación de la funcionalidad ecosistémica.

La alternativa Florida se localiza en el Orobioma Subandino Nechí–San Lucas y presenta una composición de coberturas característica de paisajes subandinos con una alta interacción entre remanentes de coberturas naturales, vegetación secundaria en distintos estados sucesionales y áreas transformadas por actividades agropecuarias. Conforme a lo presentado en la Tabla 10.15, esta alternativa comprende un área total de 88,97 ha, con una distribución relativamente equilibrada entre coberturas naturales, seminaturales y transformadas.

Las coberturas de correspondientes a pastos limpios (21,37 ha; 20,99%) y pastos enmalezados (20,93 ha; 20,55%), las cuales en conjunto representan más del 41,54% del área total, reflejan un estado de transformación antrópica significativo, pero con un alto potencial para la implementación de acciones de rehabilitación ecológica, orientadas a la recuperación progresiva de la funcionalidad ecosistémica y a la mejora de la conectividad del paisaje.

De manera complementaria, se identifican coberturas de bosque de galería y/o ripario (18,84 ha; 18,50%) y bosque denso alto (13,10 ha; 12,86%), las cuales constituyen elementos estratégicos desde el punto de vista ecológico, al cumplir funciones clave asociadas a la regulación hídrica, la estabilidad de márgenes y la provisión de hábitat para la fauna silvestre. Estas áreas representan sectores prioritarios para el desarrollo de acciones de preservación y restauración, en coherencia con los criterios de conectividad y

equivalencia ecosistémica definidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico.

Así mismo, la alternativa Florida incorpora áreas de vegetación secundaria alta (18,02 ha; 17,70%) y vegetación secundaria baja (3,35 ha; 3,29%), junto con sectores de bosque fragmentado con vegetación secundaria (6,22 ha; 6,11%). Estas coberturas evidencian procesos sucesionales en curso y aportan un potencial significativo para la implementación de acciones de enriquecimiento y restauración, orientadas a fortalecer la estructura y composición del ecosistema y a consolidar la conectividad entre fragmentos de cobertura natural existentes.

En términos generales, la configuración de coberturas de la alternativa Florida mantiene una adecuada representatividad del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas y una correspondencia funcional con los ecosistemas afectados por el proyecto Gramalote, lo que respalda su idoneidad como área receptora de acciones de compensación ambiental. Esta alternativa cumple con los principios de equivalencia ecosistémica, adicionalidad y no pérdida neta de biodiversidad, establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018), y se integra de manera consistente al conjunto de alternativas seleccionadas en el presente Plan (Tabla 10.15).

Tabla 10.15 Coberturas de la tierra presentes en la alternativa Florida

Cobertura	Área (ha)	Representatividad
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	18,84	18,50%
Bosque denso alto del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	13,10	12,86%
Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	6,22	6,11%
Pastos enmalezados del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	20,93	20,55%
Pastos limpios del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	21,37	20,99%
Vegetación secundaria alta del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	18,02	17,70%
Vegetación secundaria baja del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	3,35	3,29%
Total	101,82	100,00%

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

La Tabla 10.16, sintetiza la participación relativa de las áreas destinadas a acciones de preservación y restauración ecológica dentro de la alternativa Florida. Del total del área priorizada, el 61,04% corresponde a acciones de preservación, orientadas al mantenimiento de coberturas con valor ecológico y a la prevención de nuevas presiones antrópicas, mientras que el 44,83% se destina a acciones de restauración con enfoque en rehabilitación ecológica. Esta distribución refleja un balance técnico entre la conservación de ecosistemas existentes y la recuperación funcional de áreas intervenidas, en coherencia con los objetivos del Plan de Compensación del Componente Biótico y con el enfoque de fortalecimiento de la conectividad ecológica y la integridad del paisaje.

Tabla 10.16 Síntesis de áreas de preservación y restauración – Alternativa Florida

Categoría de acción	Área (ha)	Porcentaje (%)
Preservación	56,17	61,04
Restauración (rehabilitación ecológica)	45,65	44,83
Total	101,82	100

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

La distribución espacial de estas acciones consolida a la alternativa Florida como un nodo de conectividad ecológica dentro del arreglo de paisaje propuesto para la cuenca del río Nus, articulándose con otras alternativas aprobadas y contribuyendo de manera efectiva a la reducción de la fragmentación del bosque húmedo tropical en el Nordeste antioqueño (ver Figura 10.19).

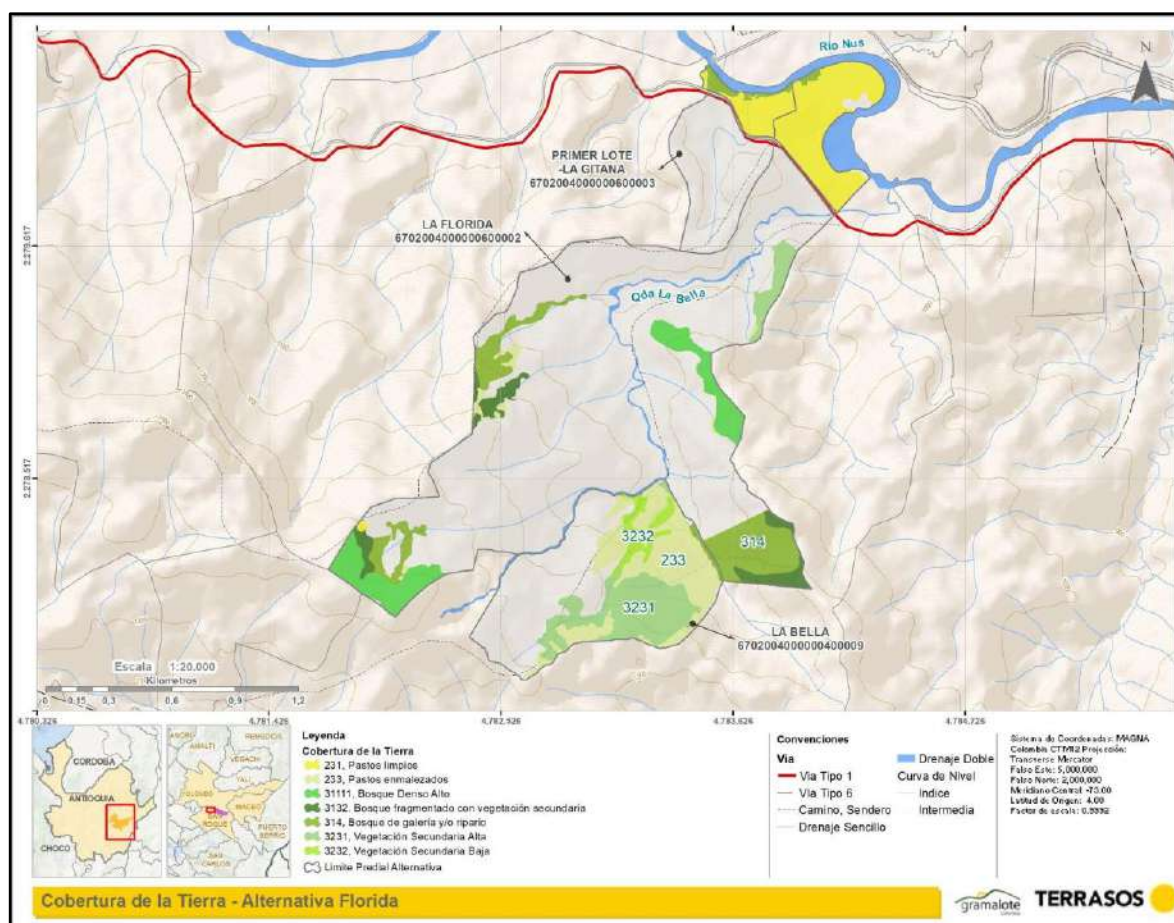


Figura 10.19 Mapa cobertura de la tierra alternativa Florida

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Las acciones de compensación derivadas del cumplimiento de esta obligación estarán dirigidas principalmente a la consolidación de un nodo de conectividad en la cuenca del río Nus a través de acciones como la preservación de bosques fragmentados y de galería existentes, el enriquecimiento de áreas en estados sucesionales intermedios y avanzados

y la rehabilitación de coberturas intervenidas (principalmente pastos limpios). (ver Figura 10.20).

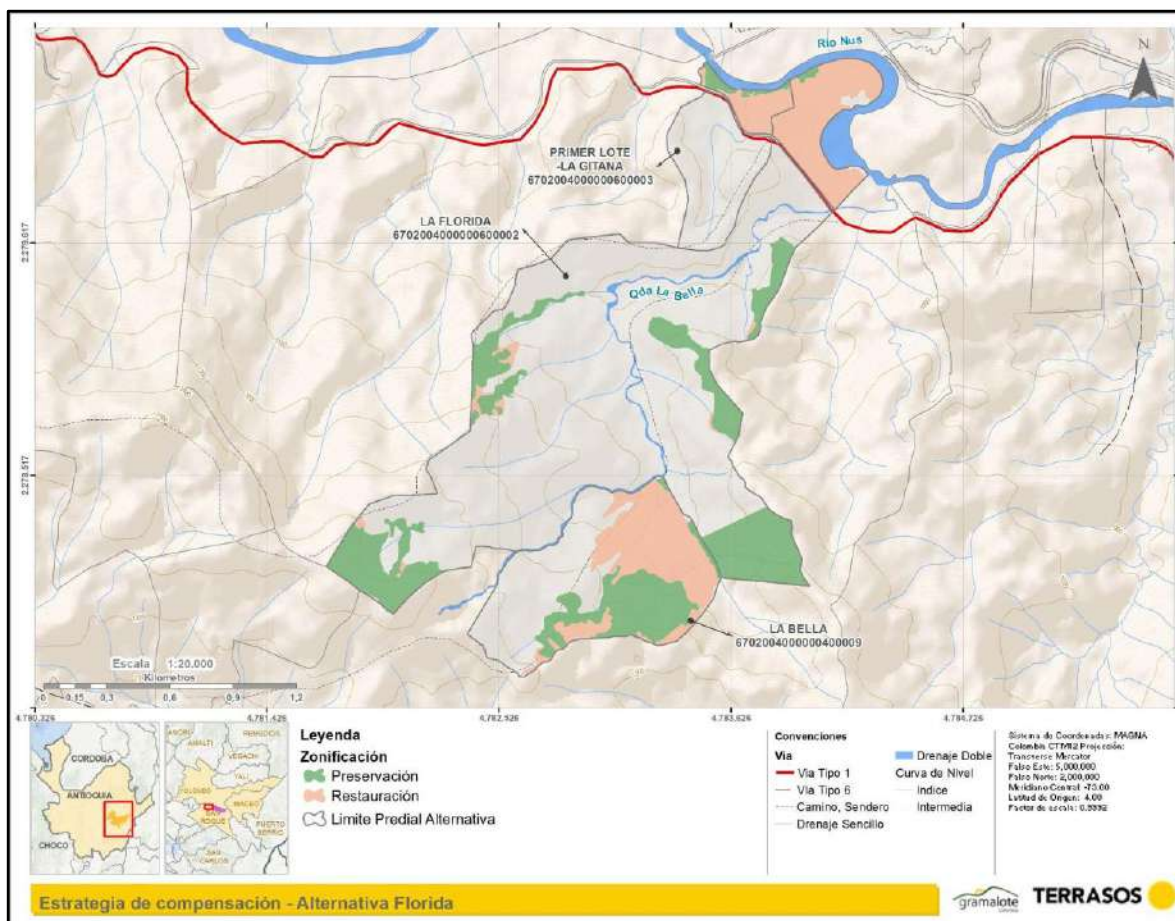


Figura 10.20 Mapa de zonificación alternativa Florida

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

De acuerdo con la cartografía oficial de vocación del suelo del IGAC, la Alternativa Florida presenta una vocación predominantemente forestal, distribuida en fragmentos discontinuos asociados principalmente a áreas de ladera y zonas cercanas a drenajes naturales, así como sectores con vocación ganadera concentrados en áreas puntuales de menor pendiente y mayor accesibilidad, tal como se aprecia en la Figura 10.21. Adicionalmente, la alternativa incluye la presencia directa de cuerpos de agua y drenajes, lo que incrementa la importancia ambiental del área desde el punto de vista de regulación hídrica y conectividad ecológica.

La configuración espacial de estas vocaciones evidencia un territorio con alta sensibilidad ecológica, donde la vocación forestal cumple un papel clave en la protección de rondas hídricas, el control de procesos erosivos y la conservación de coberturas naturales remanentes. En coherencia con ello, las acciones de compensación propuestas priorizan la preservación de las áreas con vocación forestal, especialmente aquellas asociadas a

cuerpos de agua y corredores riparios, garantizando la protección de funciones ecosistémicas estratégicas.

Por su parte, los sectores con vocación ganadera son abordados mediante acciones de rehabilitación ecológica compatibles con la capacidad de uso del suelo, orientadas a reducir la presión antrópica, favorecer la recuperación de la vegetación y mejorar la funcionalidad ecosistémica sin contradecir la vocación identificada. En este sentido, la propuesta de compensación para la Alternativa Florida se encuentra alineada con la vocación del suelo definida por el IGAC, asegurando que las intervenciones planteadas sean técnica y ambientalmente viables, y contribuyan de manera efectiva al objetivo de no pérdida neta de biodiversidad establecido en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico.

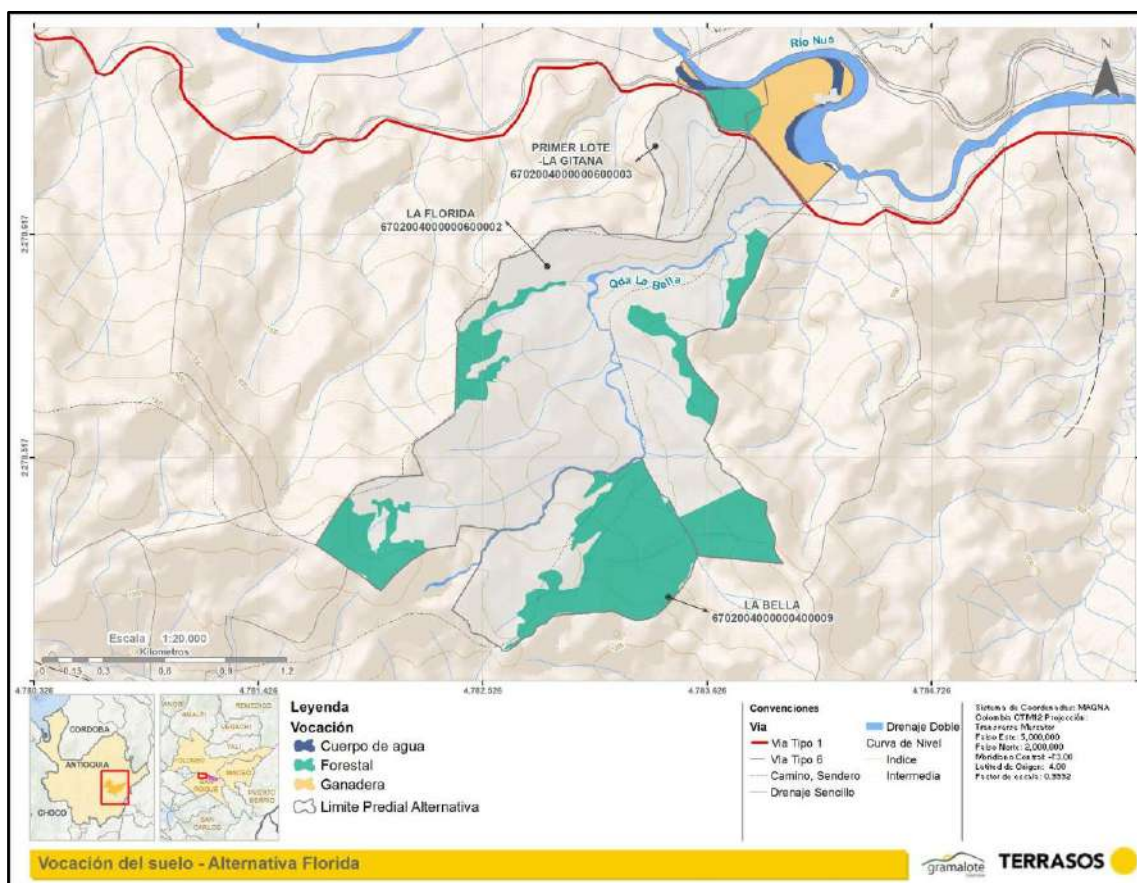


Figura 10.21 Vocación del suelo-Alternativa Florida

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

g. Alternativa Tucumán: conservación de bosques remanentes y rehabilitación de rondas hídricas en paisaje ganadero

Mediante la Resolución 1380 de 2022, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales aceptó la alternativa Tucumán para la implementación de acciones de compensación por pérdida de biodiversidad asociadas a preservación, enriquecimiento y rehabilitación, sobre

un área inicialmente aprobada de 138,09 ha. En el marco de la modificación de la licencia ambiental y en atención al Requerimiento 2 del Acta 875 de 2022, se realizó la actualización cartográfica de coberturas terrestres, lo que permitió afinar la delimitación de áreas y la distribución de acciones de compensación dentro de esta alternativa, sin incorporar nuevos predios ni solicitar nuevas aprobaciones.

La alternativa Tucumán agrupa cuatro (4) predios, todos reconocido catastralmente con el nombre Guacharacas, localizados en la vereda Guacharacas del municipio de Yolombó, departamento de Antioquia. Los predios son de propiedad privada y presentan una extensión total aproximada de 234,01 ha, de las cuales se destinaron **133,58 ha** para el cumplimiento de la obligación de compensación del componente biótico, conforme al ajuste realizado en esta modificación.

Desde el punto de vista territorial y ecológico, la alternativa se localiza al oriente del predio Guacharacas, propiedad de Gramalote Colombia, lo que favorece su articulación funcional dentro del arreglo de paisaje propuesto y contribuye al fortalecimiento de la conectividad ecológica en la cuenca del río Nus. El área presenta un paisaje predominantemente ganadero, con presencia de fragmentos de bosque, vegetación secundaria y rondas hídricas intervenidas, lo que orienta la implementación de acciones de compensación hacia la rehabilitación ecológica y la conservación de remanentes boscosos estratégicos.

La alternativa Tucumán se localiza en el Orobioma Subandino Nechí–San Lucas y presenta una composición de coberturas en la que se evidencia una proporción relevante de ecosistemas naturales, acompañados por coberturas seminaturales y áreas transformadas, reflejando un paisaje subandino con diferentes grados de intervención antrópica. De acuerdo con lo consignado en la Tabla 10.17, esta alternativa abarca un área total de 136,82 ha, con una distribución de coberturas que resulta favorable para el direccionamiento de acciones de compensación ambiental diferenciadas.

Las coberturas de mayor representatividad corresponden al bosque denso alto (38,86 ha; 28,82%) y a los pastos limpios (35,00 ha; 25,97%), los cuales en conjunto representan más del 54,79% del área total. La presencia significativa de bosque denso alto confiere a esta alternativa un alto valor ecológico, al tratarse de ecosistemas que aportan de manera directa al mantenimiento de la biodiversidad, la regulación hídrica y la conectividad ecológica, constituyéndose en áreas prioritarias para la implementación de acciones de preservación y restauración ecológica.

De forma complementaria, se identifican coberturas de bosque de galería y/o ripario (23,85 ha; 17,70%) y pastos arbolados (22,63 ha; 16,79%), las cuales cumplen un papel estratégico en la estructuración del paisaje, al favorecer la conectividad entre fragmentos de cobertura natural y aportar heterogeneidad estructural al sistema. Estas áreas presentan condiciones adecuadas para el desarrollo de acciones de restauración y rehabilitación, orientadas a consolidar corredores ecológicos y mejorar la funcionalidad ecosistémica.

En menor proporción, la alternativa Tucumán incluye áreas de pastos enmalezados (2,31 ha; 1,71%), bosque fragmentado con vegetación secundaria (3,92 ha; 2,91%), así como vegetación secundaria alta y baja (8,23 ha en conjunto; 6,10%). Estas coberturas reflejan sectores con procesos sucesionales incipientes o intermedios, que ofrecen oportunidades

para la implementación de acciones de enriquecimiento y rehabilitación ecológica, contribuyendo a la recuperación progresiva de la estructura y composición del ecosistema.

En términos generales, la configuración de coberturas de la alternativa Tucumán evidencia una adecuada representatividad del Orobioma Subandino Nechí–San Lucas y una correspondencia funcional con los ecosistemas afectados por el proyecto Gramalote, cumpliendo con los criterios de equivalencia ecosistémica, adicionalidad y no pérdida neta de biodiversidad establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018). En este sentido, la alternativa Tucumán se consolida como un área idónea para el direccionamiento de las acciones de compensación ambiental definidas en el presente Plan.

Tabla 10.17 Coberturas de la tierra presentes en la Alternativa Tucumán

Cobertura	Área (ha)	Representatividad
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	23,85	17,70%
Bosque denso alto del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	38,86	28,82%
Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	3,92	2,91%
Pastos arbolados del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	22,63	16,79%
Pastos enmalezados del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	2,31	1,71%
Pastos limpios del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	35,00	25,97%
Vegetación secundaria alta del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	3,46	2,57%
Vegetación secundaria baja del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	4,76	3,53%
Total	134,81	100,00%

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

La Tabla 10.18, sintetiza la participación relativa de las áreas destinadas a acciones de preservación y restauración ecológica dentro de la alternativa Tucumán. Del total del área priorizada, el 52,00% corresponde a acciones de preservación, orientadas a la conservación de coberturas con valor ecosistémico, mientras que el 48,00% se destina a acciones de restauración ecológica. Esta distribución refleja el énfasis de la alternativa en la intervención activa de áreas con mayor grado de transformación, en coherencia con los objetivos de recuperación funcional, fortalecimiento de la conectividad ecológica y no pérdida neta de biodiversidad establecidos en el Plan de Compensación del Componente Biótico.

Tabla 10.18 Síntesis de áreas de preservación y restauración – Alternativa Tucumán

Categoría de acción	Área (ha)	Porcentaje (%)
Preservación	70,10	52,00%
Restauración (rehabilitación ecológica)	64,71	48,00%
Total	134,81	100,00%

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

La dominancia de pastos limpios y áreas intervenidas en cercanías a rondas hídricas, junto con la presencia de fragmentos de bosque en sectores de mayor pendiente, define un escenario propicio para la articulación de acciones de compensación orientadas a la rehabilitación ecológica y a la preservación de coberturas naturales remanentes. En este contexto, las estrategias de compensación para la alternativa Tucumán se estructuran a partir de la conservación de bosques existentes, el enriquecimiento de áreas en proceso de sucesión y la rehabilitación de rondas hídricas altamente intervenidas, con el fin de fortalecer la conectividad ecológica y mejorar la funcionalidad del paisaje (ver Figura 10.22).

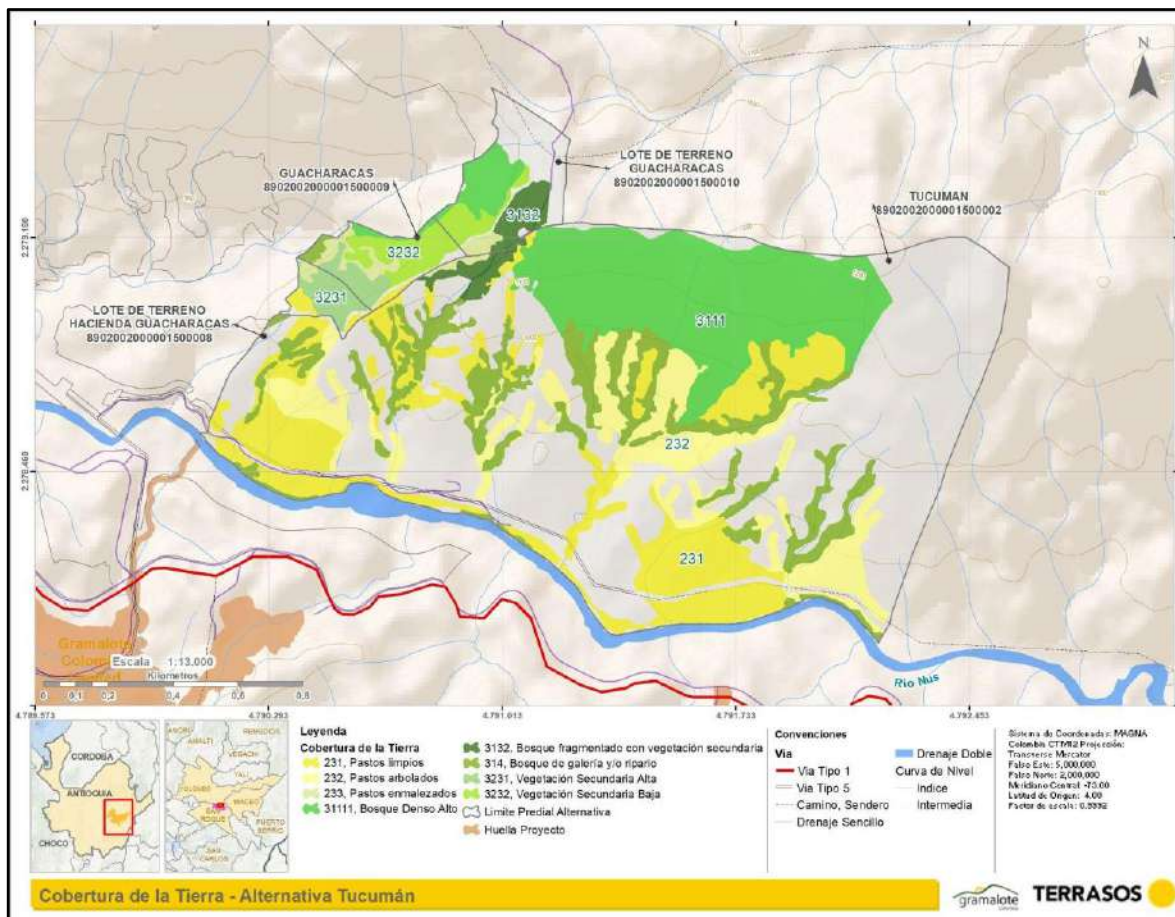


Figura 10.22 Mapa de coberturas de la tierra alternativa Tucumán
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Como resultado del afinamiento de áreas y acciones, en la alternativa Tucumán se proyecta la implementación de acciones de preservación y rehabilitación sobre las 136,82 ha destinadas a compensación, priorizando la recuperación de coberturas asociadas a sistemas hídricos, la ampliación de áreas boscosas remanentes y la consolidación de corredores ecológicos que conecten con el predio Guacharacas y otras alternativas del circuito de conectividad definido para el proyecto. La zonificación de acciones de

compensación se presenta en la figura correspondiente de zonificación de la alternativa Tucumán.

Estas coberturas se traducen en estrategias de compensación, enmarcadas en la preservación y rehabilitación, las acciones específicas asociadas a esta alternativa, así como sus alcances técnicos y operativos, se desarrollan en el capítulo correspondiente al ¿cómo compensar?, en coherencia con los lineamientos del Manual de Compensaciones del Componente Biótico y con las acciones previamente aprobadas por la Autoridad Ambiental (ver Figura 10.23).

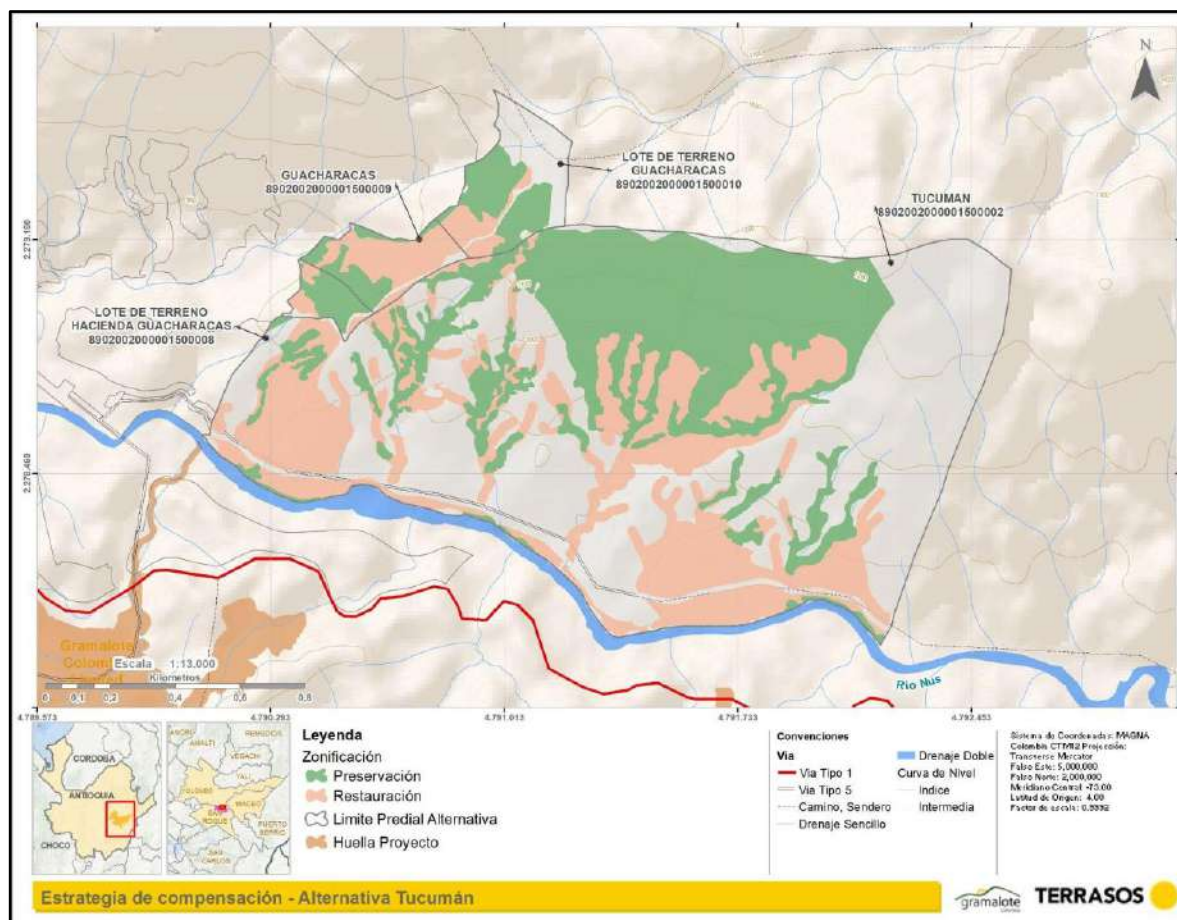


Figura 10.23 Mapa de zonificación alternativa Tucumán
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Conforme a la cartografía oficial de vocación del suelo del IGAC, presentada en la Figura 10.24, la Alternativa Tucumán se caracteriza por una clara zonificación funcional condicionada por el sistema hídrico principal, representado por el río Nus, el cual define la organización espacial de las vocaciones dentro del polígono. En este sentido, la vocación forestal domina los sectores internos y de mayor pendiente, donde se concentran áreas con cobertura continua y fragmentos asociados a drenajes secundarios, desempeñando un papel clave en la regulación hídrica y la estabilidad del paisaje.

En contraste, las vocaciones agrícola y ganadera se disponen de manera preferente en las franjas bajas y planas cercanas al cauce del río Nus, donde las condiciones de accesibilidad, pendiente y suelos han favorecido históricamente el desarrollo de actividades productivas. Estas áreas presentan una relación directa con los corredores hídricos, configurando zonas de uso intensivo que requieren un manejo ambiental diferenciado para evitar procesos de degradación y pérdida de conectividad ecológica.

A partir de esta configuración territorial, las acciones de compensación definidas para la Alternativa Tucumán se orientan principalmente a la preservación de las áreas con vocación forestal, priorizando su función como núcleos de conservación y conectividad ecológica. De manera complementaria, en los sectores con vocación agrícola y ganadera se proponen acciones de restauración ecológica y manejo sostenible, enfocadas en la recuperación de franjas riparias, la protección de cuerpos de agua y la reducción de presiones antrópicas sobre el sistema hídrico.

En consecuencia, la estrategia de compensación planteada para la Alternativa Tucumán es coherente con la vocación del suelo identificada por el IGAC, garantizando que las medidas propuestas respondan a las condiciones biofísicas del territorio y contribuyan al fortalecimiento de la funcionalidad ecológica del área de compensación.

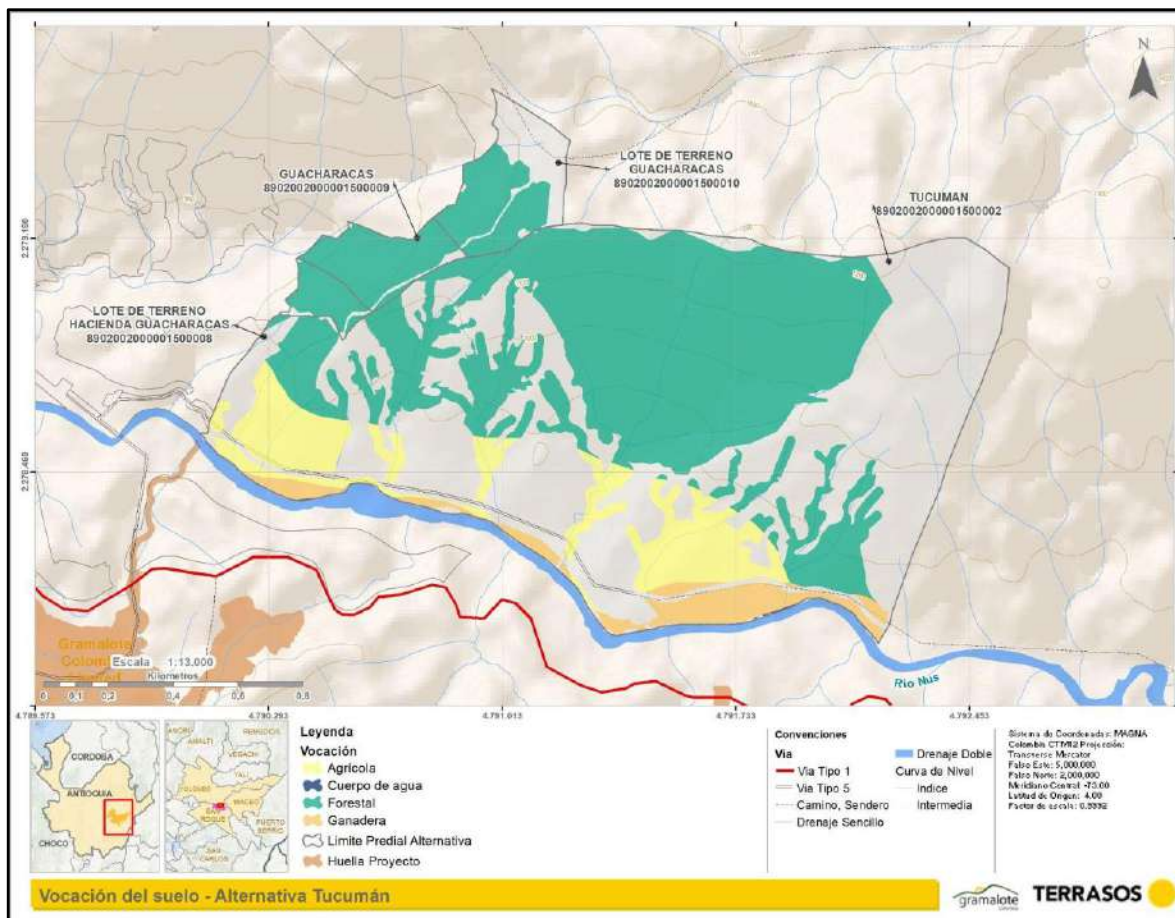


Figura 10.24 Vocación del suelo -Alternativa Tucumán

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

h. Alternativa Bosques de San Roque: conformación de un núcleo de conservación de bosque húmedo tropical

La alternativa Bosques de San Roque fue aprobada mediante la Resolución 1380 de 2022, está compuesta por cuatro (4) predios ubicados en el municipio de San Roque, vereda Villanueva del departamento de Antioquia, con un área total de 397,02 ha donde se priorizó una extensión de 301,89 ha para la Compensación por Pérdida de Biodiversidad. Bajo esta alternativa se busca el fortalecimiento de la estructura ecológica principal de un sector de la cuenca del río Nus, donde se trabajará en la ampliación de áreas boscosas remanentes la consolidación de núcleos ecológicos y la implementación de corredores de conectividad.

La alternativa San Roque se caracteriza por un paisaje en el que predominan coberturas forestales en condición fragmentada, integradas a una matriz agropecuaria que ha sido históricamente intervenida. Esta configuración refleja un territorio donde los procesos de transformación antrópica han generado una fuerte fragmentación del bosque, pero en el que aún persisten elementos ecológicos clave con capacidad de sostener procesos de

recuperación y conectividad. Según lo presentado en la Tabla 10.19, esta alternativa comprende un área total de 299,32 ha.

La cobertura dominante corresponde al bosque fragmentado con vegetación secundaria (104,84 ha; 35,02%), lo cual evidencia la existencia de remanentes forestales que, si bien presentan discontinuidades estructurales, conservan un valor ecológico relevante como refugio de biodiversidad y como nodos potenciales de conectividad en el paisaje. A esta cobertura se suma una proporción significativa de bosques de galería y/o riparios (67,38 ha; 22,51%), los cuales desempeñan un papel estratégico en la regulación hídrica, la protección de cauces y la articulación de corredores ecológicos a escala local y subregional.

La matriz de la alternativa está complementada por coberturas transformadas como pastos limpios (63,21 ha; 21,12%), pastos enmalezados (23,32 ha; 7,79%) y pastos arbolados (23,17 ha; 7,74%), que en conjunto representan un porcentaje importante del área total. Estas coberturas reflejan usos productivos consolidados, pero también ofrecen oportunidades claras para la implementación de acciones de rehabilitación ecológica y reconversión funcional del paisaje, orientadas a reducir la fragmentación y mejorar la conectividad entre los fragmentos boscosos existentes.

En menor proporción se identifican coberturas de bosque denso alto (6,99 ha; 2,33%), vegetación secundaria alta (6,88 ha; 2,30%) y vegetación secundaria baja (3,26 ha; 1,09%), así como áreas marginales asociadas a otros cultivos permanentes arbustivos (0,28 ha; 0,09%). Si bien estas coberturas representan áreas reducidas, su inclusión resulta relevante desde una perspectiva de planificación, en tanto aportan heterogeneidad estructural y pueden cumplir funciones de transición ecológica dentro del mosaico del paisaje.

En conjunto, la alternativa San Roque se configura como un escenario prioritario para el direccionamiento de acciones de compensación ambiental con énfasis en la restauración y rehabilitación ecológica, orientadas a consolidar los fragmentos de bosque existentes, fortalecer la conectividad riparia y mejorar la funcionalidad ecosistémica del paisaje. La composición de coberturas mantiene coherencia con el Orobioma Subandino Nechí–San Lucas y presenta una adecuada equivalencia con los ecosistemas afectados por el proyecto Gramalote, en concordancia con los criterios establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018).

Tabla 10.19 Coberturas de la tierra presentes en la alternativa Bosques de San Roque

Cobertura	Área (ha)	Representatividad
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	67,38	22,51%
Bosque denso alto del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	6,99	2,33%
Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	104,84	35,02%
Otros cultivos permanentes arbustivos del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	0,28	0,09%
Pastos arbolados del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	23,17	7,74%
Pastos enmalezados del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	23,32	7,79%
Pastos limpios del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	63,21	21,12%

Cobertura	Área (ha)	Representatividad
Vegetación secundaria alta del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	6,88	2,30%
Vegetación secundaria baja del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	3,26	1,09%
Total	299,32	100,00%

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

La Tabla 10.20, sintetiza la participación relativa de las áreas destinadas a acciones de preservación y restauración ecológica dentro de la alternativa Bosques de San Roque. Del total del área priorizada, el 62,17 % corresponde a acciones de preservación, orientadas al mantenimiento de coberturas con alto valor ecológico y a la prevención de nuevas presiones antrópicas, mientras que el 37,83 % se destina a acciones de restauración con enfoque en rehabilitación ecológica. Esta distribución evidencia el carácter estratégico de la alternativa como núcleo de conservación, complementado con acciones activas orientadas a fortalecer la funcionalidad ecosistémica y la conectividad del paisaje.

Tabla 10.20 Síntesis de áreas de preservación y restauración – Alternativa Bosques de San Roque

Categoría de acción	Área (ha)	Porcentaje (%)
Preservación	186,08	62,17%
Restauración (rehabilitación ecológica)	113,24	37,83%
Total	299,32	100,00%

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Las coberturas dominantes (Figura 10.25), incluyen bosques de galería, bosques fragmentados con vegetación secundaria y vegetación secundaria alta, lo que permite mantener el enfoque original aprobado, orientado principalmente a:

- Preservación de coberturas boscosas en mejor estado.
- Enriquecimiento ecológico en áreas de vegetación secundaria.

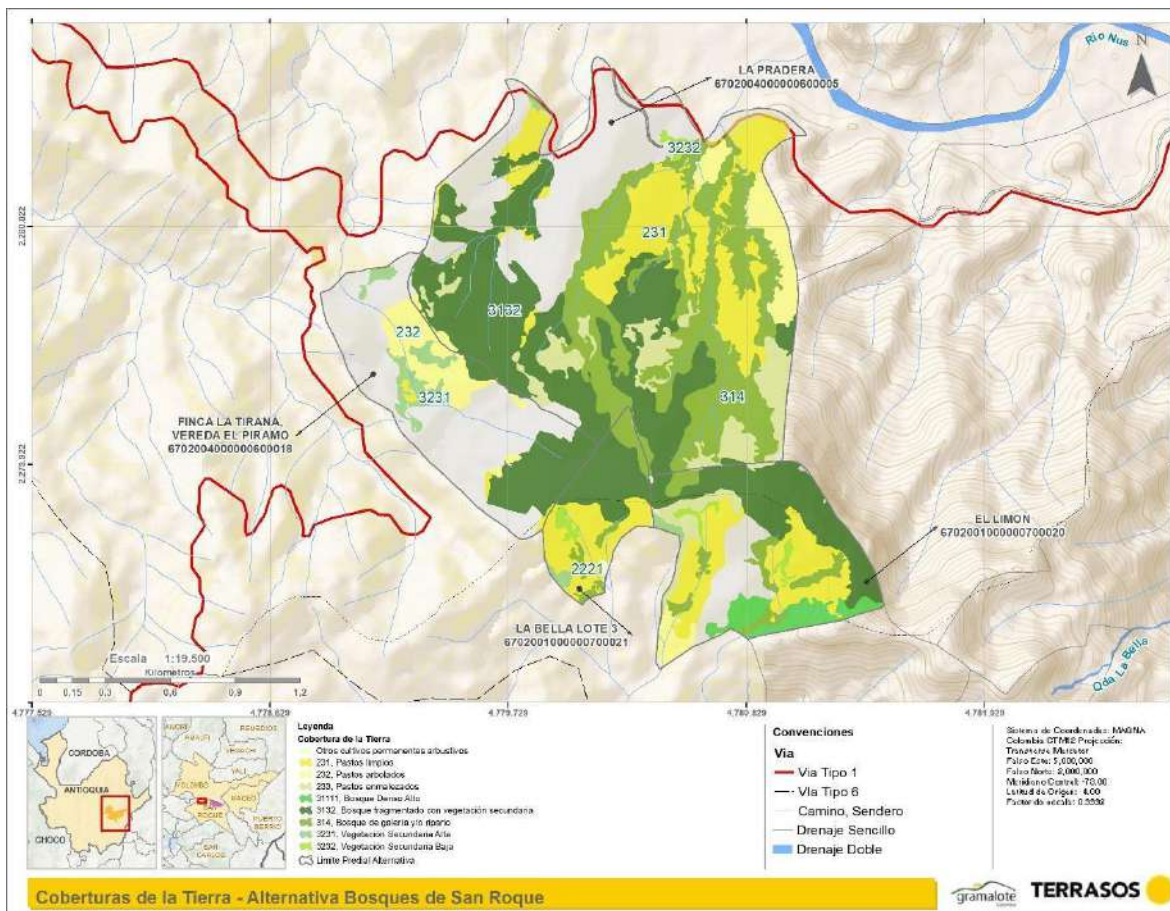


Figura 10.25 Mapa de coberturas de la tierra alternativa Bosques de San Roque
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Las acciones de compensación propuestas para la consecución de la alternativa Bosques de San Roque están dirigidas principalmente a la conservación de los fragmentos de bosque remanentes, la asistencia en el proceso de sucesión natural en áreas intervenidas a través del enriquecimiento de vegetación secundaria y en menor medida a la rehabilitación activa de áreas intervenidas (ver Figura 10.26).

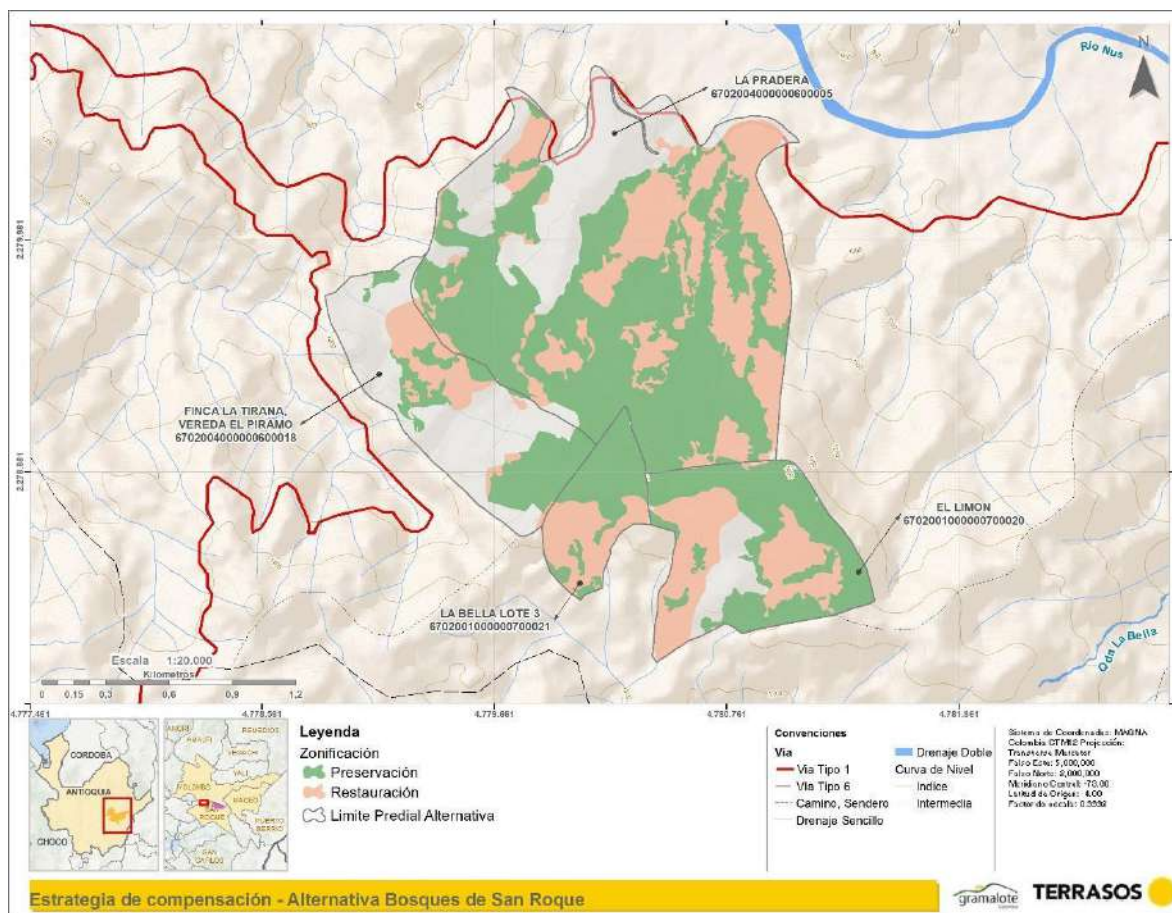


Figura 10.26 Mapa de zonificación alternativa Bosques de San Roque
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Con base en la cartografía oficial de vocación del suelo del IGAC, la Alternativa Bosques de San Roque presenta un predominio claro de vocación forestal, acompañada de sectores puntuales con vocación ganadera, localizados principalmente en áreas de menor pendiente y con mayor intervención antrópica histórica. Tal como se evidencia en la Figura 10.27, la vocación forestal se distribuye de manera continua dentro del polígono de la alternativa, asociada a condiciones fisiográficas que favorecen la protección del suelo, la regulación de escorrentías y la conservación de coberturas naturales.

La coexistencia de vocaciones forestales y ganaderas en esta alternativa permite orientar las acciones de compensación de forma diferencial y complementaria. En las áreas con vocación forestal, las medidas propuestas se enfocan en la preservación de coberturas boscosas existentes y en la consolidación de corredores ecológicos, en coherencia con los principios de conservación establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (MADS, 2018). Por su parte, en los sectores con vocación ganadera, las acciones de rehabilitación ecológica se orientan a la recuperación progresiva de la funcionalidad

ecosistémica mediante estrategias compatibles con la capacidad de uso del suelo, evitando procesos de intensificación productiva no acordes con las condiciones biofísicas del área.

En este sentido, la propuesta de compensación para la Alternativa Bosques de San Roque se encuentra técnicamente alineada con la vocación del suelo identificada, garantizando que las acciones planteadas contribuyan a la estabilidad ecológica del territorio, a la reducción de presiones antrópicas sobre áreas estratégicas y al fortalecimiento de la conectividad ecológica a escala local y regional.

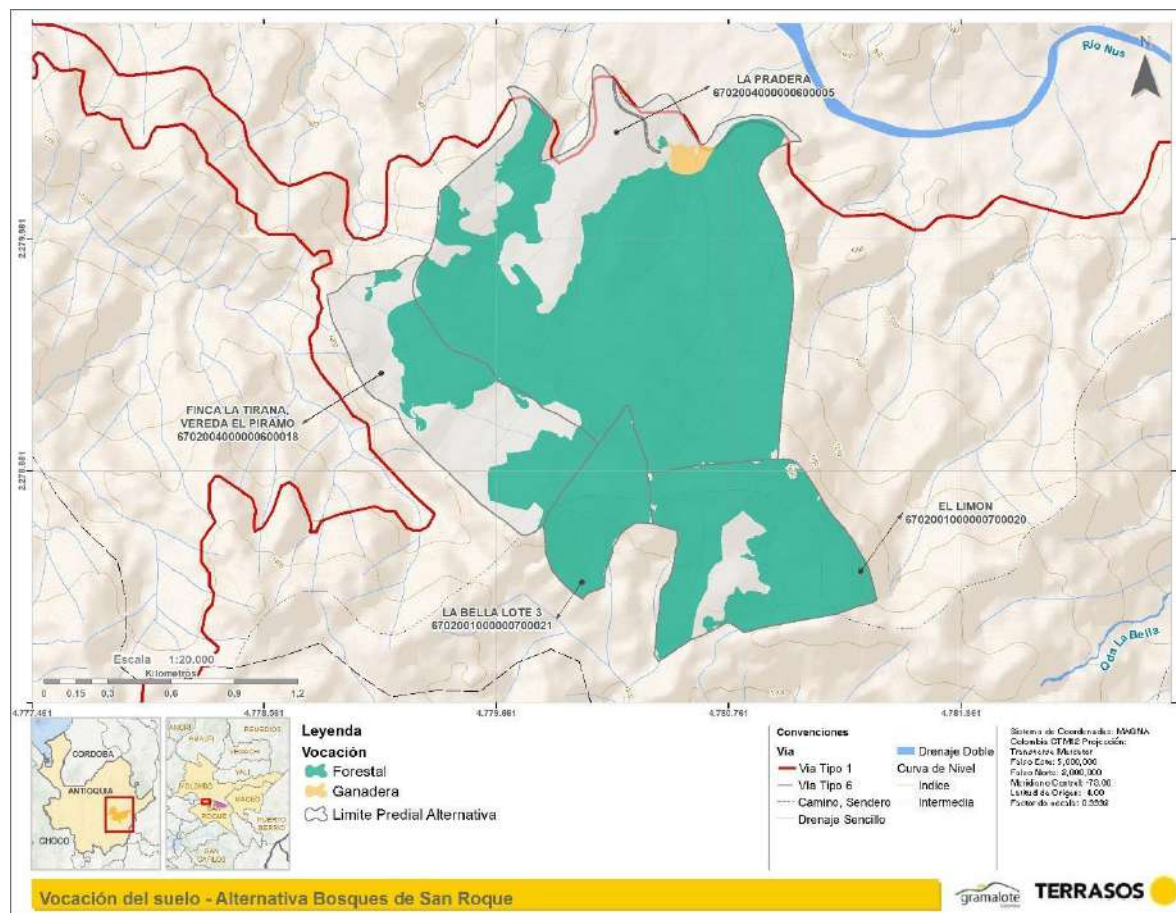


Figura 10.27 Vocación del suelo-Alternativa Bosques de San Roque
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

i. Alternativa La Herradura: conservación de bosques remanentes y rehabilitación de rondas hídricas.

Mediante la Resolución 1380 de 2022, la Autoridad aceptó a la alternativa La Herradura para realizar acciones de preservación y rehabilitación en 191,95 ha. Ahora bien, al dar cumplimiento al Requerimiento 2 del Acta 875 de 2022 se ajustó la capa de CoberturaTierra_2020, y se realizó un ajuste en la distribución de áreas por acciones de compensación. A continuación, se presenta la descripción y propuesta para esta alternativa.

La Herradura está compuesta por tres (3) predios de propiedad privada, con un área total de 335 ha, localizados en la vereda Guacas arriba, del municipio de San Roque (Antioquia). Para la ejecución del plan de compensación se priorizaron 193,62 ha destinadas a generar impactos positivos al territorio a través del desarrollo de actividades estratégicas para la compañía que involucran la implementación de acciones de compensación ambiental aledañas a zonas destinadas al reasentamiento de familias movilizadas a razón del proyecto Gramalote.

La alternativa La Herradura corresponde a un paisaje subandino en el que se combinan fragmentos de bosque, sectores en transición sucesional y una matriz dominante de pastos, reflejando un territorio con un historial de intervención agropecuaria, pero que aún conserva elementos ecológicos relevantes para la compensación del componente biótico. De acuerdo con la Tabla 10.21, esta alternativa abarca un área total de 190,11 ha, con una distribución de coberturas que permite diferenciar claramente áreas con vocación de preservación, restauración y rehabilitación.

La matriz predominante está constituida por pastos limpios (61,88 ha; 32,55%) y pastos enmalezados (21,59 ha; 11,36%), que en conjunto representan cerca del 43,90% del área total. Estas coberturas evidencian un grado de transformación significativo, pero al mismo tiempo ofrecen un alto potencial para la implementación de acciones de rehabilitación ecológica, orientadas a mejorar la estructura del paisaje y a reducir la presión antrópica sobre los fragmentos boscosos remanentes.

Un rasgo distintivo de la alternativa La Herradura es la elevada proporción de bosque fragmentado con vegetación secundaria (54,86 ha; 28,85%), que constituye el principal componente forestal del área. Estos fragmentos, aunque presentan discontinuidades estructurales, conservan un valor ecológico importante como áreas de refugio y como elementos clave para la conectividad funcional del paisaje, por lo que se perfilan como sectores prioritarios para acciones de restauración y enriquecimiento.

De manera complementaria, se identifican coberturas de bosque de galería y/o ripario (31,50 ha; 16,57%) y bosque denso alto (17,95 ha; 9,44%), las cuales aportan funciones ecosistémicas críticas asociadas a la regulación hídrica, la estabilidad de márgenes y la provisión de hábitat. Estas áreas representan núcleos estratégicos para la preservación y la consolidación de corredores ecológicos a escala local. En contraste, los pastos arbolados (2,34 ha; 1,23%) tienen una participación marginal, pero contribuyen a la heterogeneidad estructural del paisaje.

En conjunto, la alternativa La Herradura presenta una configuración de coberturas coherente con el Orobioma Subandino Nechí–San Lucas y un balance funcional entre coberturas transformadas y forestales, lo que permite orientar acciones de compensación ambiental integradas, enfocadas en la rehabilitación de la matriz productiva, la restauración de fragmentos boscosos y la preservación de ecosistemas estratégicos, en concordancia con los criterios del Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018).

Tabla 10.21 Coberturas de la tierra presentes en la alternativa La Herradura

Cobertura	Área (ha)	Representatividad
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	31,50	16,57%

Cobertura	Área (ha)	Representatividad
Bosque denso alto del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	17,95	9,44%
Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	54,86	28,85%
Pastos arbolados del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	2,34	1,23%
Pastos enmalezados del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	21,59	11,36%
Pastos limpios del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	61,88	32,55%
Total	190,13	100,00%

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

La Tabla 10.22, sintetiza la participación relativa de las áreas destinadas a acciones de preservación y restauración ecológica dentro de la alternativa La Herradura. Del total del área priorizada, el 54,87 % corresponde a acciones de preservación, orientadas a la conservación de coberturas con valor ecosistémico y a la prevención de nuevas presiones antrópicas, mientras que el 45,14% se destina a acciones de restauración con enfoque en rehabilitación ecológica. Esta distribución evidencia un balance técnico entre conservación y recuperación funcional, acorde con el contexto ecológico de la alternativa y con los objetivos del Plan de Compensación del Componente Biótico.

Tabla 10.22 Síntesis de áreas de preservación y restauración – Alternativa La Herradura

Categoría de acción	Área (ha)	Porcentaje (%)
Preservación	104,32	54,87%
Restauración (rehabilitación ecológica)	85,82	45,14%
Total	190,13	100,00%

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

La representación espacial de las coberturas se ilustra en la Figura 10.28.

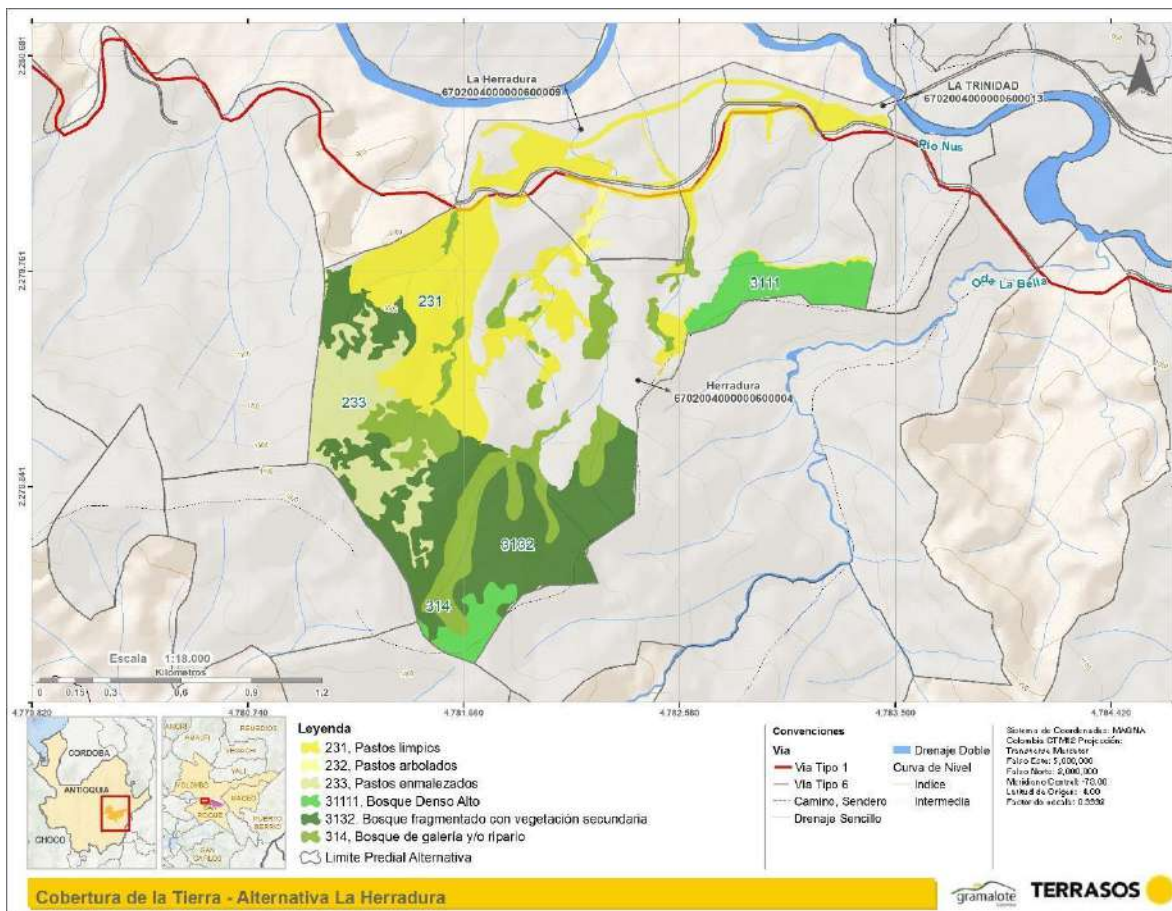


Figura 10.28 Mapa cobertura de la tierra alternativa La Herradura
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Las acciones de compensación propuestas en esta alternativa estarán dirigidas a la consolidación de un núcleo de conectividad en el sector conocido como Bosques de San Roque (en agrupación con otras alternativas) mediante la conservación de los relictos de bosque existentes, el enriquecimiento de áreas en estados sucesionales intermedios/avanzados y la rehabilitación de áreas intervenidas; y el fortalecimiento de la estructura riparia de las quebradas San Antonio y La Cascada, esto último con el propósito de interconectar los remanentes de bosque mejor conservados con la ronda hídrica del río Nus (ver Figura 10.29).

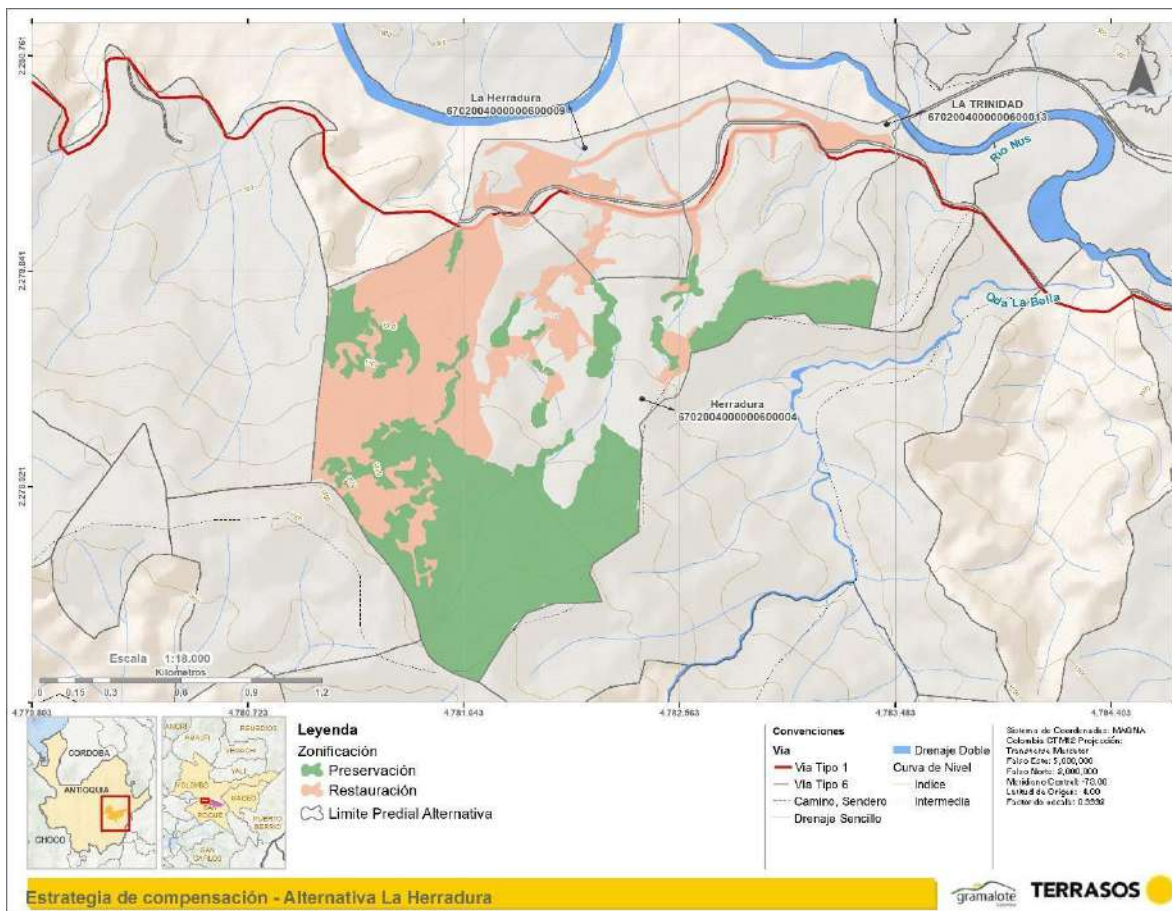


Figura 10.29 Zonificación alternativa La Herradura
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

De acuerdo con la cartografía oficial de vocación del suelo del IGAC, presentada en la Figura 10.30, la Alternativa La Herradura se caracteriza por una vocación predominantemente forestal, con presencia puntual de áreas con vocación ganadera localizadas principalmente en franjas asociadas a infraestructura vial y sectores de menor pendiente. El predio se inserta en un contexto de laderas medias a altas, con una red de drenaje bien definida que incluye quebradas secundarias y zonas de influencia hídrica que condicionan el uso del suelo.

La vocación forestal dominante responde a las características biofísicas del área, tales como pendientes pronunciadas, suelos susceptibles a procesos erosivos y la importancia de la cobertura vegetal para la estabilidad del terreno y la regulación hídrica. En este sentido, la cartografía evidencia que los usos productivos intensivos no son compatibles con la capacidad de uso del suelo, mientras que las áreas con vocación ganadera corresponden a espacios ya intervenidos o con menor restricción física, sin comprometer la funcionalidad ecosistémica del predio en su conjunto.

En coherencia con esta configuración, las acciones de compensación definidas para la Alternativa La Herradura priorizan la preservación de las áreas con vocación forestal, especialmente aquellas que cumplen funciones de protección de suelos y conectividad ecológica. De manera complementaria, en los sectores con vocación ganadera se plantean acciones de rehabilitación ecológica orientadas a la recuperación progresiva de la cobertura vegetal, bajo esquemas compatibles con la capacidad del suelo y sin inducir conflictos de uso.

Así, la propuesta de compensación para la Alternativa La Herradura se encuentra alineada con la vocación del suelo identificada, garantizando que las acciones de preservación y rehabilitación se ajusten a las condiciones naturales del territorio y contribuyan al fortalecimiento de los procesos ecológicos, en concordancia con los lineamientos del Manual de Compensaciones del Componente Biótico y los objetivos del Plan de Compensación del Componente Biótico.

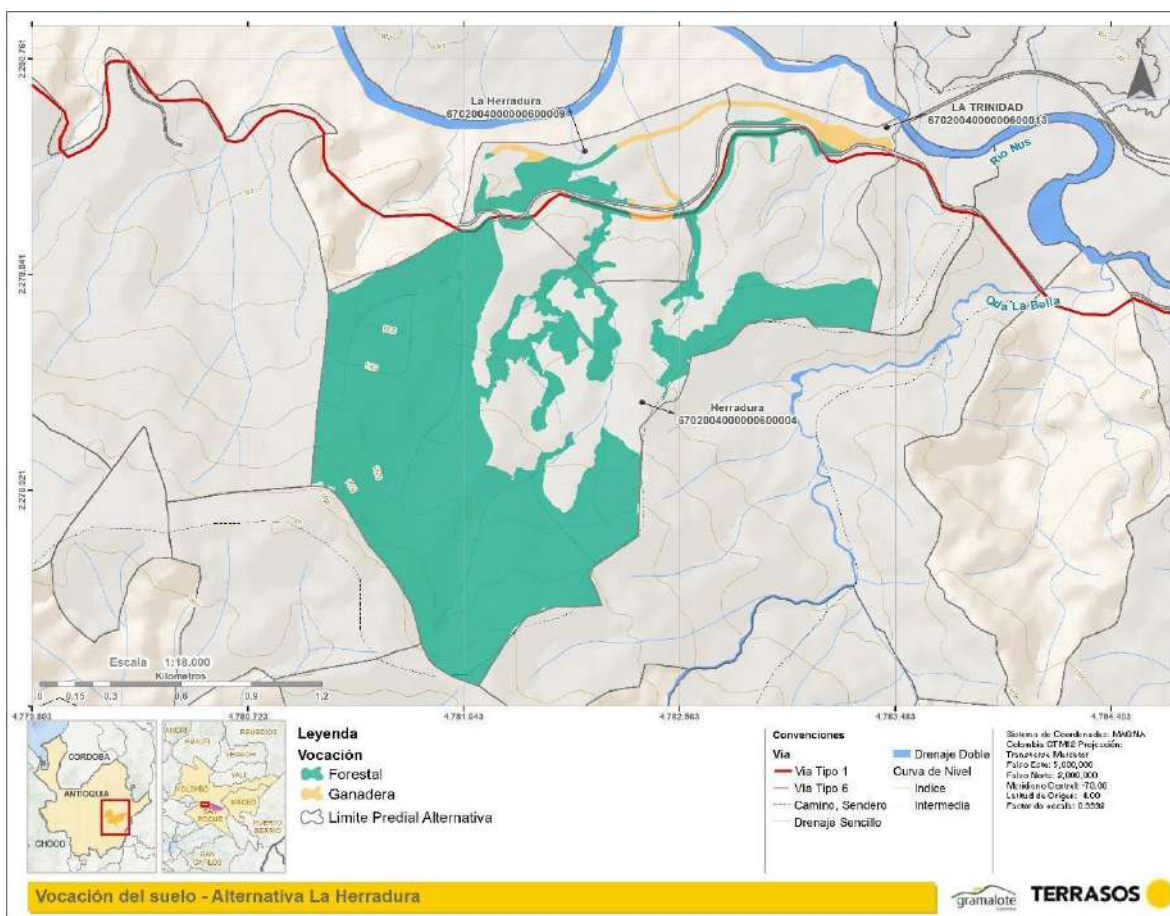


Figura 10.30 Vocación del suelo-Alternativa La Herradura
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

j. Alternativa Majagual – Recreo: rehabilitación de rondas hídricas y preservación de remanentes de bosque de galería.

Mediante la Resolución 1380 de 2022, la Autoridad aceptó la alternativa Majagual – Recreo para la implementación de acciones de compensación por pérdida de biodiversidad. Posteriormente, en cumplimiento del Requerimiento 2 del Acta 875 de 2022, se realizó la actualización de la capa CoberturaTierra_2020, lo que permitió refinar la delimitación espacial de las coberturas y ajustar la distribución de áreas por tipo de acción de compensación, sin modificar la localización ni el alcance general de la alternativa previamente aprobada.

La alternativa Majagual – Recreo está conformada por dos (2) predios de propiedad de la compañía Gramalote Colombia, localizados en la vereda La Linda del municipio de San Roque, departamento de Antioquia, con áreas de 156,61 ha y 29,11 ha respectivamente, para un área total de 185,72 ha.

Estos predios hacen parte del conjunto de inmuebles destinados a la implementación de medidas ambientales asociadas al proyecto y han sido integrados a la estrategia de compensación con el propósito de generar impactos positivos a nivel ecológico y social, en articulación con procesos de reasentamiento de familias vinculados al desarrollo del proyecto.

La alternativa Majagual corresponde a un ámbito de menor extensión relativa dentro del conjunto de alternativas seleccionadas, pero con una configuración de coberturas que resulta estratégica para la compensación ambiental, al integrar ecosistemas riparios, sectores de bosque natural y una matriz agropecuaria dominante. Según lo presentado en la Tabla 10.23, esta alternativa comprende un área total de **75,18 ha**, concentrada principalmente en coberturas transformadas, intercaladas con elementos ecológicos de alto valor funcional.

El rasgo dominante del área corresponde a los pastos limpios (**24,26 ha; 32,28%**) y los **pastos enmalezados (15,53 ha; 20,65%)**, los cuales estructuran la matriz productiva del paisaje. Estas coberturas evidencian un uso agropecuario consolidado, pero también representan una oportunidad clara para la implementación de acciones de rehabilitación ecológica, orientadas a la mejora de la funcionalidad del suelo, la diversificación estructural y la reducción de la presión sobre los ecosistemas naturales presentes en la alternativa.

A pesar de su menor extensión, Majagual incorpora una proporción relevante de bosques de galería y/o riparios (**16,15 ha; 21,48%**), **los cuales cumplen un papel clave en la protección de la red hídrica, la regulación microclimática y la conectividad ecológica local.** A estos se suman áreas de bosque denso alto (**8,55 ha; 11,83%**) y pastos arbolados (**7,49 ha; 9,96%**), que aportan heterogeneidad estructural y refuerzan la conectividad funcional entre los distintos componentes del paisaje.

Las coberturas de vegetación secundaria alta (**1,08 ha; 1,43%**) y vegetación secundaria baja (**2,12 ha; 2,82%**) tienen una representatividad reducida, pero reflejan procesos sucesionales incipientes que pueden ser fortalecidos mediante acciones de enriquecimiento y restauración, contribuyendo a la recuperación progresiva de la estructura y composición del ecosistema.

En su conjunto, la alternativa Majagual se configura como un escenario adecuado para el direccionamiento de acciones de compensación ambiental con énfasis en la rehabilitación de la matriz productiva y la preservación de ecosistemas riparios, manteniendo coherencia con el Orobioma Subandino Nechí–San Lucas y con los criterios de equivalencia ecosistémica.

Tabla 10.23 Coberturas de la tierra presentes en la alternativa Majagual – Recreo

Cobertura	Área (ha)	Representatividad
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	16,15	21,48%
Bosque denso alto del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	8,55	11,83%
Pastos arbolados del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	7,49	9,96%
Pastos enmalezados del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	15,53	20,65%
Pastos limpios del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	24,26	32,28%
Vegetación secundaria alta del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	1,08	1,43%
Vegetación secundaria baja del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	2,12	2,82%
Total	75,18	100,00%

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

La Tabla 10.24, sintetiza la participación relativa de las áreas destinadas a acciones de preservación y restauración ecológica dentro de la alternativa Majagual – Recreo. Del total del área priorizada, el 34,29% corresponde a acciones de preservación, orientadas a la conservación de coberturas con valor ecológico, mientras que el 65,71% se destina a acciones de restauración con enfoque en rehabilitación ecológica. Esta distribución evidencia el énfasis de la alternativa en la intervención activa de áreas con mayor grado de transformación, orientada a fortalecer la funcionalidad ecosistémica y la conectividad del paisaje.

Tabla 10.24 Síntesis de áreas de preservación y restauración – Alternativa Majagual – Recreo

Categoría de acción	Área (ha)	Porcentaje (%)
Preservación	25,78	34,29%
Restauración (rehabilitación ecológica)	49,40	65,71%
Total	75,18	100,00%

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

La representación espacial de dichas coberturas se muestra en la Figura 10.31 de cobertura de la alternativa.

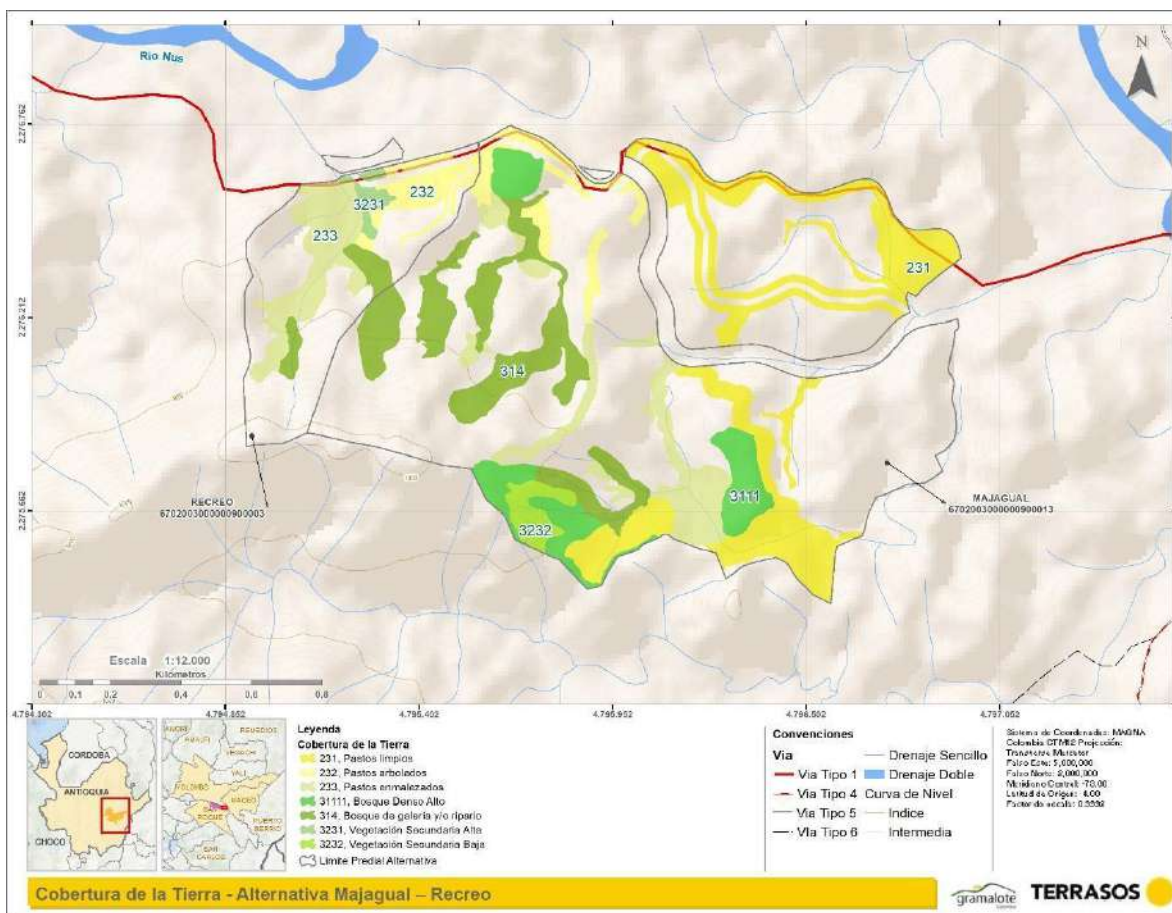


Figura 10.31 Mapa cobertura de la tierra alternativa Majagual – Recreo
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

La distribución espacial de estas acciones se presenta en la figura de zonificación de la alternativa Majagual – Recreo, la cual será actualizada por el equipo SIG conforme a la cartografía definitiva del plan (ver Figura 10.32).

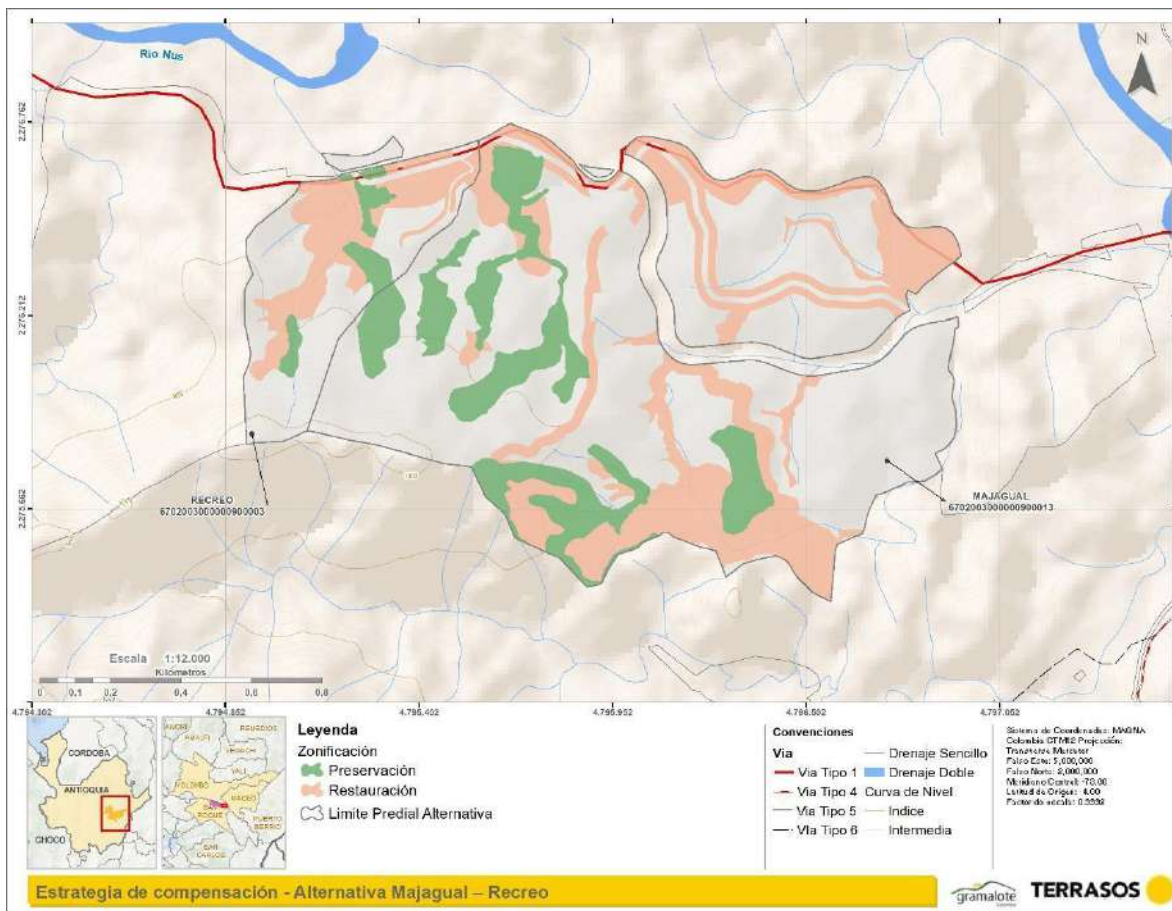


Figura 10.32 Zonificación alternativo Majagual – Recreo
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

De acuerdo con la cartografía oficial de vocación del suelo del IGAC, presentada en la Figura 10.33, la Alternativa Majagual – Recreo se caracteriza por una vocación predominantemente agrícola, acompañada de áreas puntuales con vocación forestal, principalmente asociadas a zonas de mayor pendiente, drenajes naturales y sectores con restricciones biofísicas para el uso agropecuario intensivo. Esta configuración refleja un paisaje históricamente intervenido, donde los usos productivos se han establecido sobre suelos con aptitud agrícola, coexistiendo con remanentes de cobertura natural.

Las áreas con vocación agrícola se concentran en superficies de topografía relativamente suave y con acceso a infraestructura vial, lo que explica la presencia de usos agropecuarios actuales y pasados. En contraste, los sectores con vocación forestal corresponden a espacios que cumplen funciones de protección del suelo, regulación hídrica y soporte de la conectividad ecológica local, especialmente en zonas de transición hacia cursos de agua y áreas con mayor susceptibilidad a procesos erosivos.

En coherencia con esta distribución, las acciones de compensación definidas para la Alternativa Majagual – Recreo priorizan la rehabilitación ecológica en áreas con vocación

agrícola, mediante estrategias orientadas a la recuperación progresiva de la cobertura vegetal y la mejora de la funcionalidad ecosistémica, sin desconocer la capacidad de uso del suelo. De manera complementaria, las áreas con vocación forestal son destinadas a acciones de preservación, con el fin de consolidar los remanentes de cobertura natural y fortalecer su papel como elementos estructurantes del paisaje.

En este sentido, la propuesta de compensación para la Alternativa Majagual – Recreo se encuentra alineada con la vocación del suelo identificada, asegurando que las medidas de preservación y rehabilitación se implementen de forma compatible con las condiciones físicas y productivas del territorio, contribuyendo al objetivo de no pérdida neta de biodiversidad establecido en el Plan de Compensación del Componente Biótico.

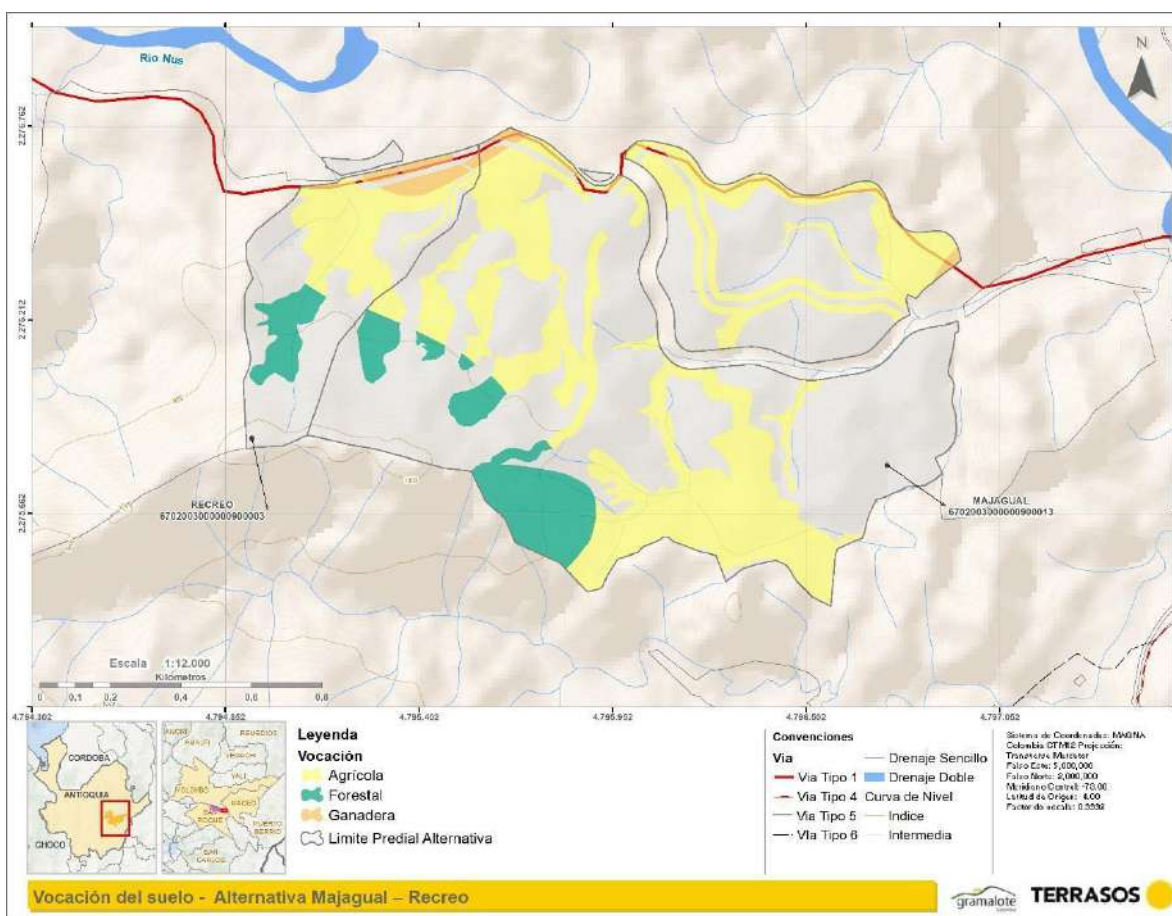


Figura 10.33 Vocación del suelo-Alternativa Majagual-Recreo
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

k. Alternativa Palestina – Diluvio: rehabilitación de rondas hídricas y preservación de remanentes de bosque.

Mediante la Resolución 1380 de 2022, la Autoridad aceptó la alternativa Palestina – Diluvio para la implementación de acciones de preservación y rehabilitación asociadas a la

compensación por pérdida de biodiversidad. En cumplimiento del Requerimiento 2 del Acta 875 de 2022, y como parte del proceso de actualización cartográfica del proyecto, se realizó el ajuste de la capa CoberturaTierra_2020, lo cual permitió refinar la delimitación de áreas y la distribución de acciones de compensación dentro de los predios que conforman esta alternativa, sin incorporar nuevas áreas ni solicitar aprobación adicional.

La alternativa Palestina – Diluvio está conformada por seis (6) predios localizados en las veredas La Linda, El Diluvio y San Joaquín, en el municipio de San Roque, departamento de Antioquia, con una extensión predial total de 420,43 ha. De estos predios, cuatro (4) son propiedad de Gramalote Colombia (El Diluvio –dos predios–, El Cafetal y La Linda Lote Dos), mientras que La Linda Lote Uno y La Valdivia corresponden a predios de terceros previamente considerados dentro del esquema aprobado. Esta alternativa se integra al arreglo de paisaje del plan de compensación como un sector estratégico para el fortalecimiento de la conectividad ecológica y la gestión ambiental asociada al área de influencia directa del proyecto.

La alternativa Palestina – Diluvio se desarrolla en un paisaje subandino marcadamente heterogéneo, donde convergen ecosistemas asociados a la red hídrica, fragmentos de bosque en distintos estados sucesionales y una matriz productiva diversa, resultado de procesos históricos de transformación agropecuaria. De acuerdo con la Tabla 10.25, esta alternativa abarca un área total de 209,79 ha, [presentando](#) una distribución de coberturas que refleja una transición gradual entre sistemas naturales, seminaturales y transformados.

Uno de los elementos más relevantes de esta alternativa es la alta participación de bosques de galería y/o [riparios \(44,36 ha; 21,15%\)](#), [los cuales estructuran ecológicamente el territorio y constituyen ejes fundamentales de conectividad, regulación hídrica y provisión de hábitat](#). A estos se suman áreas de [bosque fragmentado con vegetación secundaria \(28,94 ha; 13,80%\)](#) y [bosque denso alto \(17,71 ha; 8,44%\)](#), que en conjunto conforman un entramado forestal discontinuo pero funcional, con un papel clave en la conservación de la biodiversidad y en la articulación del paisaje.

La matriz productiva está conformada principalmente por pastos arbolados [\(30,06 ha; 14,33%\)](#) y [pastos limpios \(25,24 ha; 12,03%\)](#), [acompañados por pastos enmalezados \(5,44 ha; 2,59%\)](#) y [coberturas agrícolas como cultivos permanentes herbáceos – caña \(10,66 ha; 5,08%\)](#) y [mosaico de cultivos \(1,61 ha; 0,77%\)](#). Esta diversidad de usos evidencia una presión antrópica diferenciada sobre el territorio, pero también abre oportunidades para la implementación de acciones de rehabilitación ecológica y manejo del paisaje, orientadas a reducir la fragmentación y a mejorar la integración funcional entre áreas productivas y ecosistemas naturales.

Un rasgo distintivo de la alternativa Palestina – Diluvio es la representatividad de la vegetación secundaria baja [\(34,54 ha; 16,46%\)](#) y, [en menor medida, de la vegetación secundaria alta \(11,07 ha; 5,28%\)](#), las cuales reflejan procesos sucesionales activos asociados al abandono parcial de usos productivos o a la regeneración natural. Estas coberturas constituyen áreas estratégicas para el direccionamiento de acciones de restauración y enriquecimiento, orientadas a acelerar la recuperación de la estructura y composición vegetal y a fortalecer la conectividad entre fragmentos de bosque existentes.

En conjunto, la alternativa Palestina – Diluvio se configura como un escenario de alta complejidad ecológica y funcional, en el que la coexistencia de coberturas naturales, secundarias y productivas permite diseñar estrategias de compensación ambiental integrales. Su composición mantiene coherencia con el Orobioma Subandino Nechí–San Lucas y cumple con los criterios de equivalencia ecosistémica y adicionalidad establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018), consolidándose como una alternativa idónea para el direccionamiento de acciones de compensación del componente biótico.

Tabla 10.25 Coberturas de la tierra presentes en la alternativa Palestina – Diluvio

Cobertura	Área (ha)	Representatividad
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	44,36	21,15%
Bosque denso alto del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	17,71	8,44%
Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	28,94	13,80%
Cultivos permanentes herbáceos - Caña del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	10,66	5,08%
Mosaico de cultivos del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	1,61	0,77%
Pastos arbolados del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	30,06	14,33%
Pastos enmalezados del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	5,44	2,59%
Pastos limpios del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	25,24	12,03%
Vegetación secundaria alta del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	11,07	5,28%
Vegetación secundaria baja del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	34,54	16,46%
Guadua del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	0,16	0,07%
Total	209,79	100,00%

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

La Tabla 10.26, sintetiza la participación relativa de las áreas destinadas a acciones de preservación y restauración ecológica dentro de la alternativa Palestina – Diluvio. Del total del área priorizada, el 48,65% corresponde a acciones de preservación, orientadas a la conservación de coberturas con valor ecosistémico y a la prevención de nuevas presiones antrópicas, mientras que el 51,34% se destina a acciones de restauración con enfoque en rehabilitación ecológica. Esta distribución evidencia un balance técnico entre conservación y recuperación funcional, acorde con el contexto ecológico de la alternativa y con los objetivos del Plan de Compensación del Componente Biótico.

Tabla 10.26 Síntesis de áreas de preservación y restauración – Alternativa Palestina – Diluvio

Categoría de acción	Área (ha)	Porcentaje (%)
Preservación	102,24	48,73%
Restauración (total)	107,55	51,27%

Categoría de acción	Área (ha)	Porcentaje (%)
Total	209,79	100,00%

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

La distribución espacial de estas coberturas se ilustra en la Figura 10.34.

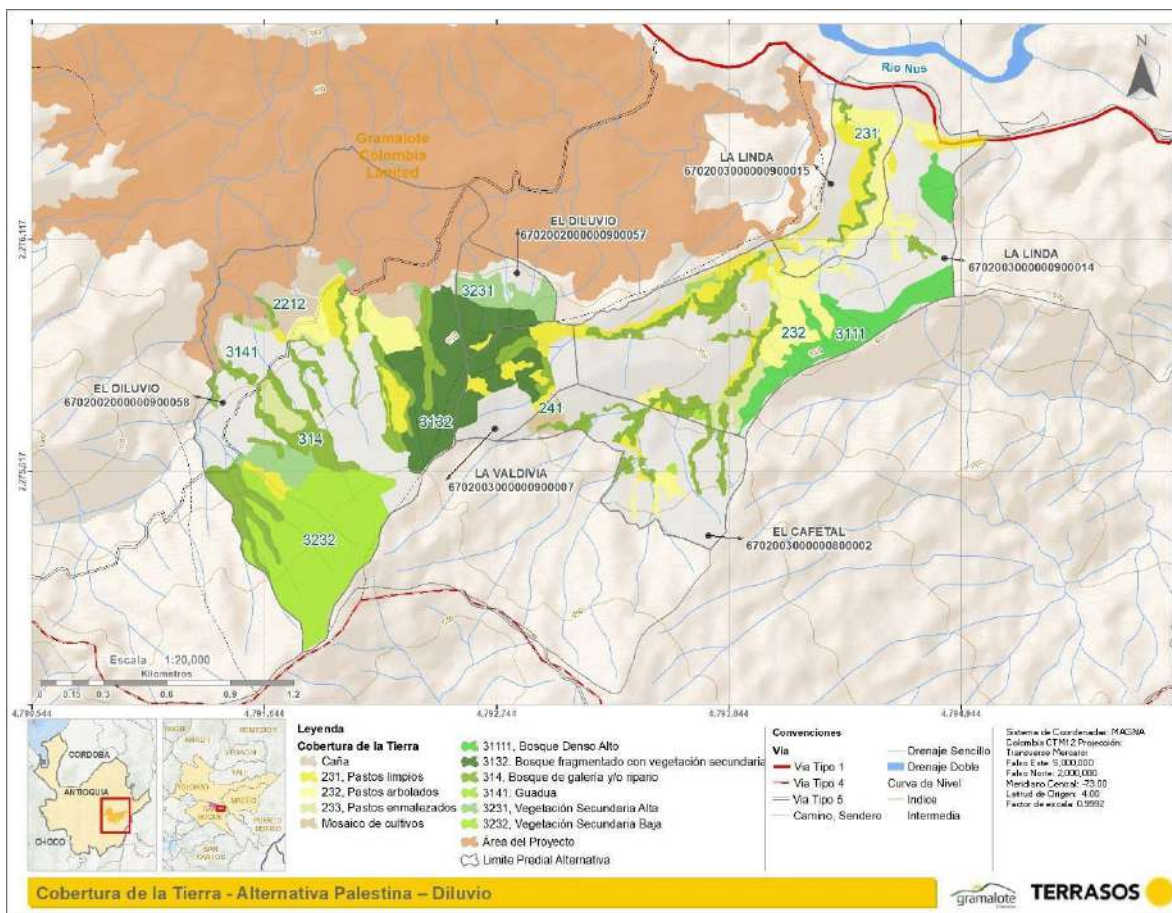


Figura 10.34 Mapa cobertura alternativa Palestina - Diluvio

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Con base en esta configuración espacial y funcional, el enfoque de intervención de la alternativa Palestina – Diluvio se orienta al fortalecimiento de la conectividad ecológica del paisaje mediante la consolidación de corredores riparios y la preservación de remanentes de bosque, especialmente en los sectores asociados a las quebradas y drenajes que tributan al río Nus. Adicionalmente, esta alternativa cumple una función de franja de amortiguación frente a la huella del proyecto minero, contribuyendo a la mitigación de los impactos sobre los sistemas hídricos y las coberturas naturales circundantes.

La zonificación de estas acciones se presenta en la Figura 10.35, la cual refleja el refinamiento de áreas y estrategias aprobado en el marco de la actualización del plan.

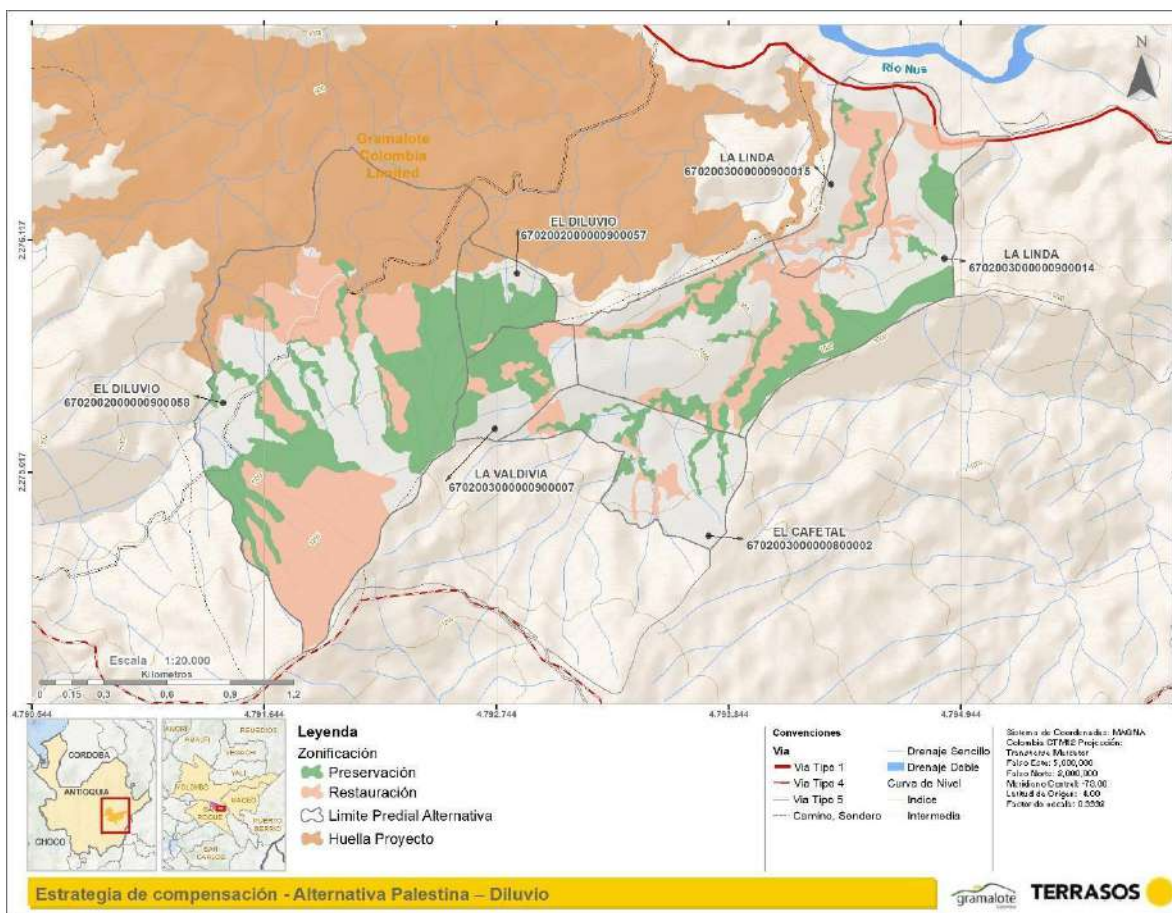


Figura 10.35 Mapa de zonificación alternativa Palestina – Diluvio
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

De acuerdo con la cartografía oficial de vocación del suelo del IGAC, presentada en la Figura 10.36, la Alternativa Palestina – Diluvio se caracteriza por una vocación predominantemente forestal, organizada en bloques continuos y corredores que acompañan la red de drenaje y las condiciones topográficas del área. Esta alternativa se localiza en un entorno de laderas medias, con pendientes moderadas y una alta densidad de drenajes secundarios que condicionan de manera directa el uso del suelo.

La vocación forestal identificada responde a la necesidad de mantener coberturas vegetales que garanticen la estabilidad del terreno, la regulación hídrica y la protección de suelos frente a procesos de erosión. En este contexto, la presencia de la huella del proyecto en sectores adyacentes resalta la importancia estratégica de estas áreas como zonas de amortiguación y soporte ecológico, particularmente en relación con los cursos de agua y las franjas riparias asociadas al río Nus y a quebradas locales.

En coherencia con esta configuración, las acciones de compensación definidas para la Alternativa Palestina – Diluvio priorizan la preservación de las áreas con vocación forestal, fortaleciendo su función como áreas de protección y conectividad ecológica dentro del

paisaje intervenido por el proyecto. De manera complementaria, en sectores puntuales donde se evidencian procesos de fragmentación o intervención previa, se plantean acciones de rehabilitación ecológica, orientadas a restablecer la continuidad de la cobertura vegetal y mejorar la funcionalidad del ecosistema.

En consecuencia, la propuesta de compensación para la Alternativa Palestina – Diluvio se encuentra alineada con la vocación del suelo identificada, asegurando que las medidas de preservación y rehabilitación se implementen de forma compatible con las condiciones físicas y ecológicas del territorio, y contribuyan de manera efectiva al objetivo de no pérdida neta de biodiversidad del Plan de Compensación del Componente Biótico.

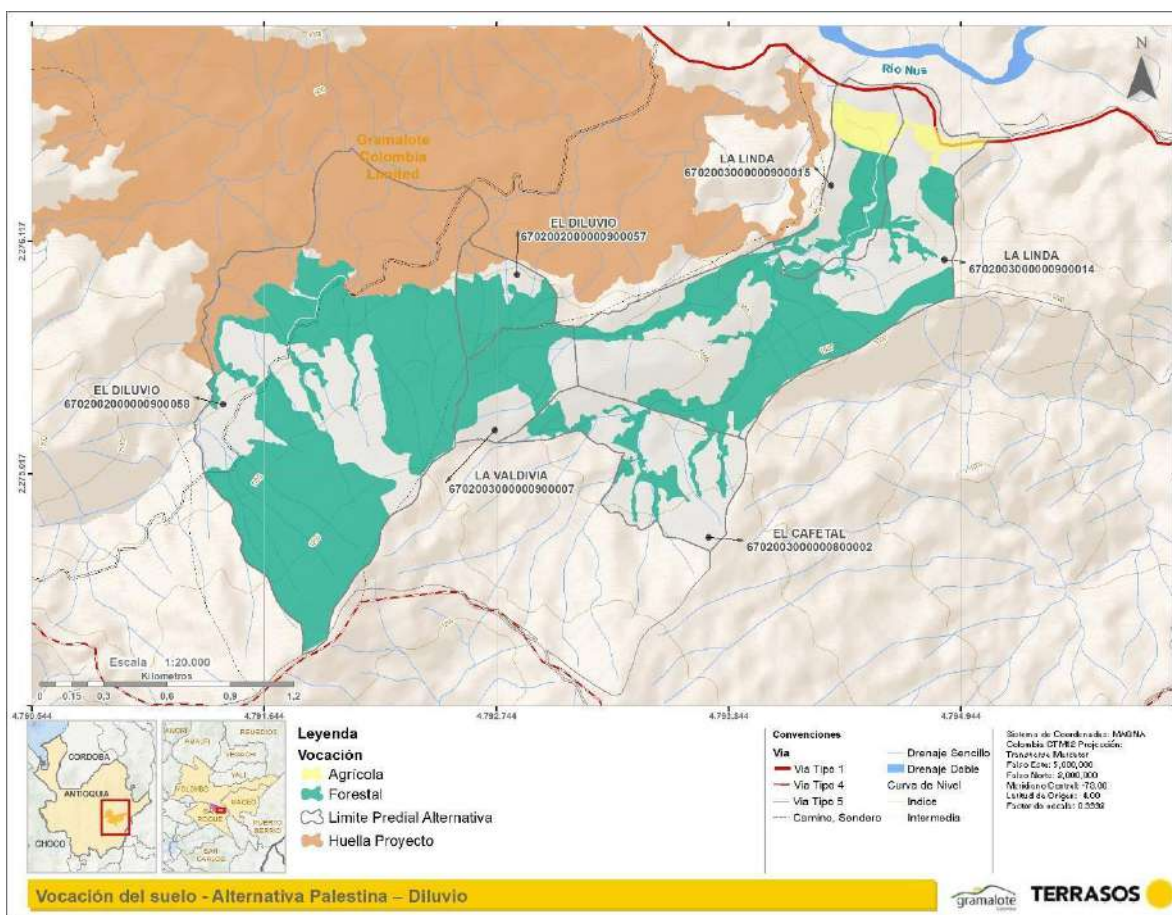


Figura 10.36 Vocación del suelo-Alternativa Palestina-Diluvio.
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

I. Alternativa La Montaña: compensación para el fortalecimiento de elementos de alto valor ecosistémico en la Reserva Forestal Protectora Regional La Montaña

La alternativa La Montaña corresponde a la implementación de acciones de compensación por pérdida de biodiversidad en predios que conforman la Reserva Forestal Protectora Regional (RFPR) La Montaña, localizada en el municipio de San Roque, vereda La Ica, departamento de Antioquia, al suroccidente del corregimiento de San José del Nus. Esta área protegida de carácter regional constituye uno de los bloques de bosque continuo más extensos del sector y representa un elemento estructurante dentro del arreglo de paisaje definido para el plan de compensación del proyecto Gramalote, en el marco del Orobioma Subandino Nechí–San Lucas.

La implementación de las acciones de compensación se concentra en los predios La Punta y Marbella, este último de propiedad del municipio de San Roque, los cuales hacen parte del polígono de la RFPR La Montaña. La alternativa cuenta con un área priorizada para compensación del componente biótico de 491,12 ha, definida a partir del ajuste cartográfico realizado en cumplimiento del Requerimiento 2 del Acta 875 de 2022, sin que ello implique la incorporación de nuevas áreas ni la solicitud de aprobación adicional a la Autoridad Ambiental.

La alternativa La Montaña constituye uno de los escenarios de mayor integridad ecológica dentro del conjunto de alternativas seleccionadas, al estar dominada por coberturas forestales continuas y vegetación secundaria en estados sucesionales avanzados. Conforme a la Tabla 10.27, esta alternativa abarca un área total de **51,97 ha**, caracterizada por una marcada predominancia de ecosistemas naturales y seminaturales propios del Orobioma Subandino Nechí–San Lucas.

Dentro de las coberturas de esta alternativa se encuentran las coberturas de bosque denso alto, que representa **0,30 ha (0,58%) del área total, configurando extensiones continuas de cobertura forestal con alto valor para la conservación de la biodiversidad, la regulación hídrica y el mantenimiento de procesos ecológicos clave. A este componente se suma una proporción de vegetación secundaria alta (5,28 ha; 10,17%)**, la cual evidencia procesos sucesionales consolidados que fortalecen la resiliencia del ecosistema y amplían el gradiente estructural del paisaje.

De manera complementaria, la alternativa incorpora bosques de galería y/o riparios (**4,74 ha; 9,12%**), que cumplen funciones estratégicas en la protección de cuerpos de agua, la conectividad ecológica y la estabilidad del sistema hídrico. Estos ecosistemas riparios, articulados consolidan corredores naturales a escala local y subregional.

Las coberturas asociadas a usos agropecuarios y mosaicos están representadas dentro de la alternativa, por los pastos limpios (**20,93 ha; 40,28%**), **mosaico de pastos y cultivos (16,78 ha; 32,28%)** y, **en proporciones más reducidas, pastos arbolados y pastos enmalezados (7,57% conjuntamente)**. Esta participación de coberturas transformadas indica un nivel de intervención antrópica reciente y evidencia la necesidad de acciones intensivas de rehabilitación sobre la matriz productiva.

En términos funcionales, la alternativa La Montaña se perfila principalmente para el direccionamiento de acciones de restauración ecológica, orientadas a mantener la integridad de los bloques forestales existentes, fortalecer los ecosistemas riparios y asegurar la conectividad estructural del paisaje. Su composición de coberturas presenta una alta equivalencia ecosistémica con los ecosistemas afectados por el proyecto Gramalote y cumple de manera robusta con los principios del Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018), consolidándose como una alternativa estratégica dentro del Plan de Compensación del Componente Biótico.

Tabla 10.27 Coberturas de la tierra presentes en la alternativa La Montaña

Cobertura	Área (ha)	Representatividad
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	4,74	9,12%
Bosque denso alto del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	0,30	0,58%
Mosaico de pastos y cultivos del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	16,78	32,28%
Pastos arbolados del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	1,74	3,35%
Pastos enmalezados del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	2,19	4,22%
Pastos limpios del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	20,93	40,28%
Vegetación secundaria alta del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	5,28	10,17%
Total	51,97	100,00%

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

La Tabla 10.28, sintetiza la participación relativa de las áreas destinadas a acciones de preservación y restauración ecológica dentro de la alternativa La Montaña. Del total del área priorizada, el 19,87% corresponde a acciones de preservación, orientadas a la conservación de coberturas con alto valor ecológico y a la prevención de nuevas presiones antrópicas, mientras que el 80,13% se destina a acciones de restauración con enfoque en rehabilitación ecológica. Esta distribución evidencia el carácter prioritariamente restauración de la alternativa orientadas al fortalecimiento de la funcionalidad ecosistémica.

Tabla 10.28 Síntesis de áreas de preservación y restauración – Alternativa La Montaña

Categoría de acción	Área (ha)	Porcentaje (%)
Preservación	10,32	19,87%
Restauración (total)	41,64	80,13%
Total	51,96	100,00%

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

La distribución espacial de las coberturas se identifica en la Figura 10.37.

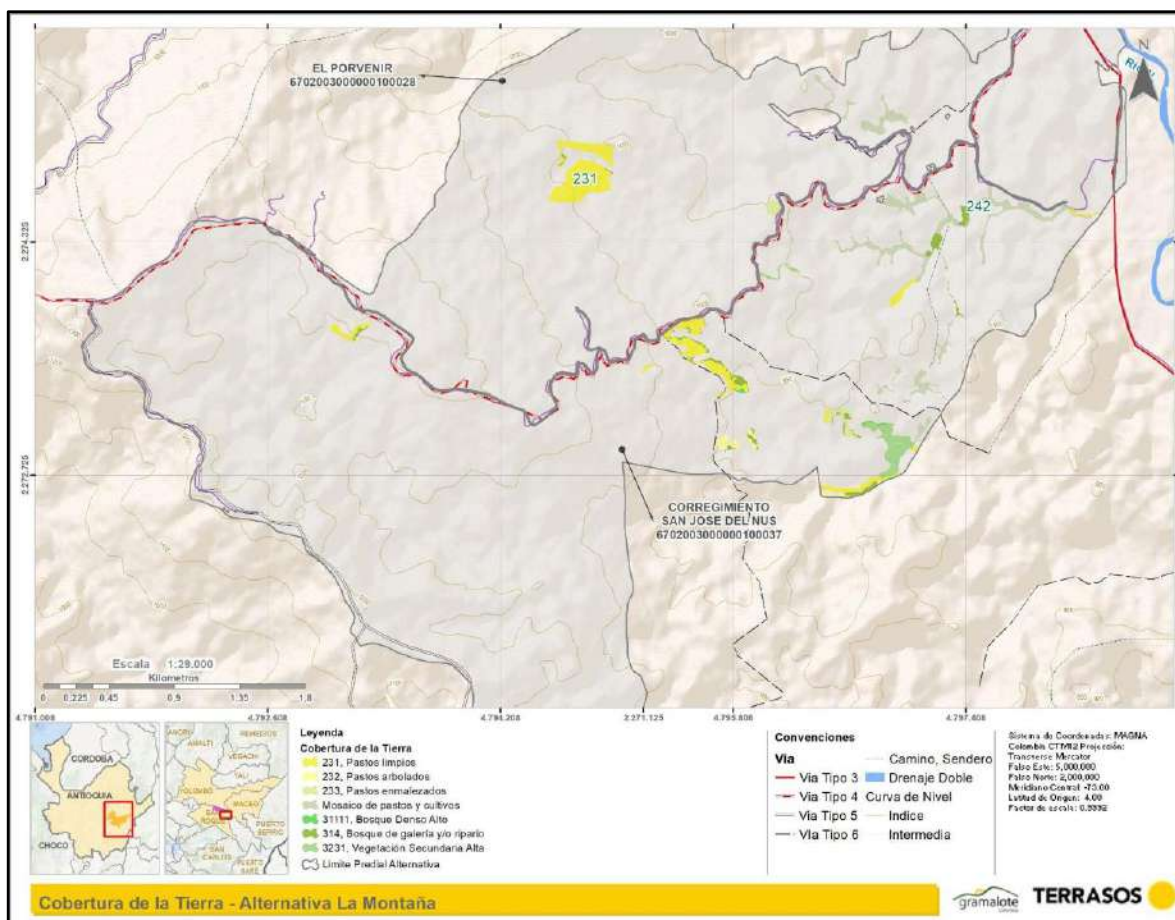


Figura 10.37 Mapa cobertura de la tierra alternativa La Montaña

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

La RFPR La Montaña cuenta con un Plan de Manejo aprobado mediante el Acuerdo 403 del 30 de abril de 2020, en el cual se identifican tensiones derivadas del uso agropecuario tradicional, principalmente ganadería, tanto al interior de la reserva como en su zona de influencia. Estas presiones representan riesgos potenciales para la conservación de los ecosistemas boscosos y los servicios ecosistémicos asociados, particularmente en ausencia de una implementación integral y sostenida de las acciones definidas en el plan de manejo.

En este contexto, la alternativa La Montaña se articula al plan de compensación como un mecanismo para fortalecer la implementación del plan de manejo de la reserva, mediante la asignación de recursos técnicos, operativos y financieros orientados a la conservación efectiva de los ecosistemas presentes. Esta articulación se enmarca en el rol de Gramalote como aliado estratégico para el fortalecimiento de la gestión de la RFPR La Montaña, en coherencia con los lineamientos definidos por la autoridad ambiental regional.

Las líneas estratégicas del plan de manejo de la RFPR La Montaña incluyen: educación ambiental, comunicación y participación social e institucional; desarrollo sostenible e

investigación; y restauración, conservación, control y manejo de ecosistemas. Estas líneas se integran al presente plan de compensación a través de acciones específicas de sensibilización ambiental, monitoreo de la biodiversidad y, principalmente, mediante la ejecución de acciones de preservación y restauración con enfoque en rehabilitación ecológica, incluyendo actividades de implementación, mantenimiento y seguimiento.

Con base en la zonificación del plan de manejo de la reserva y en el análisis de coberturas actualizado, se definió una distribución de acciones de compensación orientada prioritariamente a la restauración de sectores intervenidos. La zonificación espacial de estas acciones se presenta en la figura de zonificación de la alternativa La Montaña (Figura 10.38).

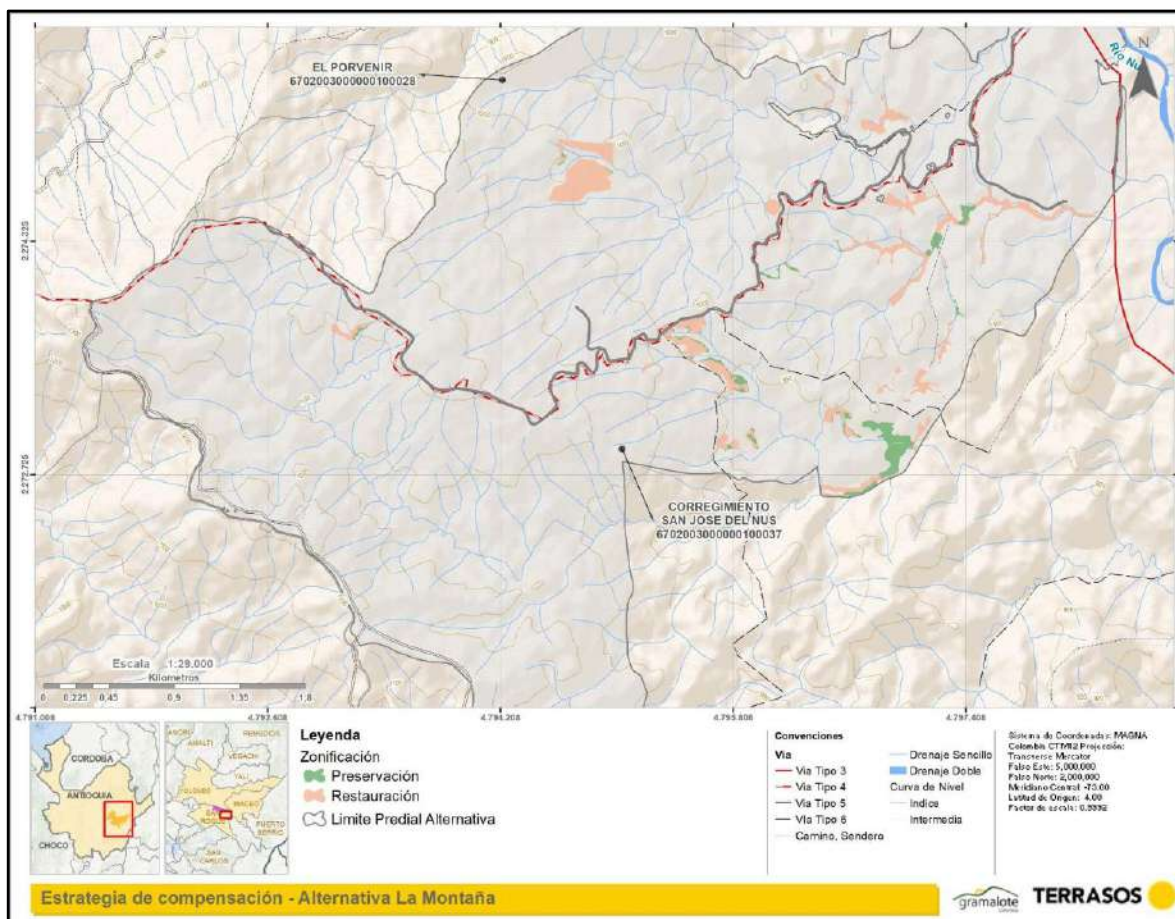


Figura 10.38 Zonificación alternativa La Montaña
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Según la cartografía oficial de vocación del suelo del IGAC, presentada en la Figura 10.39, la Alternativa La Montaña presenta una vocación mayoritariamente forestal, distribuida en bloques continuos y fragmentos estratégicos que se articulan con la red de drenaje natural y la topografía ondulada a quebrada del área. De manera puntual, se identifican sectores

con vocación ganadera y agrícola, los cuales se localizan principalmente en zonas de menor pendiente y cercanas a vías de acceso existentes.

La predominancia de la vocación forestal está asociada a condiciones biofísicas que limitan el uso intensivo del suelo, tales como pendientes medias a altas, suelos con susceptibilidad a procesos erosivos y la presencia de cursos de agua que requieren franjas de protección. En este contexto, la cobertura vegetal cumple un papel fundamental en la regulación hídrica, la estabilidad del terreno y el mantenimiento de la conectividad ecológica a escala local y subregional.

En coherencia con esta vocación, las acciones de compensación definidas para la Alternativa La Montaña priorizan en los sectores con vocación ganadera y agrícola se plantean acciones de rehabilitación ecológica, orientadas a la recuperación de la estructura y funcionalidad de los ecosistemas, sin contradecir la capacidad de uso del suelo ni inducir conflictos de ocupación.

En consecuencia, la propuesta de compensación para la Alternativa La Montaña se encuentra plenamente alineada con la vocación del suelo identificada, garantizando que las medidas de preservación y rehabilitación se implementen de manera técnica y ambientalmente compatible, contribuyendo a la no pérdida neta de biodiversidad y al fortalecimiento del paisaje ecológico en el área de influencia del Proyecto Gramalote.

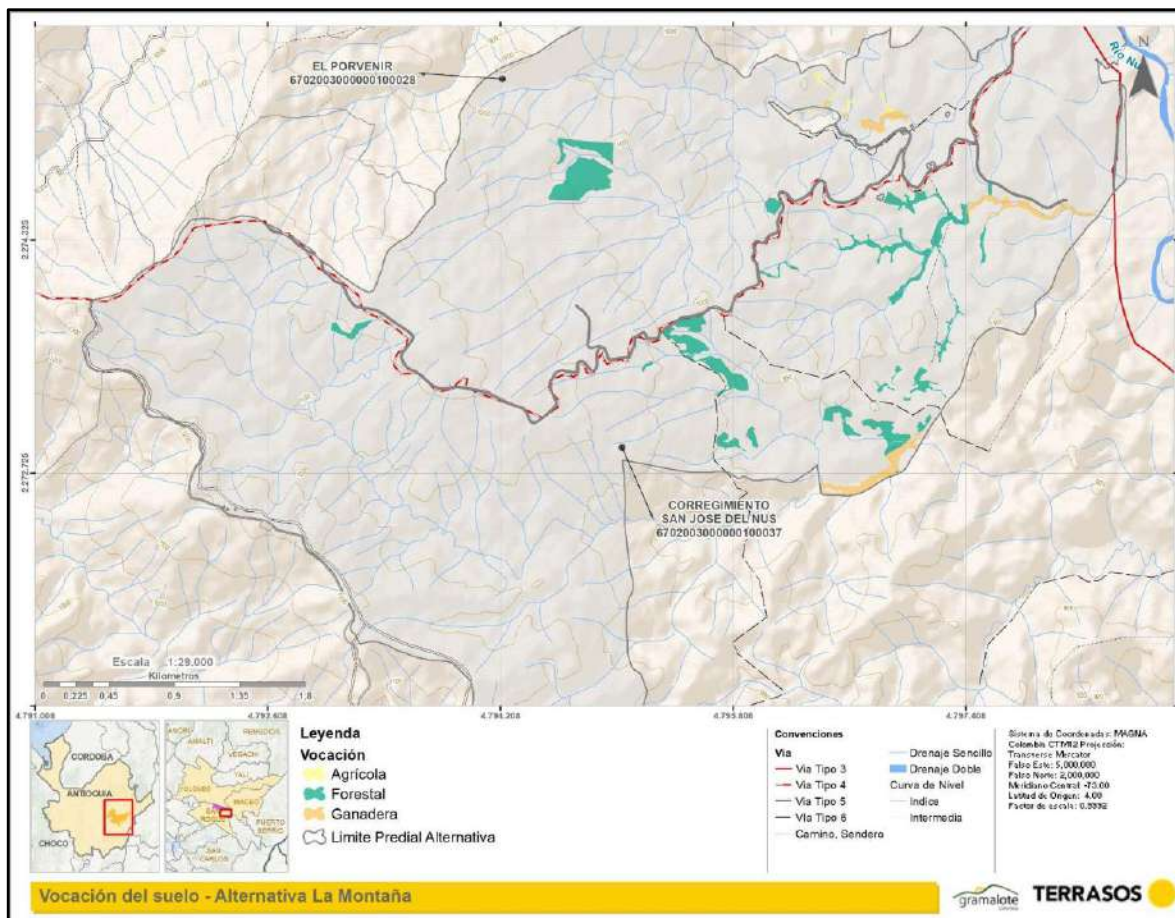


Figura 10.39 Vocación del suelo-Alternativa La Montaña

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

m. Alternativa La Estrella: rehabilitación de áreas en inmediaciones al área de influencia del proyecto.

La alternativa La Estrella se desarrolla en dos (2) predios denominados Peña Azul y Manizales, ambos de propiedad de Gramalote Colombia, localizados en el municipio de San Roque, veredas Villanueva y La Villanueva, al sur del área de intervención del proyecto minero. Estos predios cuentan con una extensión total aproximada de 21,79 ha, de las cuales 20,30 ha fueron definidas como objeto de compensación por pérdida de biodiversidad, en concordancia con el ajuste del ¿cuánto compensar? y el refinamiento cartográfico efectuado en el marco de la presente modificación.

La inclusión de esta alternativa dentro del plan de compensación responde al interés de la compañía de concentrar acciones de rehabilitación y preservación en áreas cercanas a la huella del proyecto, con el fin de generar beneficios ambientales directos sobre zonas históricamente intervenidas y contribuir a la recuperación funcional del paisaje inmediato al área de influencia.

La alternativa La Estrella corresponde a un área de escala reducida dentro del conjunto de alternativas de compensación, pero con una configuración de coberturas que le otorga un valor funcional específico en el contexto del paisaje subandino intervenido. De acuerdo con la Tabla 10.29, esta alternativa abarca un área total de **18,02 ha**, dominada por coberturas asociadas a usos agropecuarios, con presencia puntual de elementos naturales y seminaturales estratégicos.

El paisaje de La Estrella está claramente estructurado por pastos limpios, los cuales representan **11,48 ha (63,68%) del área total, seguidos por pastos arbolados (4,23 ha; 23,45%)**. Esta configuración refleja un uso productivo consolidado, con baja complejidad estructural, pero con condiciones favorables para la implementación de acciones de rehabilitación ecológica, orientadas a incrementar la cobertura arbórea, mejorar la conectividad funcional y diversificar la estructura del paisaje.

Las áreas de vegetación secundaria alta (**0,86 ha; 4,75%**) evidencia procesos sucesionales incipientes y puntuales, que pueden ser potenciados mediante acciones de enriquecimiento y restauración pasiva, contribuyendo a la recuperación progresiva de la estructura vegetal sin requerir intervenciones de alta intensidad. Por su parte, el mosaico de cultivos (**0,18 ha; 1,00%**) tiene una representatividad marginal y no condiciona de manera significativa la funcionalidad ecológica del área.

En conjunto, la alternativa La Estrella se configura como un escenario adecuado para el direccionamiento de acciones de compensación ambiental de escala localizada, con énfasis en la rehabilitación de la matriz productiva y la protección de ecosistemas riparios, manteniendo coherencia con el Orobioma Subandino Nechí–San Lucas y con los principios de equivalencia ecosistémica y adicionalidad.

Tabla 10.29 Coberturas de la tierra presentes en la alternativa La Estrella

Cobertura	Área (ha)	Representatividad
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	1,28	7,13%
Mosaico de cultivos del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	0,18	1,00%
Pastos arbolados del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	4,23	23,45%
Pastos limpios del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	11,48	63,68%
Vegetación secundaria alta del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	0,86	4,57%
Total	18,02	100,00%

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

La Tabla 10.30, sintetiza la participación relativa de las áreas destinadas a acciones de preservación y restauración ecológica dentro de la alternativa La Estrella. Del total del área priorizada, el **11,87% corresponde a acciones de preservación, orientadas a la conservación de coberturas con valor ecológico, mientras que el 88,13%** se destina a acciones de restauración con enfoque en rehabilitación ecológica. Esta distribución evidencia el énfasis de la alternativa en la intervención activa de áreas con mayor grado de transformación, orientada a fortalecer la funcionalidad ecosistémica y la conectividad del paisaje.

Tabla 10.30 Síntesis de áreas de preservación y restauración – Alternativa La Estrella

Categoría de acción	Área (ha)	Porcentaje (%)
Preservación	2,14	11,87%
Restauración (total)	15,88	88,13%

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

La espacialización de las coberturas se puede evidenciar en la Figura 10.40.

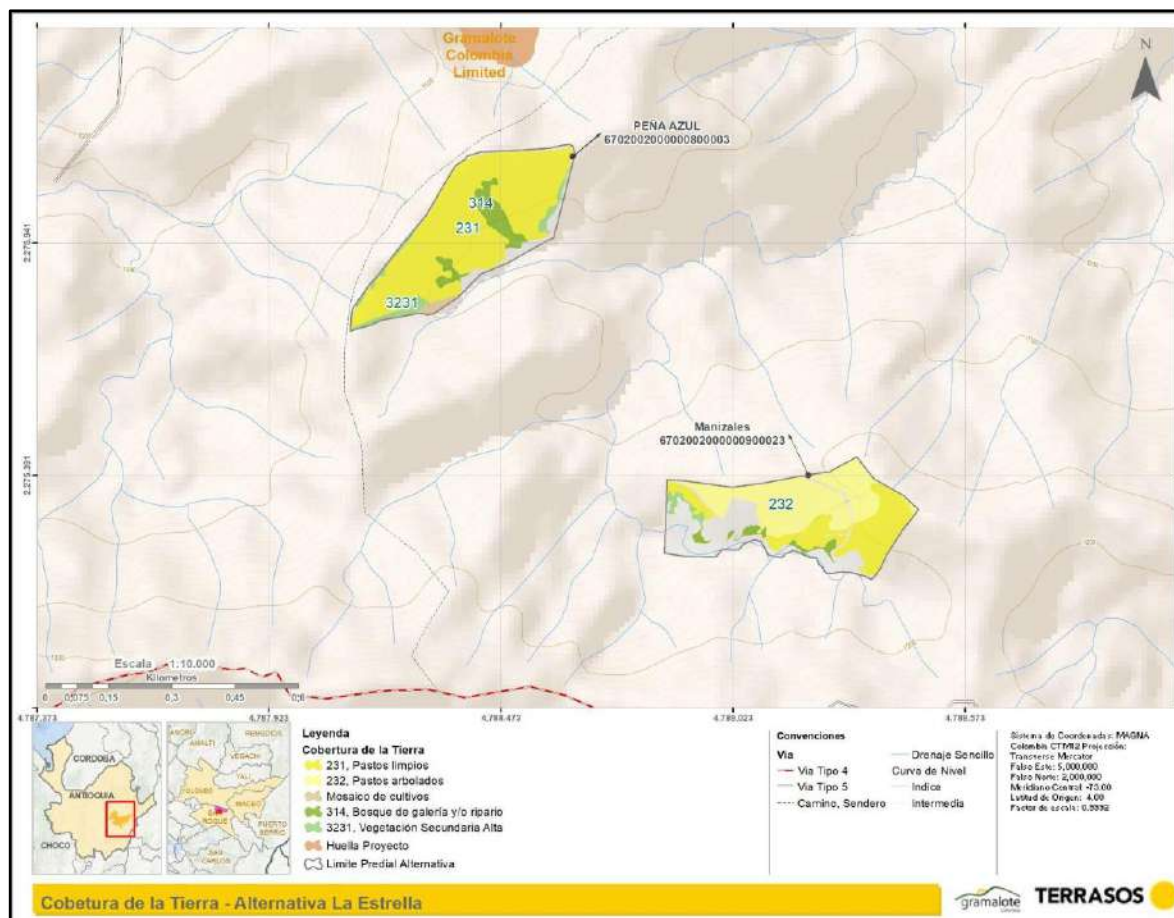


Figura 10.40 Cobertura de la tierra alternativa La Estrella

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

La configuración actual de coberturas refleja un paisaje predominantemente intervenido, asociado a usos ganaderos, con presencia de remanentes de vegetación secundaria y fragmentos de bosque que cumplen un rol estratégico en la conectividad local. En este contexto, el enfoque de compensación definido para la alternativa La Estrella está orientado principalmente a la rehabilitación ecológica de áreas intervenidas, complementada con acciones puntuales de preservación sobre coberturas con mayor valor ecológico (ver Figura 10.41).

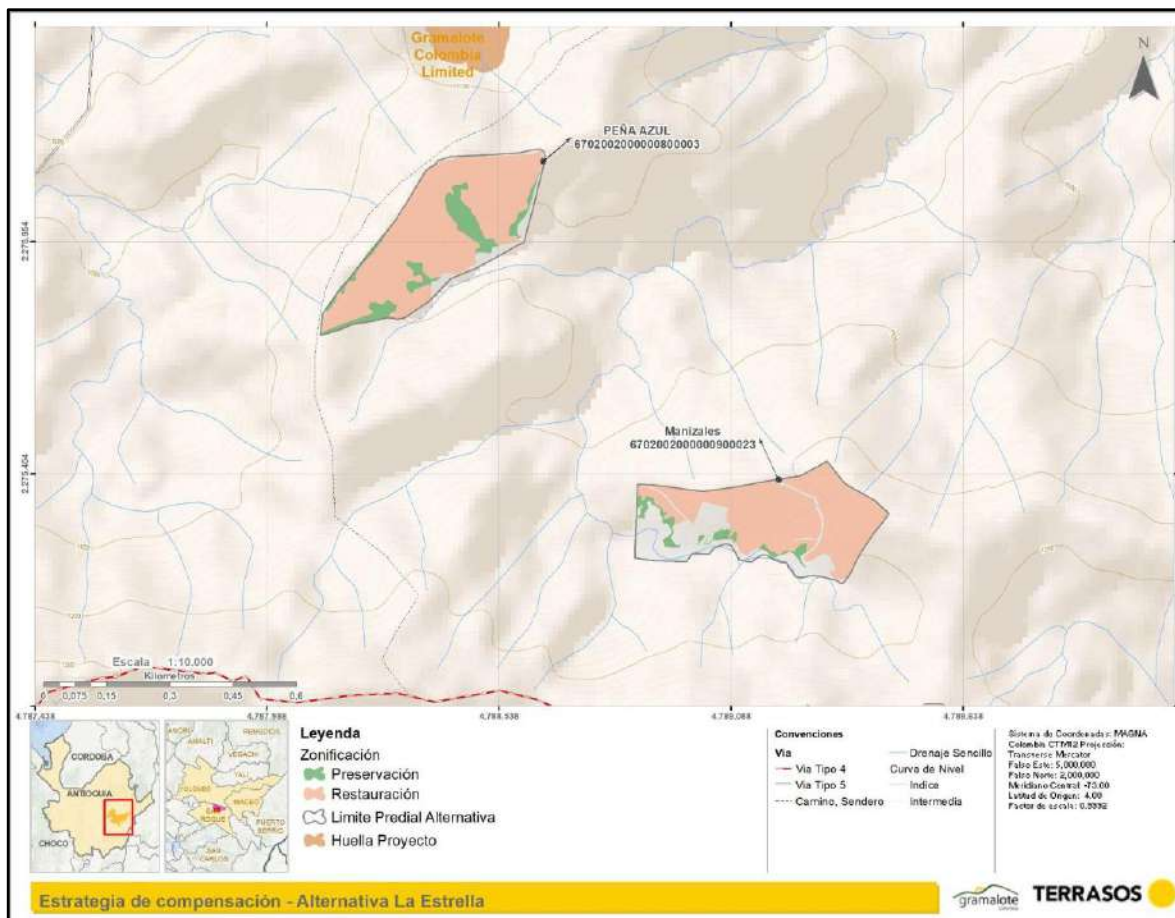


Figura 10.41 Zonificación alternativa La Estrella

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

La vocación del suelo definida por el IGAC para la Alternativa La Estrella, representada en la Figura 10.42, muestra una predominancia clara de vocación forestal en la totalidad de los predios que conforman esta alternativa. Las áreas se localizan en un contexto de laderas con pendientes moderadas a fuertes, presencia de drenajes secundarios y condiciones biofísicas que limitan el desarrollo de usos agropecuarios intensivos, lo cual refuerza su aptitud natural para la conservación y el manejo forestal.

La configuración espacial de esta alternativa, conformada por dos polígonos no contiguos, resalta su función como áreas núcleo de conservación, con un papel relevante en la protección de suelos, la regulación hídrica y el mantenimiento de la cobertura vegetal en un entorno de baja intervención antrópica. La ausencia de vocaciones agrícolas o ganaderas dentro de los límites prediales evidencia que estos predios han conservado, en mayor medida, sus condiciones ecológicas originales.

En concordancia con esta vocación, las acciones de compensación propuestas para la Alternativa La Estrella se orientan principalmente a la preservación de la cobertura forestal existente, complementadas con medidas de aislamiento, vigilancia y monitoreo de la

biodiversidad, asegurando la permanencia de los atributos ecosistémicos presentes. De manera puntual, las acciones de rehabilitación se enfocan exclusivamente en sectores localizados donde se identifican claros o procesos incipientes de degradación, siempre bajo criterios compatibles con la capacidad de uso del suelo.

En este sentido, la propuesta de compensación para la Alternativa La Estrella se encuentra plenamente alineada con la vocación forestal del suelo, garantizando que las intervenciones planteadas fortalezcan la integridad ecológica del área y contribuyan de forma efectiva a los objetivos de conservación y no pérdida neta de biodiversidad establecidos en el Plan de Compensación.

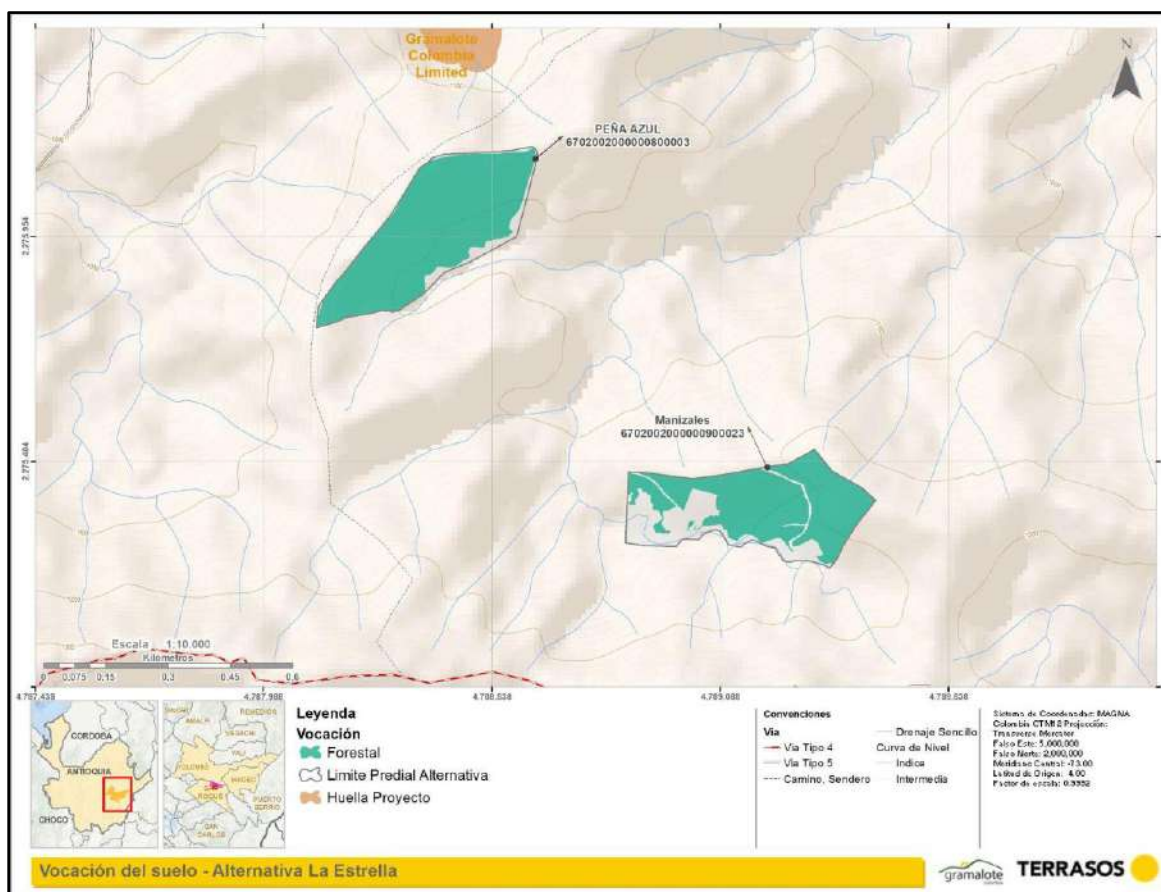


Figura 10.42 Vocación del suelo-Alternativa La Estrella
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

n. Alternativa Reserva San Pedro: consolidación de la Reserva San Pedro como núcleo de conservación regional.

Mediante la Resolución 1380 de 2022, la Autoridad aceptó la alternativa Reserva San Pedro para la implementación de acciones de preservación, enriquecimiento y rehabilitación. En el marco del cumplimiento del Requerimiento 2 del Acta 875 de 2022 y de la actualización

cartográfica de coberturas, se realizó un ajuste fino en la delimitación espacial y en la distribución de las acciones de compensación, manteniendo las áreas previamente aprobadas y afinando su asignación en función del nuevo cálculo del cuánto compensar.

La alternativa Reserva San Pedro se desarrolla en el predio del mismo nombre, reconocido como Reserva Natural de carácter privado, localizado en la vereda Brisas del Nus, municipio de Maceo, departamento de Antioquia. Este predio presenta una extensión total de 226,51 ha y constituye uno de los relictos de bosque húmedo tropical mejor conservados en el valle medio del río Nus, razón por la cual se consolida como un elemento estratégico dentro del arreglo de conectividad del plan de compensación.

Para efectos del presente plan, se **priorizan 224,92 ha** correspondientes al polígono predial de la reserva, área que se integra de manera directa a las obligaciones de compensación del componente biótico del proyecto. La selección de esta alternativa responde al objetivo de fortalecer la estructura ecológica principal de la cuenca del río Nus mediante la conservación de bosques en buen estado, la ampliación progresiva de áreas boscosas y la consolidación de corredores de conectividad ecológica a escala local y regional.

La alternativa Reserva de San Pedro se distingue dentro del conjunto de alternativas de compensación por su carácter marcadamente forestal y conservacionista, al estar dominada de manera casi absoluta por coberturas naturales continuas. Conforme a la Tabla 10.31, esta alternativa comprende un área total de **224,92 ha**, configurándose como uno de los bloques de mayor integridad ecológica incluidos en el presente Plan.

El rasgo estructural dominante corresponde al bosque denso alto, que representa **199,33 ha (88,62%)** del área total. Esta cobertura conforma extensiones continuas de bosque subandino con alto valor para la conservación de la biodiversidad, el mantenimiento de procesos ecológicos esenciales y la regulación hídrica, constituyéndose en un núcleo estratégico para el direccionamiento de acciones de preservación ecológica a largo plazo.

De manera complementaria, se identifican áreas de vegetación secundaria baja (**13,33 ha; 5,93%**) y **vegetación secundaria alta (5,40 ha; 2,40%)**, las cuales reflejan procesos sucesionales localizados en los bordes del sistema forestal. Estas coberturas cumplen un papel relevante como zonas de amortiguación y transición, y ofrecen oportunidades para acciones de restauración pasiva y enriquecimiento, orientadas a consolidar la estructura del bosque y a reducir los efectos de borde.

La presencia de pastos limpios es marginal (**4,85 ha; 2,16%**) y **se limita a sectores puntuales, sin incidir de manera significativa en la funcionalidad ecológica del área. Así mismo, los bosques de galería y/o riparios (2,01 ha; 0,90%)**, aunque de extensión reducida, desempeñan funciones clave en la protección de la red hídrica y refuerzan la conectividad interna del sistema forestal.

En conjunto, la alternativa Reserva de San Pedro representa un escenario altamente favorable para el cumplimiento de los objetivos de compensación del componente biótico, al ofrecer una equivalencia ecosistémica directa con los ecosistemas afectados por el proyecto Gramalote. Su configuración de coberturas responde plenamente a los principios de no pérdida neta de biodiversidad, adicionalidad y sostenibilidad establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018),

consolidándose como una alternativa prioritaria dentro del esquema de compensación ambiental del proyecto.

Tabla 10.31 Coberturas de la tierra presentes en la alternativa Reserva San Pedro

Cobertura	Área (ha)	Representatividad
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	2,01	0,90%
Bosque denso alto del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	199,33	88,62%
Pastos limpios del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	4,85	2,16%
Vegetación secundaria alta del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	5,40	2,40%
Vegetación secundaria baja del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	13,33	5,93%
Total	224,92	100,00%

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

La Tabla 10.32, sintetiza la participación relativa de las áreas destinadas a acciones de preservación y restauración ecológica dentro de la alternativa Reserva San Pedro. Del total del área priorizada, el 91,92% corresponde a acciones de preservación, orientadas a la conservación de coberturas con alto valor ecológico y a la prevención de nuevas presiones antrópicas, mientras que el 8,08% se destina a acciones de restauración con enfoque en rehabilitación ecológica. Esta distribución evidencia el carácter marcadamente conservacionista de la alternativa, con intervenciones restaurativas puntuales orientadas al fortalecimiento de la funcionalidad ecosistémica.

Tabla 10.32 Síntesis de áreas de preservación y restauración – Alternativa Reserva San Pedro

Categoría de acción	Área (ha)	Porcentaje (%)
Preservación	206,74	91,92%
Restauración (total)	18,18	8,08%
Total	224,91	100,00%

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

La distribución de las coberturas en la alternativa refleja el alto valor de conservación del predio y su papel como núcleo ecológico regional (ver Figura 10.43).

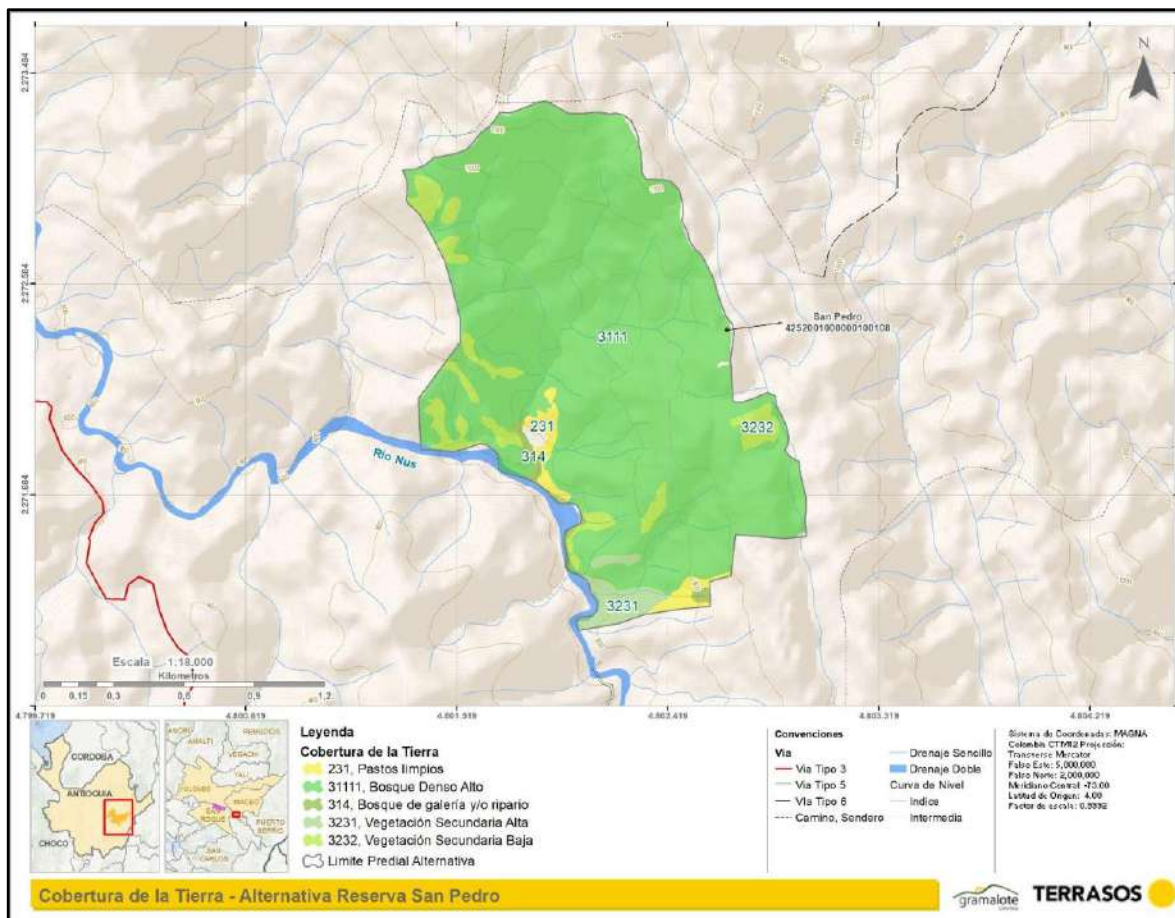


Figura 10.43 Mapa cobertura alternativa Reserva San Pedro

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Las acciones de compensación definidas para esta alternativa se orientan principalmente a la preservación estricta de los bosques existentes, los cuales constituyen el soporte principal de la biodiversidad local y regional. Estas acciones incluyen el manejo de coberturas en estados sucesionales tempranos y áreas transformadas, priorizando su integración progresiva al mosaico boscoso de la reserva (ver Figura 10.44).

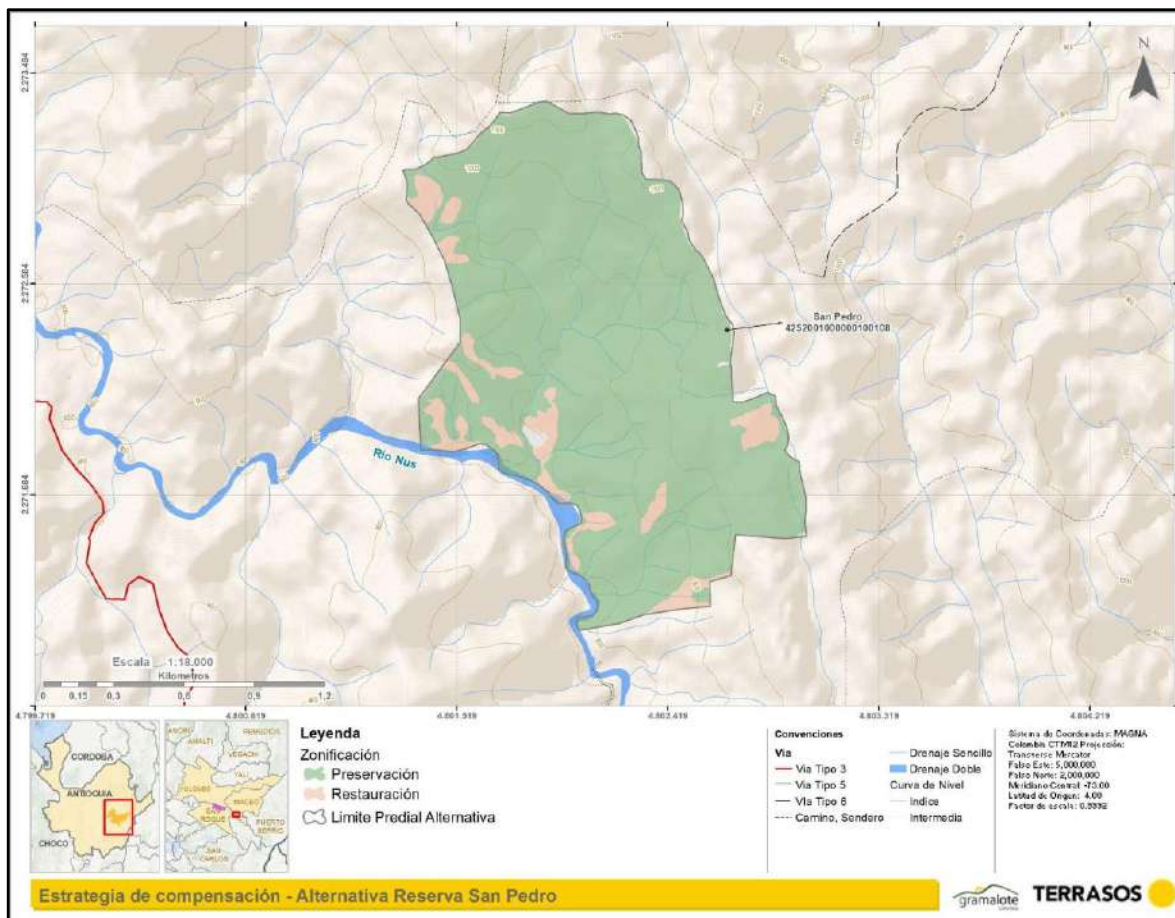


Figura 10.44 Zonificación alternativa Reserva San Pedro

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Con base en la cartografía oficial de vocación del suelo del IGAC, presentada en la Figura 10.45, la Alternativa Reserva San Pedro presenta una vocación forestal claramente dominante, la cual se distribuye de manera continua sobre la mayor parte del polígono predial, especialmente en las áreas de ladera y en sectores con pendientes suaves a moderadas. Esta vocación está asociada a condiciones biofísicas que favorecen la conservación de la cobertura vegetal natural, la regulación hidrológica y la protección del suelo frente a procesos de degradación.

De forma particular, se identifica una franja longitudinal con vocación ganadera que acompaña el curso del río Nus, la cual corresponde a áreas históricamente intervenidas y con mayor accesibilidad, donde el uso productivo ha sido más intenso. Esta configuración resalta la importancia estratégica de los bordes ribereños, no solo como zonas de transición entre usos del suelo, sino como áreas clave para la implementación de medidas de manejo y restauración ecológica orientadas a la protección del recurso hídrico.

En coherencia con esta distribución, las acciones de compensación propuestas para la Alternativa Reserva San Pedro se orientan principalmente a la preservación de las áreas

con vocación forestal, asegurando la permanencia de las coberturas naturales y su función como soporte de la biodiversidad local. Adicionalmente, en los sectores con vocación ganadera, particularmente aquellos adyacentes al río Nus, se priorizan acciones de rehabilitación y enriquecimiento vegetal, con el fin de mejorar la conectividad ecológica, fortalecer las franjas de protección hídrica y reducir presiones antrópicas sobre el sistema fluvial.

En consecuencia, la estrategia de compensación definida para la Alternativa Reserva San Pedro se encuentra alineada con la vocación del suelo identificada, garantizando que las medidas de preservación y restauración se implementen de manera compatible con las condiciones físicas del territorio y contribuyan al cumplimiento de los objetivos del Plan de Compensación del Componente Biótico.

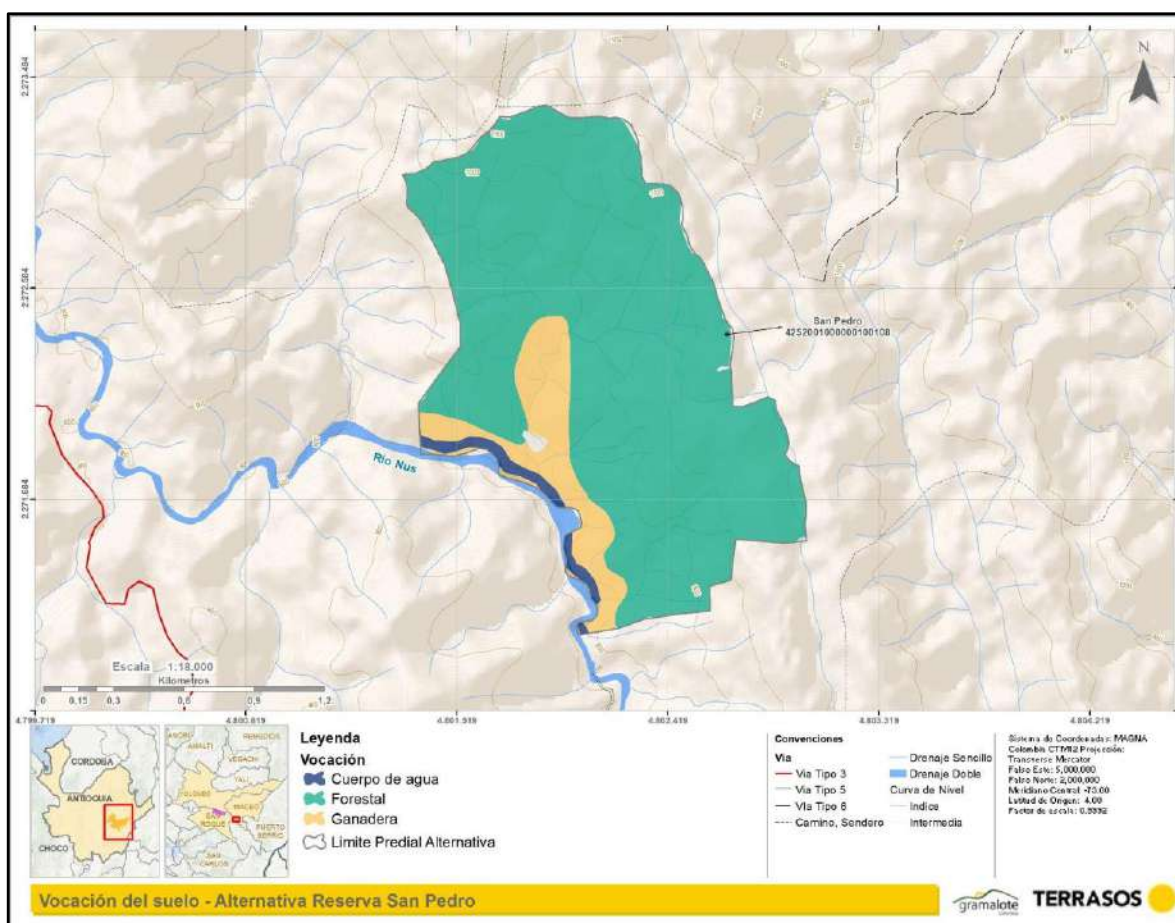


Figura 10.45 Vocación del suelo-Alternativa Reserva de san Pedro
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

o. Alternativa Alto guacas: conservación y enriquecimiento de bosque de galería y restauración en zonas degradadas

La alternativa Alto Guacas se estructura a partir de un conjunto de nueve (90) predios localizados en las veredas El Diamante, La Pureza y La Bella, en el municipio de San Roque, departamento de Antioquia. Estos predios conforman un corredor estratégico asociado a las microcuencas de las quebradas San Roque y Agua Bonita, tributarias de la quebrada Guacas, las cuales presentan un alto valor ecosistémico por su función en la regulación hídrica y la conectividad del paisaje en la cuenca del río Nus.

En el marco de la actualización del Plan de Compensación del Componente Biótico y atendiendo el ajuste del requerimiento de compensación derivado de la modificación de licencia, se priorizó para esta alternativa un área total de **142,61 ha**, sobre la cual se desarrollarán acciones de preservación y rehabilitación de coberturas intervenidas. Es importante precisar que esta alternativa hace parte del conjunto de alternativas previamente aprobadas por la Autoridad Ambiental, y que el presente ajuste corresponde exclusivamente a un refinamiento espacial y operativo de las áreas y acciones, sin que ello implique la solicitud de nuevas aprobaciones.

La alternativa Alto Guacas se desarrolla en un paisaje subandino con un alto grado de heterogeneidad y fragmentación, donde coexisten remanentes de bosque, coberturas secundarias y una matriz agropecuaria diversa. Conforme a la Tabla 10.33, esta alternativa comprende un área total de **142,61 ha**, cuya configuración refleja procesos históricos de transformación del territorio y la persistencia de fragmentos forestales de importancia ecológica.

El elemento dominante del área corresponde al bosque fragmentado con vegetación secundaria, que representa **68,27 ha (47,87%)** del total. Esta cobertura constituye el eje estructural de la alternativa y evidencia la presencia de fragmentos boscosos que, aunque discontinuos, conservan un valor significativo como refugio de biodiversidad y como puntos de conexión funcional dentro del paisaje. Estos sectores se perfilan como prioritarios para acciones de restauración y enriquecimiento, orientadas a mejorar la continuidad estructural y reducir los efectos de borde.

De manera complementaria, se identifican coberturas de bosque de galería y/o ripario (**16,58 ha; 11,63%**) y **bosque denso alto (15,39 ha; 10,79%)**, las cuales refuerzan el papel ecológico de la alternativa al aportar funciones clave de regulación hídrica, protección de cauces y conectividad local. Estos ecosistemas constituyen núcleos estratégicos para la preservación y el fortalecimiento de corredores ecológicos asociados a la red hídrica.

La matriz productiva está conformada principalmente por pastos limpios (**20,82 ha; 14,60%**) y pastos arbolados (**8,00 ha; 5,61%**), **acompañados por pastos enmalezados (2,61 ha; 1,83%)** y una **participación menor de mosaicos de cultivos y cultivos permanentes herbáceos (en conjunto cerca del 2,12%)**. Esta diversidad de usos refleja presiones antrópicas diferenciadas, pero también ofrece oportunidades para la implementación de acciones de rehabilitación ecológica y manejo del paisaje, orientadas a mejorar la conectividad entre fragmentos y a integrar la matriz productiva al sistema ecológico.

Las coberturas de vegetación secundaria alta (3,34 ha; 2,34%) y vegetación secundaria baja (2,36 ha; 1,66%) representan procesos sucesionales localizados, que pueden ser fortalecidos mediante intervenciones de baja intensidad para acelerar la recuperación estructural y funcional del ecosistema.

En conjunto, la alternativa Alto Guacas se configura como un escenario clave para el direccionamiento de acciones de compensación ambiental enfocadas en el manejo de paisajes fragmentados, priorizando la restauración de fragmentos boscosos, la consolidación de corredores riparios y la rehabilitación de la matriz productiva. Su composición de coberturas mantiene coherencia con el Orobioma Subandino Nechí–San Lucas y cumple con los criterios de equivalencia ecosistémica establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018).

Tabla 10.33 Coberturas de la tierra presentes en la alternativa Alto Guacas

Cobertura	Área (ha)	Representatividad
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	16,58	11,63%
Bosque denso alto del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	15,39	10,79%
Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	68,27	47,87%
Cultivos permanentes herbáceos - Caña del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	1,19	0,83%
Mosaico de cultivos del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	1,83	1,28%
Mosaico de pastos y cultivos del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	2,22	1,56%
Pastos arbolados del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	8,00	5,61%
Pastos enmalezados del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	2,61	1,83%
Pastos limpios del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	20,82	14,60%
Vegetación secundaria alta del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	3,34	2,34%
Vegetación secundaria baja del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	2,36	1,66%
Total	142,61	100,00%

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

La Tabla 10.34, sintetiza la participación relativa de las áreas destinadas a acciones de preservación y restauración ecológica dentro de la alternativa Alto Guacas. Del total del área priorizada, el 72,63% corresponde a acciones de preservación, orientadas a la conservación de coberturas con alto valor ecológico y a la prevención de nuevas presiones antrópicas, mientras que el 27,37% se destina a acciones de restauración con enfoque en rehabilitación ecológica. Esta distribución evidencia el carácter prioritariamente conservacionista de la alternativa, con intervenciones restaurativas complementarias orientadas al fortalecimiento de la funcionalidad ecosistémica.

Tabla 10.34 Síntesis de áreas de preservación y restauración – Alternativa Alto Guacas

Categoría de acción	Área (ha)	Porcentaje (%)
Preservación	103,58	72,63%
Restauración (total)	39,03	27,37%

Total	142,60	100,00%
-------	--------	---------

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

El análisis de la distribución espacial de estas coberturas evidencia que los fragmentos boscosos y las coberturas secundarias se encuentran estrechamente asociados a las rondas hídricas y a zonas con pendientes moderadas a altas, mientras que las coberturas más transformadas se localizan en áreas planas o suavemente onduladas, actualmente utilizadas para actividades agropecuarias. Esta configuración refuerza el carácter estratégico de la alternativa para el fortalecimiento de la conectividad ecológica local y la recuperación funcional de los sistemas ribereños (ver Figura 10.46).

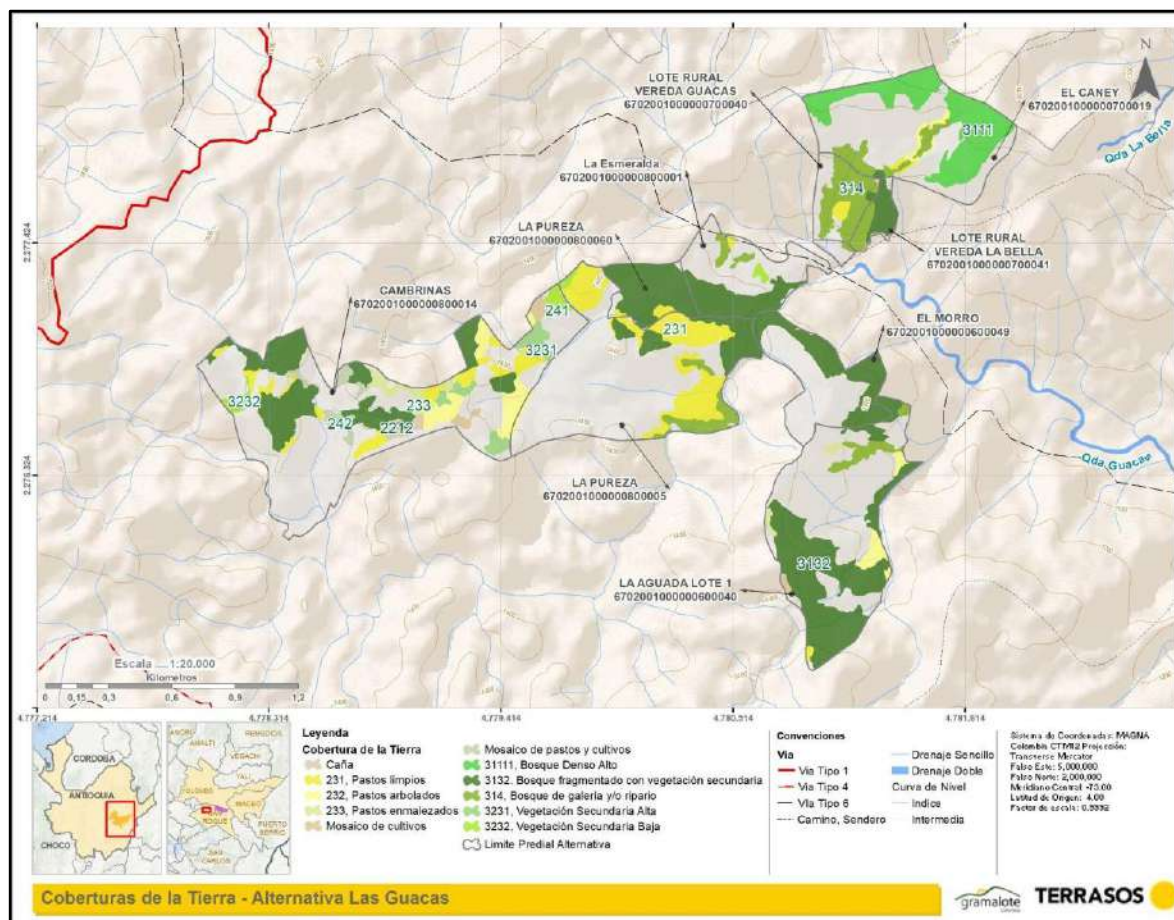


Figura 10.46 Mapa coberturas Alto guacas

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Las acciones de compensación definidas para esta alternativa se orientan principalmente a la consolidación de procesos de conservación y preservación de fragmentos de bosque remanente y vegetación secundaria asociada a rondas hídricas, así como a la rehabilitación ecológica de áreas intervenidas mediante la restauración activa de coberturas degradadas. En este sentido, se prioriza la implementación de acuerdos de conservación, servidumbres

ecológicas e incentivos para el mantenimiento y conservación de las áreas con mayor valor ecosistémico, complementados con acciones de rehabilitación orientadas a restablecer la estructura y función de la vegetación en sectores estratégicos del corredor (ver Figura 10.47).

En conjunto, la alternativa Alto Guacas se consolida como una intervención focal de alta relevancia para el sistema de compensación del proyecto Gramalote, al articular acciones de conservación y rehabilitación en un corredor priorizado, contribuyendo de manera efectiva a la conectividad ecológica local y al cumplimiento de los objetivos del Plan de Compensación del Componente Biótico.

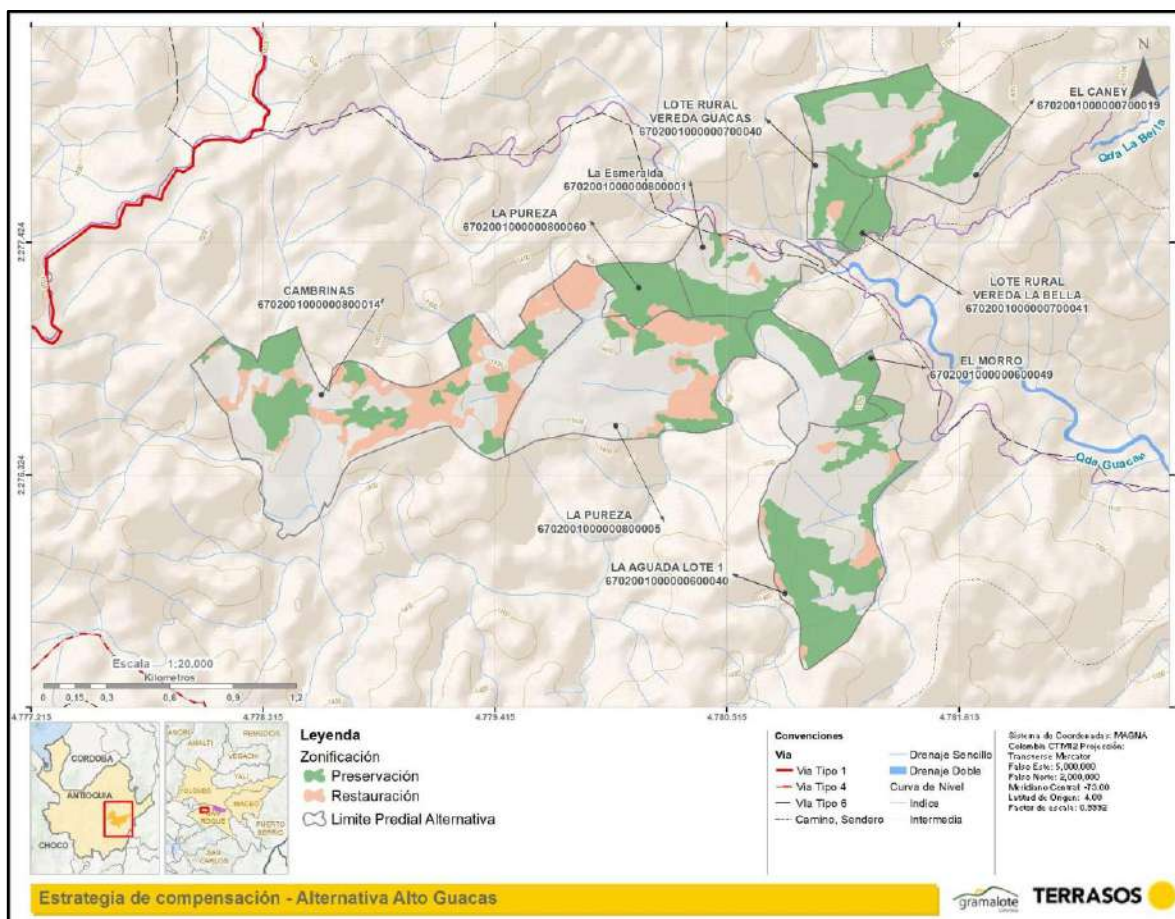


Figura 10.47 Zonificación alternativa Alto guacas

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

De acuerdo con la cartografía oficial de vocación del suelo del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), la Alternativa Alto Guacas se localiza predominantemente en áreas con vocación forestal, las cuales presentan restricciones para el desarrollo de usos agropecuarios intensivos y están orientadas al mantenimiento de coberturas vegetales protectoras, la regulación hídrica y la conservación de la estabilidad ecosistémica del territorio. Tal como se observa en la Figura 10.48, estas áreas se distribuyen de manera

continúa dentro de los límites prediales que conforman la alternativa, en asociación con drenajes naturales, pendientes moderadas a altas y condiciones edáficas que favorecen el establecimiento y permanencia de coberturas boscosas.

En este contexto, las acciones de compensación propuestas para la Alternativa Alto Guacas, orientadas principalmente a la preservación de coberturas boscosas existentes y a la rehabilitación ecológica de áreas intervenidas, resultan plenamente coherentes con la vocación del suelo identificada. Dichas acciones se alinean con los lineamientos establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (MADS, 2018), en cuanto priorizan la conservación de ecosistemas naturales, el fortalecimiento de la conectividad ecológica y la recuperación de la funcionalidad ecosistémica, evitando la implementación de usos incompatibles con la capacidad del suelo. De esta manera, la vocación forestal del área constituye un soporte técnico adicional que respalda la pertinencia y sostenibilidad de las estrategias de compensación definidas para esta alternativa.

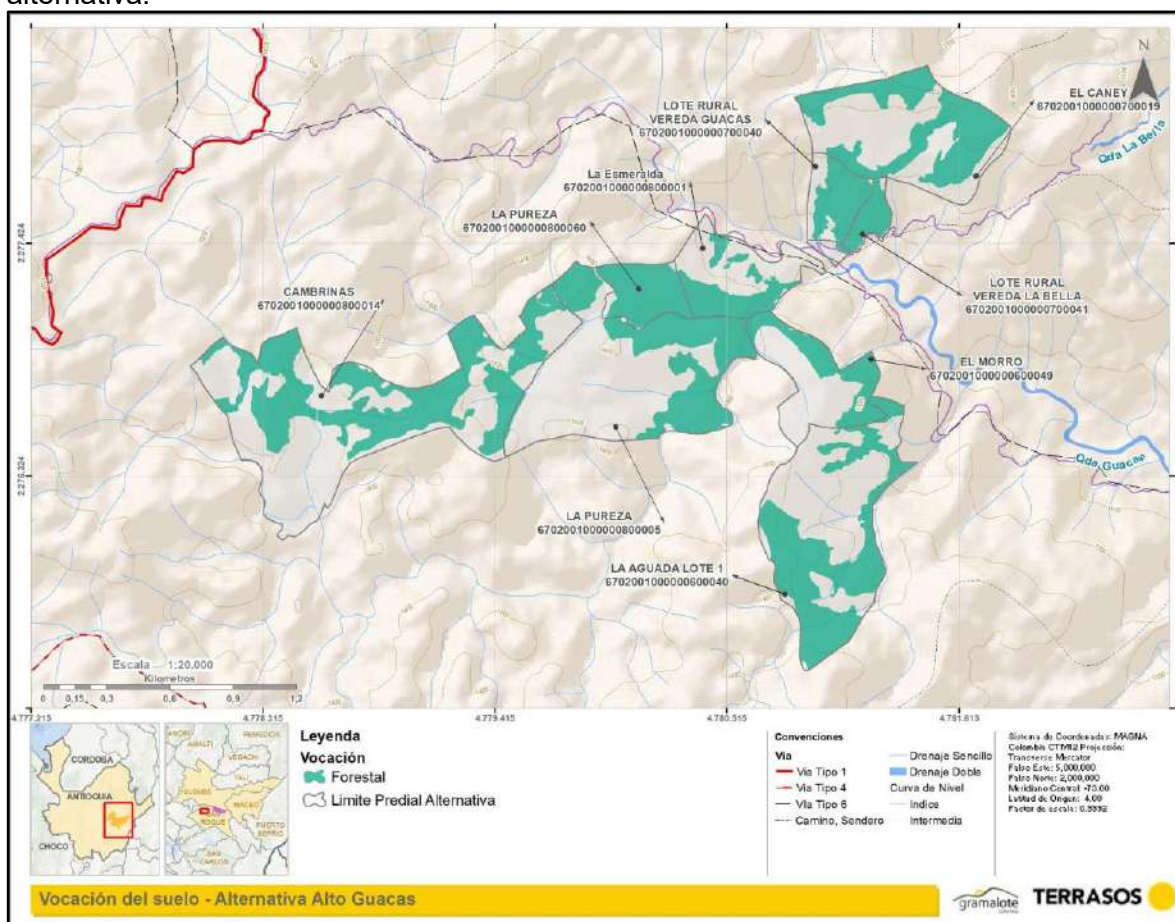


Figura 10.48 Vocación del suelo-Alternativa Guacas

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

p. Alternativa Mulutal: Conformación de corredores de conectividad a través de rondas hídricas

Mediante la Resolución 1380 de 2022, la Autoridad Ambiental aceptó la alternativa Mulutal para la implementación de acciones de preservación, enriquecimiento y rehabilitación en un área de 475,05 ha. Posteriormente, en atención al Requerimiento 2 del Acta 875 de 2022, se realizó la actualización de la interpretación de coberturas terrestres a partir del ajuste de la capa CoberturaTierra_2020, lo que permitió refinar la delimitación espacial y la distribución de áreas por tipo de acción de compensación, sin modificar el alcance ni la naturaleza de las acciones previamente aprobadas. A continuación, se presenta la descripción actualizada de esta alternativa.

La alternativa Mulutal se desarrolla en los predios Santa Rita y Las Juanas, localizados en la vereda Santa Isabel del municipio de San Roque, departamento de Antioquia, con una extensión predial total de 849,84 ha. En el marco del presente Plan de Compensación del Componente Biótico, se priorizaron **201,04 ha** para la implementación de acciones de compensación ambiental. Esta alternativa cumple un rol estratégico dentro del arreglo de paisaje definido, al permitir la conexión funcional entre la ronda hídrica del río Nare, la alternativa Socorro y la Reserva Forestal Protectora Regional La Montaña, fortaleciendo la conectividad ecológica a escala local y regional.

La alternativa Mulutal se caracteriza por una configuración territorial en la que bloques forestales bien conservados coexisten con una matriz agropecuaria de intensidad media, conformando un paisaje subandino con un alto gradiente de heterogeneidad estructural. De acuerdo con la Tabla 10.35, esta alternativa abarca un área total de **201,04 ha**, dentro de la cual predominan coberturas naturales, acompañadas por sectores secundarios y áreas transformadas.

El componente dominante del área corresponde al bosque denso alto, que representa **53,42 ha (26,57%)**, constituyéndose en el eje ecológico principal de la alternativa. Estos bosques conforman extensiones continuas de alto valor para la conservación de la biodiversidad, la regulación hídrica y la estabilidad ecológica del territorio. A este componente se suma una participación significativa de bosques de galería y/o **riparios (17,58 ha; 8,74%)**, los cuales refuerzan la conectividad estructural y funcional del paisaje, especialmente en relación con la red hídrica local.

La matriz productiva está integrada principalmente por pastos limpios (**49,93 ha; 24,84%**) y **pastos enmalezados (42,72 ha; 21,25%)**, reflejando usos agropecuarios consolidados que, no obstante, mantienen potencial para la implementación de acciones de rehabilitación ecológica y manejo del paisaje. Las áreas de **pastos arbolados (4,93 ha; 2,45%)** y los mosaicos agrícolas, junto con coberturas de cultivos permanentes arbustivos (café y otros), tienen una representatividad baja, pero aportan diversidad funcional al sistema.

Un rasgo particular de la alternativa Mulutal es la presencia puntual de plantaciones forestales de coníferas (**0,31 ha; 0,16%**), las cuales, aunque de extensión muy reducida, introducen un elemento exótico en el paisaje que puede ser considerado dentro de estrategias de reconversión gradual hacia coberturas más acordes con el ecosistema subandino. Adicionalmente, las áreas de vegetación secundaria alta (**10,13 ha; 5,04%**) y

vegetación secundaria baja (14,80 ha; 7,36%) evidencian procesos sucesionales activos que pueden ser fortalecidos mediante acciones de enriquecimiento y restauración pasiva.

En conjunto, la alternativa Mulutal ofrece condiciones favorables para el direccionamiento de acciones de compensación ambiental diferenciadas, combinando preservación de núcleos forestales, restauración de ecosistemas riparios y rehabilitación de la matriz productiva, en coherencia con el Orobioma Subandino Nechí–San Lucas y con los criterios de equivalencia ecosistémica, adicionalidad y sostenibilidad.

Tabla 10.35 Coberturas de la tierra presentes en la alternativa Mulutal

Cobertura	Área (ha)	Representatividad
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	17,58	8,74%
Bosque denso alto del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	53,43	26,57%
Cultivos permanentes arbustivos - Café del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	0,64	0,32%
Mosaico de cultivos del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	6,58	3,27%
Pastos arbolados del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	4,93	2,45%
Pastos enmalezados del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	42,72	21,15%
Pastos limpios del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	49,93	24,84%
Plantación forestal de coníferas del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	0,31	0,16%
Vegetación secundaria alta del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	10,13	5,04%
Vegetación secundaria baja del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	14,80	7,36%
Total	201,04	100,00%

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

La Tabla 10.36, sintetiza la participación relativa de las áreas destinadas a acciones de preservación y restauración ecológica dentro de la alternativa Mulutal. Del total del área priorizada, el 40,36% corresponde a acciones de preservación, orientadas a la conservación de coberturas con valor ecosistémico y a la prevención de nuevas presiones antrópicas, mientras que el 59,64% se destina a acciones de restauración con enfoque en rehabilitación ecológica. Esta distribución evidencia un énfasis conservacionista complementado con intervenciones restaurativas estratégicas, orientadas al fortalecimiento de la funcionalidad ecosistémica.

Tabla 10.36 Síntesis de áreas de preservación y restauración – Alternativa Mulutal

Categoría de acción	Área (ha)	Porcentaje (%)
Preservación	81,13	40,36%
Restauración (total)	119,91	59,64%
Total	201,04	100,00%

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Del análisis de coberturas se concluye que la alternativa Mulutal está dominada por bosque denso alto, que representa el 26,57% del área priorizada, seguido por pastos limpios (24,84%) y pastos enmalezados (21,25%). En menor proporción se presentan coberturas

de vegetación secundaria alta y áreas transformadas asociadas cultivos permanentes arbustivos-café y a plantaciones forestales de coníferas. Esta configuración evidencia un alto potencial para la restauración y el fortalecimiento de la conectividad ecológica, especialmente a lo largo de las rondas hídricas presentes en el área (ver Figura 10.49).

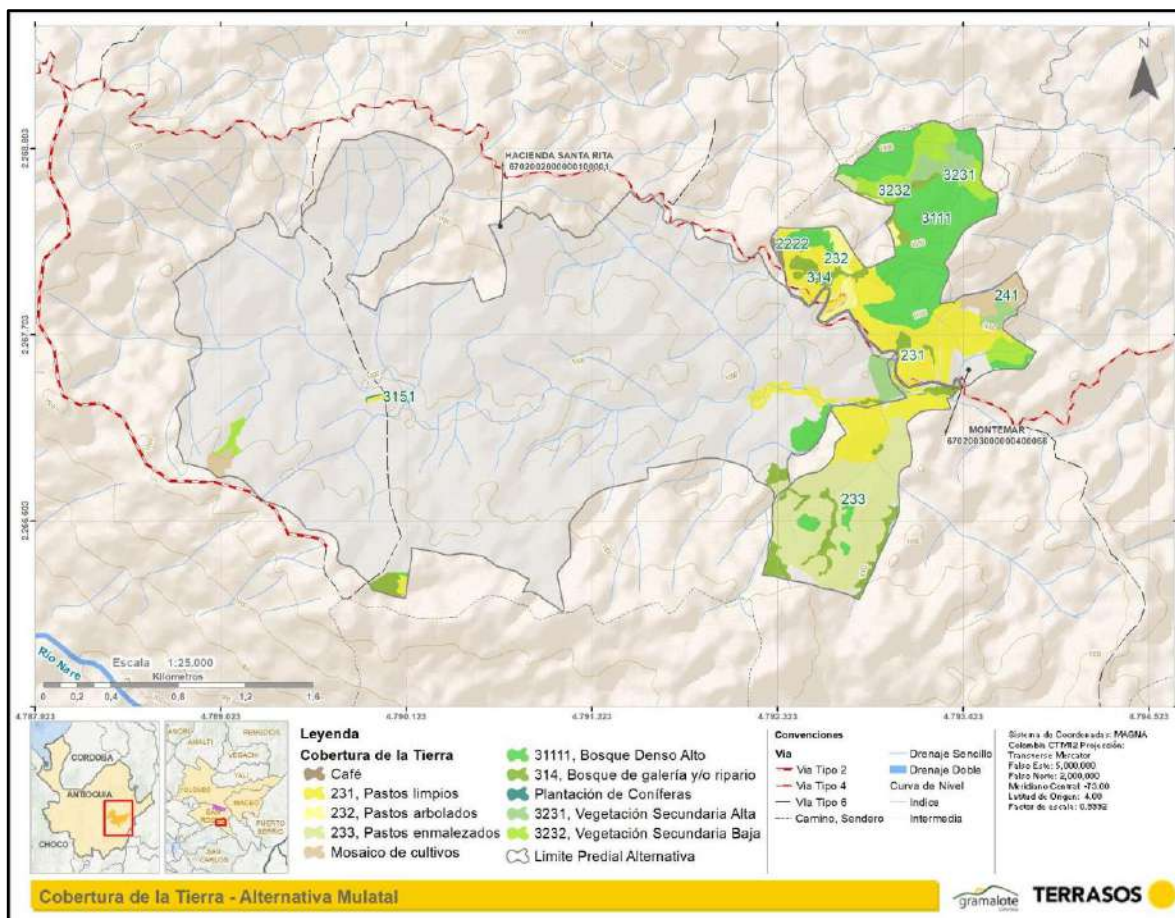


Figura 10.49 Mapa coberturas Mulatal
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Las acciones de compensación definidas para esta alternativa están orientadas a la restauración ecológica el enriquecimiento y rehabilitación de áreas intervenidas que permiten asegurar la continuidad estructural y funcional del paisaje (ver Figura 10.50).

La alternativa Mulatal, en su configuración actualizada, constituye un componente clave del circuito de conectividad propuesto en el Plan de Compensación, al articular áreas de alto valor ecosistémico y contribuir de manera directa al mantenimiento de procesos ecológicos asociados al bosque húmedo tropical en el sector del Nordeste antioqueño.

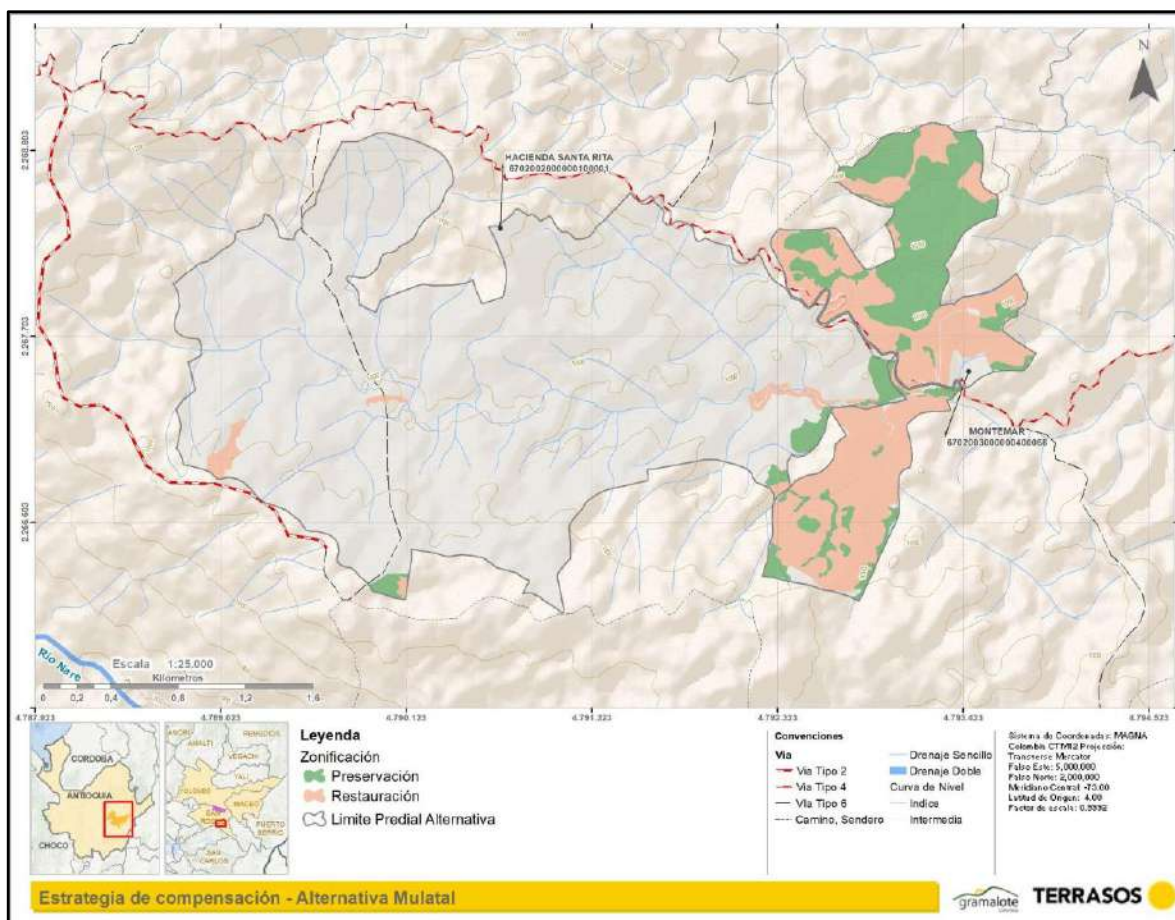


Figura 10.50 Zonificación alternativa Mulutal

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

De acuerdo con la cartografía oficial de vocación del suelo del IGAC, presentada en la Figura 10.51, la Alternativa Mulutal presenta una vocación netamente forestal, distribuida en bloques continuos y corredores alargados que siguen la red de drenaje natural y la configuración topográfica del área. Esta alternativa se localiza en un entorno de laderas medias, con pendientes moderadas a altas, donde la cobertura vegetal cumple un papel determinante en la protección del suelo y la regulación hidrológica.

La vocación forestal identificada responde a limitantes físicas claras para el establecimiento de usos agropecuarios intensivos, tales como la pendiente, la susceptibilidad a procesos de erosión y la presencia de múltiples drenajes secundarios. En este contexto, la permanencia de coberturas forestales resulta fundamental para mantener la estabilidad del terreno, reducir la escorrentía superficial y garantizar la continuidad de los procesos ecológicos asociados a los ecosistemas terrestres del Orobioma Subandino Nechí–San Lucas.

En coherencia con estas condiciones, las acciones de compensación definidas para la Alternativa Mulutal se orientan prioritariamente a la preservación de las áreas con vocación

forestal, fortaleciendo su función como núcleos de conservación y como elementos de conectividad ecológica dentro del paisaje. Adicionalmente, en sectores puntuales donde se evidencian procesos de fragmentación o intervención histórica, se plantean acciones de rehabilitación ecológica de baja intensidad, compatibles con la capacidad de uso del suelo y orientadas a la recuperación de la estructura y funcionalidad del ecosistema.

De esta manera, la propuesta de compensación para la Alternativa Mulutal se encuentra plenamente alineada con la vocación del suelo, asegurando que las medidas implementadas respondan a las condiciones naturales del territorio y contribuyan de forma efectiva al objetivo de no pérdida neta de biodiversidad establecido en el Plan de Compensación del Componente Biótico.

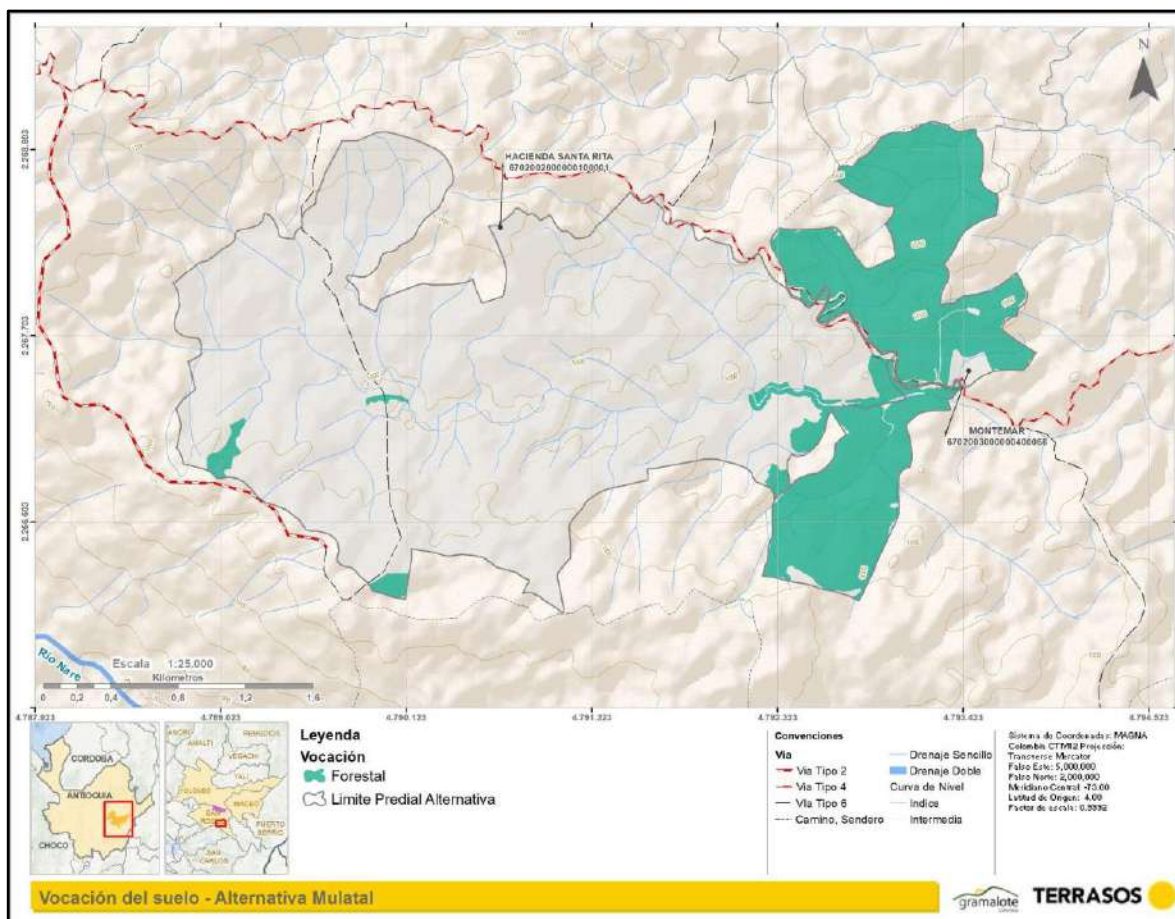


Figura 10.51 Vocación del suelo-Alternativa Mulutal
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

q. Alternativa Socorro: conservación de bosques remanentes y restauración de rondas hídricas en paisaje ganadero

Mediante la Resolución 1380 de 2022, la Autoridad Ambiental aceptó la alternativa Socorro para la implementación de acciones de preservación, enriquecimiento y rehabilitación

asociadas a la compensación por pérdida de biodiversidad. En el marco del cumplimiento del Requerimiento 2 del Acta 875 de 2022, se realizó la actualización de la interpretación de coberturas terrestres y el afinamiento de la distribución espacial de las áreas por tipo de acción, sin modificar la alternativa aprobada ni solicitar nuevas áreas, sino ajustando técnicamente su alcance de acuerdo con la información cartográfica más reciente.

La alternativa Socorro se desarrolla en un (1) predio con una extensión total aproximada de 1.024,70 ha, localizado en el municipio de San Roque, vereda Marbella, departamento de Antioquia. En esta alternativa se priorizó un área de 333,04 ha para el cumplimiento de la obligación de compensación del componente biótico, en atención a su localización estratégica dentro del circuito de conectividad definido para el proyecto y a su contigüidad funcional con la Reserva Forestal Protectora Regional La Montaña, uno de los núcleos ecológicos principales de la estrategia de compensación.

El enfoque de intervención en la alternativa Socorro está orientado al fortalecimiento de la permeabilidad ecológica del paisaje mediante la consolidación de corredores de conectividad asociados a la estructura riparia existente y la restauración de tramos de ronda hídrica degradados. En particular, se priorizan las rondas de la quebrada El Socorro y algunos de sus afluentes, dadas sus funciones en la regulación hídrica, la conectividad longitudinal y lateral del paisaje, y su aporte a la integridad ecológica de la cuenca alta del río Nus.

La alternativa Socorro se distingue dentro del conjunto de alternativas de compensación por estar fuertemente estructurada en torno a los ecosistemas riparios, los cuales dominan la configuración espacial y funcional del paisaje. Conforme a la Tabla 10.37, esta alternativa comprende un área total de 333,04 ha, en la que la red hídrica y sus áreas asociadas definen el principal eje ecológico del territorio.

La cobertura predominante corresponde al bosque de galería y/o ripario, que representa 162,56 ha (48,81%) del área total. Estos ecosistemas cumplen un papel fundamental en la regulación hídrica, la estabilización de márgenes, el control de procesos erosivos y la conectividad ecológica, convirtiéndose en el principal soporte para el direccionamiento de acciones de preservación y restauración ecológica en la alternativa Socorro. La extensión y continuidad de estas coberturas confieren al área un alto valor funcional, incluso en un contexto de paisaje intervenido.

De manera complementaria, se identifican áreas de pastos limpios (112,03 ha; 33,64%), que conforman la matriz productiva predominante, y sectores de bosque denso alto (37,73 ha; 11,33%), los cuales aportan núcleos adicionales de cobertura forestal y refuerzan la conectividad estructural entre los corredores riparios. Estas coberturas permiten articular estrategias de compensación que integren la protección de los ecosistemas acuáticos con la rehabilitación de la matriz agropecuaria adyacente.

Las restantes coberturas, incluyendo pastos arbolados (13,54 ha; 4,06%), vegetación secundaria alta y baja (4,16 ha en conjunto; 1,25%), bosque fragmentado con vegetación secundaria y coberturas agrícolas permanentes, tienen una representatividad marginal. No obstante, su presencia contribuye a la heterogeneidad del paisaje y ofrece oportunidades

puntuales para acciones de enriquecimiento y manejo del borde, orientadas a mejorar la transición entre coberturas naturales y áreas productivas.

En conjunto, la alternativa Socorro se configura como un escenario idóneo para el direccionamiento de acciones de compensación ambiental con énfasis en la protección y consolidación de corredores riparios, complementadas con intervenciones de rehabilitación en la matriz productiva circundante. Su composición de coberturas mantiene coherencia con el Orobioma Subandino Nechí–San Lucas y cumple con los criterios de equivalencia ecosistémica y funcional establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018), aportando de manera estratégica al cumplimiento de los objetivos del Plan.

Tabla 10.37 Coberturas de la tierra presentes en la alternativa Socorro

Cobertura	Área (ha)	Representatividad
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	162,56	48,81%
Bosque denso alto del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	37,73	11,33%
Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	1,26	0,38%
Cultivos permanentes arbustivos del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	0,38	0,11%
Pastos arbolados del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	13,54	4,06%
Pastos enmalezados del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	1,38	0,41%
Pastos limpios del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	112,03	33,64%
Vegetación secundaria alta del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	2,37	0,71%
Vegetación secundaria baja del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	1,79	0,54%
Total	333,04	100,00%

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

La Tabla 10.38, sintetiza la participación relativa de las áreas destinadas a acciones de preservación y restauración ecológica dentro de la alternativa Socorro. Del total del área priorizada, el 61,23% corresponde a acciones de preservación, orientadas a la conservación de coberturas con valor ecosistémico y a la prevención de nuevas presiones antrópicas, mientras que el 38,77% se destina a acciones de restauración con enfoque en rehabilitación ecológica. Esta distribución evidencia un énfasis conservacionista complementado con intervenciones restaurativas estratégicas, orientadas al fortalecimiento de la funcionalidad ecosistémica y de la conectividad del paisaje.

Tabla 10.38 Síntesis de áreas de preservación y restauración – Alternativa Socorro

Categoría de acción	Área (ha)	Porcentaje (%)
Preservación	203,92	61,23%
Restauración (total)	129,11	38,77%
Total	333,04	100,00%

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

El análisis de coberturas indica que el bosque de galería y/o ripario constituye la cobertura dominante, con 162,56 ha que representan el 48,81% del área priorizada, seguido por los

pastos limpios con 112,03 ha (33,64%), asociados principalmente a sistemas ganaderos en zonas aledañas a las rondas hídricas. En menor proporción se identifican bosques fragmentados con vegetación secundaria, vegetación secundaria alta y baja, y pequeñas extensiones de bosques densos altos y pastos enmalezados, que en conjunto configuran un mosaico de coberturas con alto potencial de restauración y conectividad ecológica (Figura 10.52).

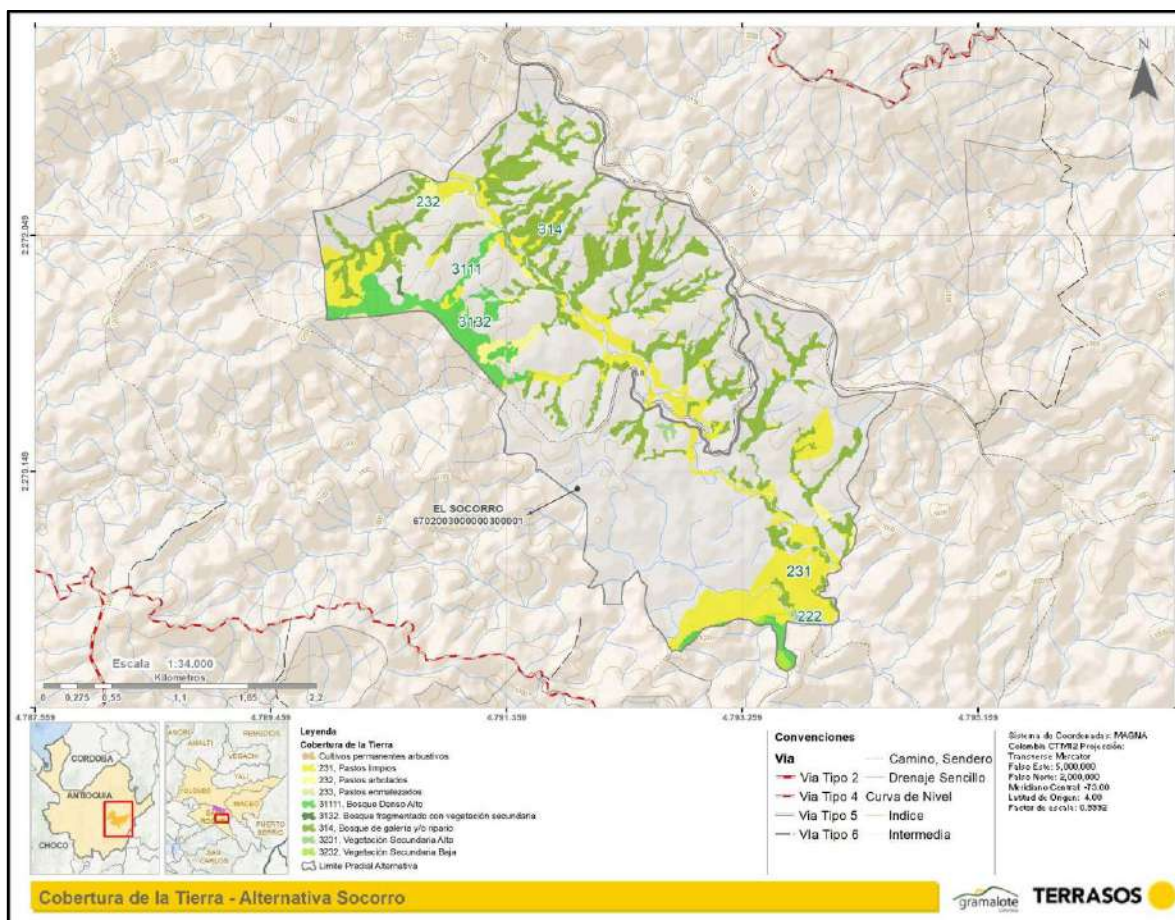


Figura 10.52 Mapa coberturas alternativa Socorro

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Las acciones de compensación definidas para esta alternativa se orientan a la preservación y enriquecimiento de los remanentes de bosque de galería existentes, la asistencia a los procesos de sucesión natural en coberturas secundarias y la rehabilitación de tramos de ronda hídrica altamente intervenidos. Como resultado del afinamiento de la zonificación, se establece la implementación de acciones de preservación y acciones de rehabilitación, distribuidas estratégicamente para maximizar la conectividad ecológica entre la alternativa Socorro y la Reserva Forestal Protectora Regional La Montaña (ver Figura 10.53).

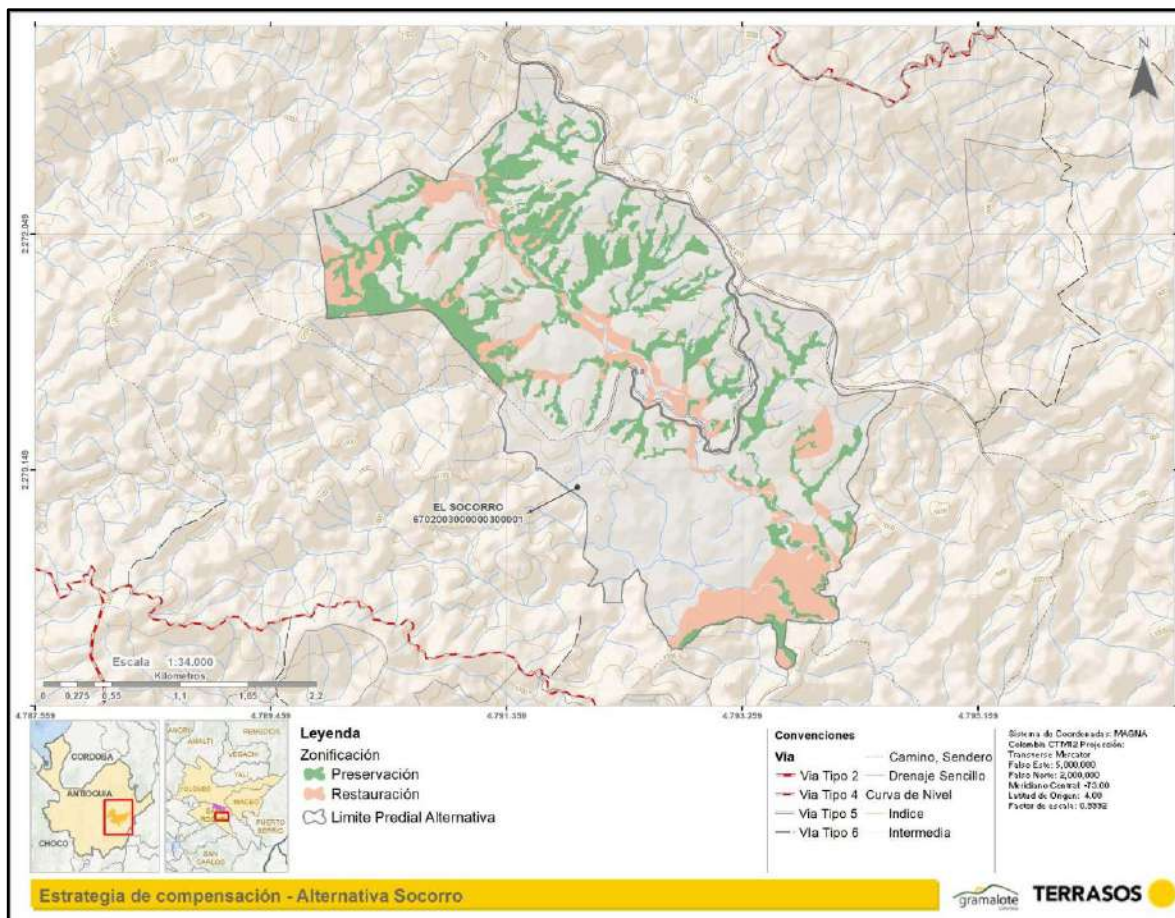


Figura 10.53 Zonificación alternativa Socorro

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

De acuerdo con la cartografía oficial de vocación del suelo del IGAC, ilustrada en la Figura 10.54, la Alternativa Socorro presenta una configuración territorial marcada por una estructura longitudinal, en la cual la vocación del suelo se organiza principalmente en torno a los sistemas de drenaje que atraviesan el área de manera continua. En este contexto, se observa una vocación forestal predominante distribuida en franjas y parches asociados a las áreas de mayor pendiente, nacimientos de agua y corredores naturales, los cuales cumplen un rol fundamental en la estabilidad ecológica del territorio.

De forma complementaria, se identifica una vocación ganadera concentrada a lo largo de los ejes centrales del polígono, coincidiendo con zonas de menor pendiente y mayor accesibilidad, donde históricamente se han desarrollado usos productivos. Esta disposición genera un mosaico funcional en el que las áreas forestales actúan como elementos de soporte ecológico, mientras que los sectores con vocación ganadera representan zonas de transición que requieren un manejo diferencial dentro del esquema de compensación.

En coherencia con esta distribución espacial, las acciones de compensación propuestas para la Alternativa Socorro se orientan a la preservación de las áreas con vocación forestal,

priorizando la protección de corredores ecológicos y franjas asociadas a drenajes naturales, con el fin de fortalecer la conectividad y los servicios ecosistémicos del área. Paralelamente, en los sectores con vocación ganadera se plantean acciones de restauración y rehabilitación ecológica, dirigidas a reducir la fragmentación, mejorar la funcionalidad del paisaje y reforzar la protección de los cuerpos de agua.

En consecuencia, la estrategia definida para la Alternativa Socorro se encuentra alineada con la vocación del suelo identificada, asegurando que las medidas de compensación respondan a la dinámica territorial y contribuyan de manera efectiva al cumplimiento de los objetivos del Plan de Compensación del Componente Biótico.

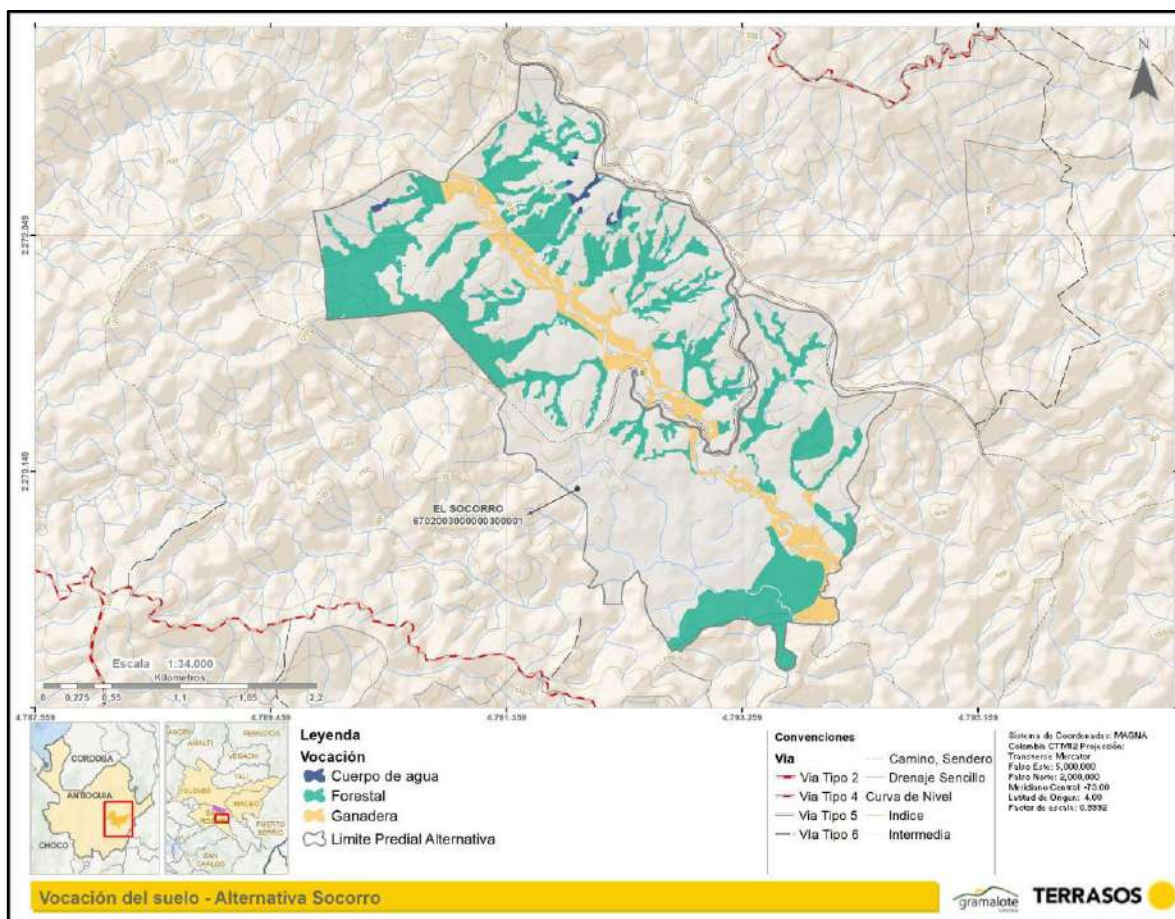


Figura 10.54 Vocación del suelo-Alternativa Socorro

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

r. Alternativa Uso sostenible: complementación de la compensación mediante manejo productivo sostenible y recuperación ecológica

La alternativa Uso sostenible corresponde a una unidad de intervención específica, con un área total priorizada de **457,24 ha**, destinada a complementar el cumplimiento de las obligaciones de compensación por pérdida de biodiversidad del Proyecto Gramalote mediante la implementación de acuerdos de conservación, incentivos para el manejo sostenible del territorio y acciones puntuales de rehabilitación y recuperación ecológica, donde las condiciones biofísicas y productivas así lo permitan.

Su inclusión responde a la necesidad de optimizar la funcionalidad ecológica del paisaje en sectores donde predominan coberturas intervenidas asociadas a actividades agropecuarias, y donde la implementación de esquemas de uso sostenible representa una oportunidad efectiva para reducir presiones antrópicas, mejorar la conectividad ecológica y fortalecer la provisión de servicios ecosistémicos.

El enfoque de la alternativa Uso sostenible se orienta a la articulación de acciones de conservación voluntaria, establecimiento de acuerdos prediales, implementación de prácticas productivas sostenibles y fortalecimiento del manejo del suelo y la cobertura vegetal, en combinación con intervenciones de rehabilitación y recuperación ecológica en áreas estratégicas, tales como rondas hídricas, zonas de transición entre coberturas naturales y áreas productivas, y sectores con procesos de degradación incipiente o moderada.

La alternativa Uso Sostenible se configura como un escenario orientado principalmente al manejo productivo del territorio con criterios de sostenibilidad, en el que la compensación ambiental se aborda desde la integración entre actividades agropecuarias y la recuperación progresiva de atributos ecológicos. Conforme a la Tabla 10.39, esta alternativa abarca un área total de **457,43 ha**, caracterizada por una marcada dominancia de coberturas asociadas a pastos, con presencia puntual de ecosistemas naturales y secundarios.

El rasgo dominante del área corresponde a los pastos limpios, que representan **355,09 ha (77,63%) del total**. A estos se suman **pastos arbolados (37,80 ha; 8,26%)** y **pastos enmalezados (39,50 ha; 8,64%)**, conformando una matriz productiva extensa y continua, con bajo nivel de cobertura arbórea y alta intervención antrópica. Esta configuración justifica la orientación de la alternativa hacia acciones de rehabilitación ecológica y manejo sostenible, enfocadas en la incorporación progresiva de elementos arbóreos, el mejoramiento de la funcionalidad del suelo y la reducción de la presión sobre los ecosistemas naturales remanentes.

De manera marginal, se identifican coberturas naturales y seminaturales como bosques de galería y/o riparios (**12,35 ha; 2,70%**), **bosque denso alto (4,11 ha; 0,90%)** y **vegetación secundaria alta y baja (7,89 ha en conjunto; 1,72%)**, las cuales, aunque de baja representatividad, cumplen funciones ecológicas clave asociadas a la protección hídrica, la conectividad local y la provisión de hábitat. Estas áreas se constituyen en núcleos prioritarios para acciones de preservación y restauración puntual, articuladas al manejo productivo del entorno (Tabla 10.39).

Un aspecto relevante de esta alternativa es la coexistencia de coberturas del Orobioma Subandino y del Helobioma Nechí–San Lucas, representadas por pequeñas áreas de pastos limpios y enmalezados, lo cual introduce una complejidad adicional en la planificación de las acciones de compensación y refuerza la necesidad de enfoques diferenciados de manejo y rehabilitación, acordes con las particularidades ecológicas de cada unidad.

En conjunto, la alternativa Uso Sostenible se concibe como un instrumento complementario dentro del Plan de Compensación del Componente Biótico, orientado a la rehabilitación de paisajes productivos y a la integración de prácticas sostenibles que contribuyan a la recuperación de la funcionalidad ecológica del territorio. Su configuración de coberturas mantiene coherencia con los criterios de equivalencia ecosistémica y adicionalidad establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018), y permite ampliar el alcance de la compensación más allá de la conservación estricta, incorporando enfoques de manejo sostenible del paisaje.

Tabla 10.39 Coberturas de la tierra presentes en la alternativa Uso Sostenible

Cobertura	Área (ha)	Representatividad
Bosque de galería y/o ripario del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	12,35	2,70%
Bosque denso alto del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	4,11	0,90%
Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	0,67	0,15%
Pastos arbolados del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	37,80	8,26%
Pastos enmalezados del Helobioma Nechí-San Lucas	0,42	0,09%
Pastos enmalezados del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	39,08	8,54%
Pastos limpios del Helobioma Nechí-San Lucas	0,53	0,12%
Pastos limpios del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	354,56	77,51%
Vegetación secundaria alta del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	3,06	0,67%
Vegetación secundaria baja del Orobioma Subandino Nechí-San Lucas	4,83	1,06%
Total	457,43	100,00%

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

La Tabla 10.40, sintetiza la participación relativa de las áreas destinadas a acciones de preservación y restauración ecológica dentro de la alternativa Uso Sostenible. Del total del área priorizada, el 95,59 % corresponde a acciones de restauración con enfoque en recuperación ecológica, mientras que las acciones de preservación representan un 4,41 % del total. Esta distribución evidencia el carácter intensivo de la alternativa, orientado a la recuperación funcional de áreas con alto grado de transformación, en coherencia con el enfoque de intervención territorial definido para esta alternativa.

Tabla 10.40 Síntesis de áreas de preservación y restauración (recuperación) – Alternativa Uso Sostenible

Categoría de acción	Área (ha)	Porcentaje (%)
Preservación	20,20	4,41%
Restauración - recuperación	437,23	95,59%
Total	457,43	100,00%

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Las acciones propuestas en esta alternativa buscan contribuir a la sostenibilidad del arreglo de paisaje definido en el plan de compensación, actuando como un componente complementario que facilita la conectividad funcional entre núcleos de conservación priorizados, reduce la fragmentación del hábitat y promueve la corresponsabilidad de los actores locales en la conservación de la biodiversidad. De esta manera, la alternativa Uso sostenible aporta al cumplimiento integral de la obligación de compensación, fortaleciendo la coherencia territorial del plan y su viabilidad a largo plazo, en concordancia con los lineamientos del Manual de Compensaciones del Componente Biótico y las resoluciones que regulan el proyecto (ver Figura 10.55 y Figura 10.56).

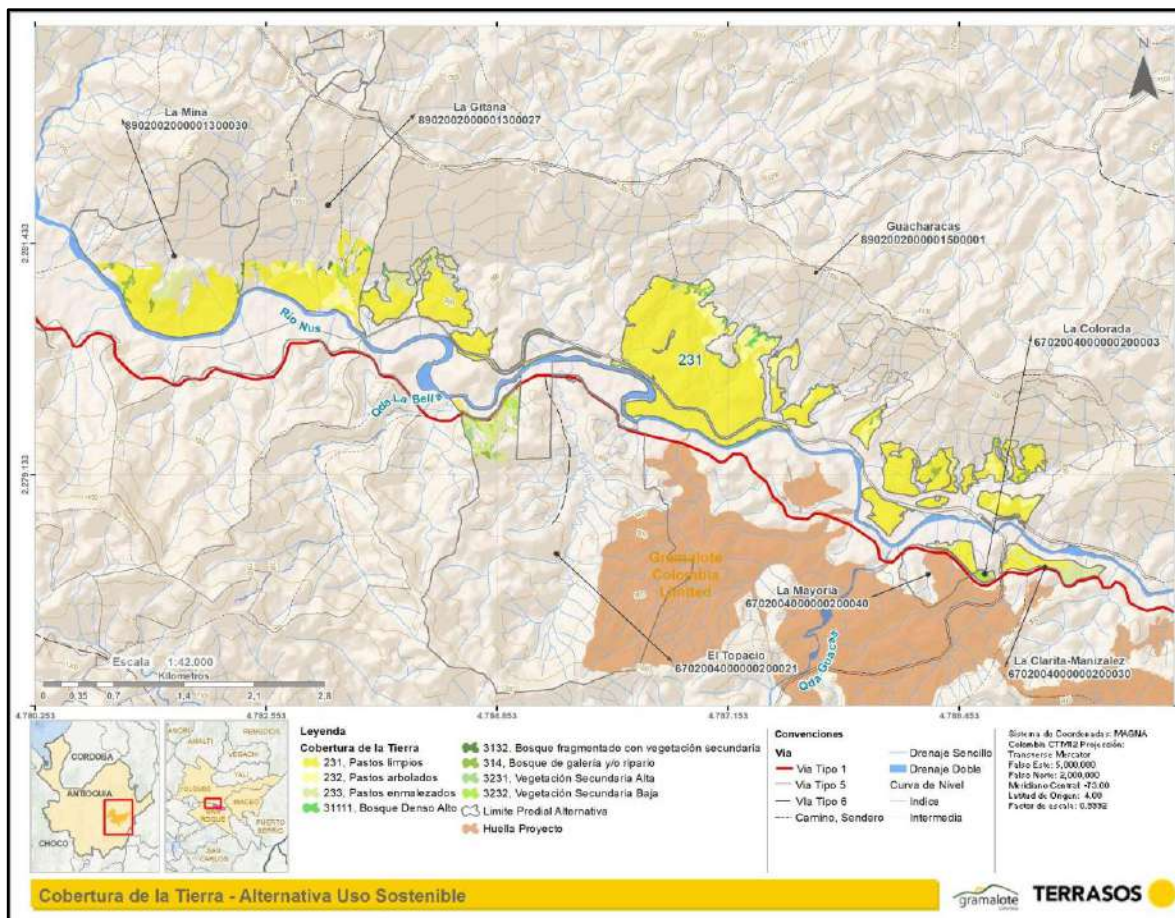


Figura 10.55 Mapa coberturas alternativa Uso sostenible

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

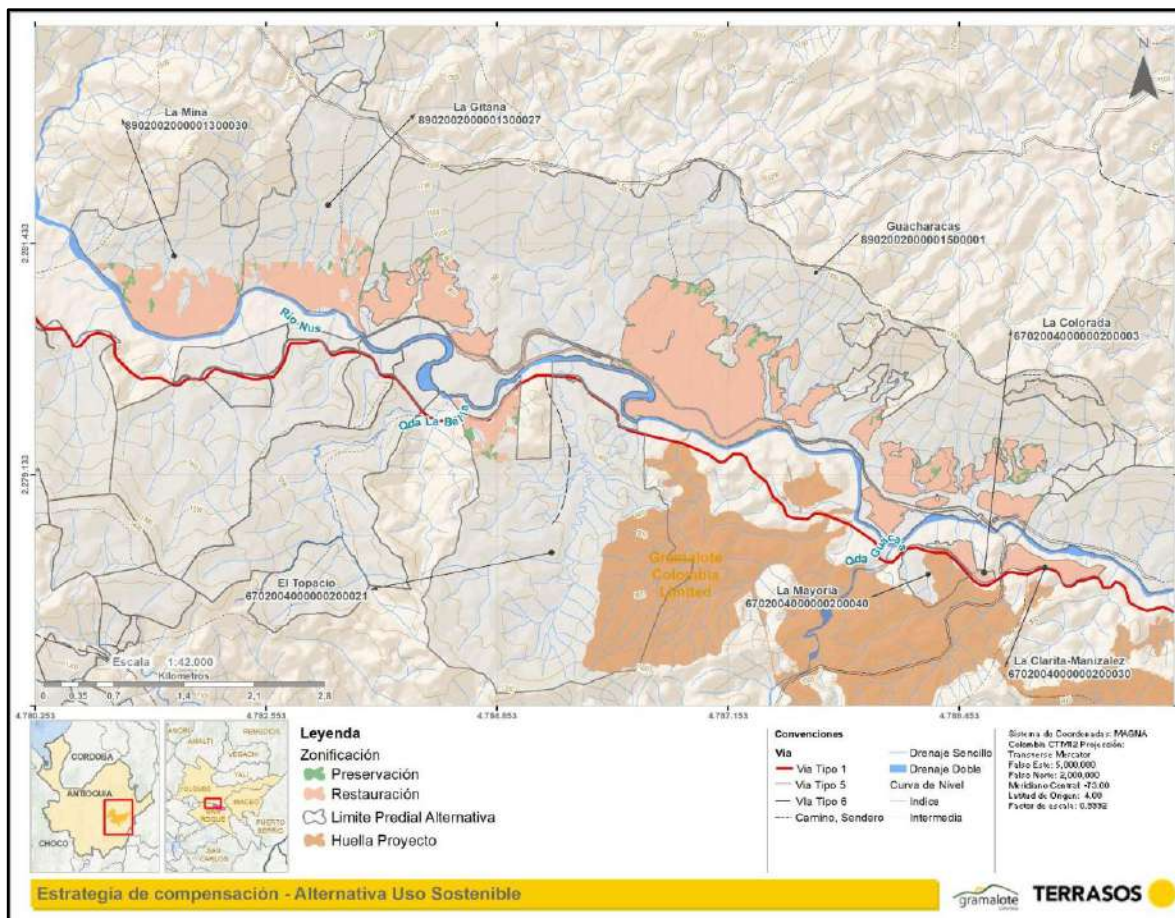


Figura 10.56 Zonificación alternativa Uso sostenible

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

De acuerdo con la cartografía de vocación del suelo del IGAC, presentada en la Figura 10.57, la Alternativa Uso Sostenible corresponde a un territorio altamente heterogéneo, donde confluyen vocaciones agrícolas, ganaderas, forestales y cuerpos de agua, organizadas principalmente a lo largo del eje hidrográfico del río Nus y sus drenajes asociados. Esta configuración refleja un paisaje con usos históricos intensivos en las áreas bajas y planas, y usos de mayor restricción ambiental en zonas con pendientes moderadas a altas.

Las vocaciones agrícola y ganadera se concentran en las terrazas y planicies aluviales adyacentes al río Nus y a la quebrada Guacas, sectores que presentan mayor accesibilidad y aptitud productiva, pero que al mismo tiempo cumplen un rol estratégico como zonas de transición entre el sistema hídrico y las áreas de ladera. En estos espacios se identificaron presiones antrópicas recurrentes, lo que justifica la necesidad de implementar acciones de manejo orientadas a la sostenibilidad del uso del suelo.

Por su parte, la vocación forestal se localiza de manera fragmentada en áreas de ladera, relictos de vegetación natural y zonas asociadas a drenajes secundarios, cumpliendo

funciones clave de protección del recurso hídrico, control de erosión y conectividad ecológica. Estas áreas representan el soporte principal para las acciones de preservación y restauración definidas dentro del Plan de Compensación.

En coherencia con esta lectura territorial, las acciones propuestas para la Alternativa Uso Sostenible priorizan la conservación de las áreas con vocación forestal y de protección hídrica, así como la restauración ecológica en franjas ribereñas y zonas de conflicto de uso, promoviendo prácticas compatibles con la vocación agrícola y ganadera del suelo. De esta manera, la estrategia de compensación se ajusta a los lineamientos del IGAC, garantizando que las medidas implementadas sean funcionales, ambientalmente viables y acordes con la capacidad real del territorio.

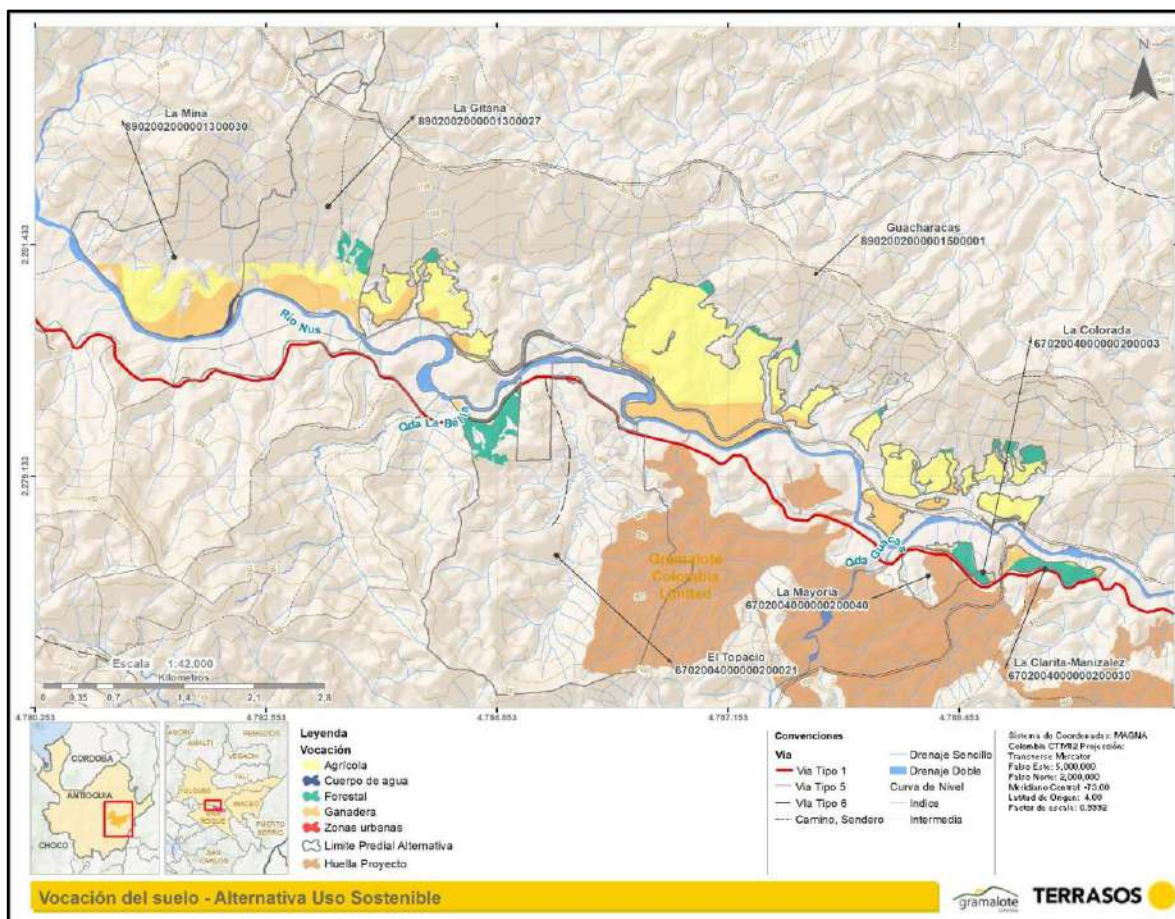


Figura 10.57 Vocación del suelo-Alternativa Uso sostenible
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

El análisis de la vocación del suelo para las alternativas de compensación seleccionadas evidencia que los predios propuestos presentan, en su mayoría, vocaciones forestales y de protección ambiental, complementadas en algunos casos por vocaciones agrícolas y ganaderas asociadas a zonas de menor pendiente y mayor intervención histórica. Esta condición territorial resulta favorable para la implementación de acciones de preservación,

restauración y uso sostenible, en la medida en que las medidas planteadas se ajustan a la capacidad de uso del suelo y a las funciones ecológicas que cada área desempeña.

La incorporación de la cartografía oficial de vocación del suelo del IGAC permite sustentar técnicamente la coherencia entre las acciones de compensación definidas en el Plan y las características biofísicas y productivas del territorio, reduciendo riesgos de incompatibilidad de uso y fortaleciendo la viabilidad ambiental y operativa de las alternativas. En este sentido, el Plan de Compensación adopta un enfoque territorial que reconoce las limitaciones y potencialidades del suelo, asegurando que las intervenciones propuestas contribuyan efectivamente a la recuperación y mantenimiento de los valores ecosistémicos asociados a la pérdida de biodiversidad generada por el proyecto.

10.1.1.8.4 ¿Cómo compensar?

De acuerdo con el proceso de afinamiento técnico del Plan de Compensación del Componente Biótico, y en coherencia con la actualización de coberturas de la tierra a escala detallada (1:7.500), se presentan las acciones de compensación definidas para las alternativas priorizadas. Se presenta una optimización de áreas, acciones y estrategias previamente aceptadas, en función de la actualización del cuánto compensar asociada a la modificación de licencia ambiental y al mayor nivel de detalle de la información territorial.

Las acciones, modos y mecanismos de compensación aquí planteados se estructuran conforme a los lineamientos del Manual de Compensaciones del Componente Biótico (MADS, 2018), en coherencia con el enfoque ecosistémico y el principio de no pérdida neta del componente biótico promovido por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. En este sentido, se integran criterios ecológicos, funcionales y de paisaje, priorizando la consolidación de un arreglo de conectividad que articule núcleos de conservación, corredores ecológicos y áreas estratégicas de rehabilitación en la cuenca del río Nus y su entorno regional, contribuyendo de manera verificable al mantenimiento y mejora de los atributos de composición, estructura y función ecosistémica.

En términos generales, el manual contempla acciones de preservación, restauración con un enfoque en rehabilitación y recuperación, como medidas orientadas a compensar los impactos residuales que generan pérdida de biodiversidad y que no pueden ser evitados, corregidos o mitigados. Para el presente plan, y atendiendo al horizonte de implementación propuesto de veinte (20) años, se priorizan las acciones de preservación y restauración, sin perjuicio de la incorporación de esquemas de uso sostenible como mecanismos complementarios en alternativas específicas.

Este enfoque busca, a escala de paisaje, restablecer la funcionalidad ecológica y fortalecer la conectividad entre el Magdalena Medio, el Oriente y el Nordeste antioqueño, favoreciendo el flujo de especies, la estabilidad de procesos ecológicos y la provisión de servicios ecosistémicos, sin pretender la restitución completa de la composición original de los ecosistemas.

E. Acciones de compensación

Las acciones de compensación definidas para el presente plan se fundamentan en el análisis detallado de las condiciones biofísicas, de uso del suelo y de presión antrópica identificadas en cada alternativa. Previo a la descripción específica de las acciones de

preservación y restauración, resulta necesario reconocer los factores limitantes y tensionantes presentes en el territorio, los cuales pueden incidir directa o indirectamente en la eficacia de las medidas propuestas.

La identificación temprana de estos factores permite incorporar estrategias de manejo, mitigación o control que reduzcan los riesgos asociados a la implementación del plan y contribuyan al logro de los objetivos de compensación en el mediano y largo plazo. En ausencia de estas consideraciones, los procesos de restauración y conservación podrían verse comprometidos por disturbios que afectan la composición, estructura y función de los ecosistemas intervenidos.

s. Factores tensionantes y limitantes: barreras para la preservación y la restauración

Los factores limitantes y tensionantes identificados en las alternativas de compensación corresponden a condiciones propias del sistema natural y a presiones externas de origen antrópico que influyen en la dinámica ecológica del territorio. Su análisis se realiza de manera integrada, considerando el contexto productivo, social y ambiental de la región.

IV. Factores limitantes

Los factores limitantes corresponden a condiciones inherentes al sistema que restringen su capacidad de recuperación o desarrollo natural y que, en muchos casos, se ven intensificadas por actividades humanas. En las alternativas de compensación definidas se identificaron los siguientes factores limitantes:

- Fenómenos climáticos adversos, asociados a periodos prolongados de sequía o a eventos de precipitación intensa, que superan los rangos de tolerancia ecofisiológica de las especies y afectan los procesos de establecimiento y regeneración vegetal.
- Limitantes edáficas, relacionadas con suelos de baja fertilidad, alta compactación, deficiencia de materia orgánica y nutrientes esenciales, así como drenajes inadecuados, que restringen el desarrollo radicular y el crecimiento de la vegetación.
- Susceptibilidad a procesos erosivos y de remoción en masa, especialmente en zonas con pendientes pronunciadas y coberturas degradadas, lo cual incrementa el riesgo de pérdida de suelo y afecta la estabilidad de los ecosistemas intervenidos.

V. Factores tensionantes

Los factores tensionantes corresponden a estímulos externos que ejercen presión sobre los sistemas naturales, alterando su estructura, composición y función ecológica, con intensidades variables. En el área de influencia de las alternativas seleccionadas se identificaron los siguientes factores tensionantes relevantes:

- Actividades de pastoreo extensivo, que fragmentan el paisaje, generan compactación del suelo, afectan la regeneración natural y alteran la estructura de las rondas hídricas, particularmente en zonas utilizadas como abrevaderos para el ganado.
- Minería informal, que puede modificar la morfología de los cauces, generar contaminación hídrica y promover la remoción de coberturas naturales en áreas adyacentes a los cuerpos de agua.

- Actividades de caza y tráfico de fauna silvestre, identificadas de manera puntual en el territorio, con potencial impacto sobre las dinámicas poblacionales de especies clave y sobre las interacciones ecológicas del ecosistema.
- Tala selectiva de especies maderables, que reduce las densidades poblacionales de especies forestales de interés, dificulta los procesos de regeneración y altera las relaciones ecológicas entre flora y fauna.
- Procesos de reasentamiento humano en inmediaciones de algunas alternativas, que pueden intensificar presiones antrópicas como el uso de leña, el pastoreo y la apertura de áreas para actividades productivas, si no se articulan adecuadamente con las acciones de compensación.
- Incendios forestales asociados a prácticas agropecuarias tradicionales, particularmente quemas para el mantenimiento de potreros, que representan un riesgo significativo para las áreas de preservación y rehabilitación, además de afectar las condiciones físicas y químicas del suelo.

A partir de este análisis, las acciones de compensación se diseñan incorporando medidas de manejo adaptativo que permitan reducir la incidencia de estos factores, garantizando la viabilidad técnica y ecológica del plan. En la Tabla 10.41 se presenta un resumen integrado de los factores limitantes y tensionantes identificados en las alternativas seleccionadas, información que sirve de base para la definición de las estrategias de preservación, rehabilitación y uso sostenible descritas en los numerales siguientes.

Tabla 10.41 Barreras a la conservación y rehabilitación identificadas en las alternativas de compensación propuestas

Alternativa	Actividades de pastoreo	Explotación de minería ilegal	Tala selectiva de especies maderables	Reasentamientos humanos en inmediaciones
Guacharacas	X	X	X	X
Florida	X	X		
Tucumán	X	X	X	
Bosques de San Roque		X		
La Herradura	X	X		X
La Montaña		X	X	X
Majagual – Recreo	X	X		X
Palestina – Diluvio	X	X	X	X
La Estrella		X	X	
Reserva San Pedro	X	X		
Alto Guacas	X	X		
Mulutal		X		
Socorro	X	X		
Uso sostenible	X			

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Como puede apreciarse en la Tabla 10.41, uno de los principales factores que condiciona la efectividad de las acciones de preservación y restauración en las alternativas seleccionadas es la presencia de minería informal, la cual, de acuerdo con la valoración cualitativa realizada en la etapa dos (2) del análisis territorial multivariado, se manifiesta en la totalidad de las alternativas en diferentes grados de intensidad. Esta actividad genera presiones directas sobre los cuerpos de agua, las coberturas naturales y la estabilidad de los suelos, incrementando la fragmentación del paisaje, la degradación de las rondas hídricas y el riesgo de contaminación, lo que obliga a incorporar medidas de manejo, control y seguimiento específicas para mitigar sus efectos y asegurar la viabilidad de las acciones de compensación propuestas.

Adicionalmente, se identifica que varias de las alternativas seleccionadas se desarrollan en contextos con alta interacción antrópica asociada a actividades productivas tradicionales, principalmente ganadería extensiva, lo cual se traduce en procesos de compactación del suelo, ramoneo, uso intensivo de las rondas hídricas y limitaciones para la regeneración natural de la vegetación. En este sentido, la implementación de las acciones de compensación deberá articularse con estrategias de manejo predial, acuerdos de conservación y delimitación efectiva de áreas de intervención, con el fin de reducir los efectos de estos factores tensionantes y garantizar la sostenibilidad de las medidas a largo plazo.

Así mismo, es relevante señalar que un subconjunto de las alternativas definidas se encuentra asociado a procesos de reasentamiento de comunidades vinculadas al proyecto. Esta condición, si bien representa un factor tensionante potencial, también constituye una oportunidad para fortalecer la apropiación social del plan de compensación. Para ello, será indispensable el desarrollo de estrategias permanentes de socialización, educación ambiental y participación comunitaria, orientadas a alinear las dinámicas de ocupación y uso del territorio con los objetivos de conservación, rehabilitación y conectividad ecológica planteados, de manera que la presencia humana contribuya de forma activa a la consolidación de las acciones de compensación y no a su deterioro.

t. Acciones específicas para implementar en las alternativas seleccionadas

Las acciones específicas de compensación ambiental a implementar en las alternativas seleccionadas se definen a partir de la información oficial consolidada en las capas y bases de datos del Plan de Compensación del Componente Biótico, en particular aquellas asociadas a la clasificación de acciones y diseños validadas para el proyecto. En este sentido, el presente numeral no introduce nuevas tipologías de acción, sino que describe y articula técnicamente las acciones ya definidas y especializadas en las alternativas de compensación aprobadas, a partir de la actualización de la interpretación de coberturas.

De conformidad con dicha información, las acciones de compensación se agrupan en dos (2) categorías principales: Preservación y Restauración, esta última diferenciada en Rehabilitación y Recuperación, las cuales se implementan de manera diferenciada según las condiciones ecológicas, de cobertura y de uso del suelo identificadas en cada alternativa.

Las acciones de compensación definidas se agrupan en cuatro (4) tipologías principales: preservación, rehabilitación ecológica, enriquecimiento ecológico y uso sostenible, cuya aplicación en cada alternativa responde a los criterios técnicos establecidos a continuación.

VI. Acciones de preservación

Las acciones de preservación corresponden a aquellas orientadas a mantener en el tiempo las coberturas naturales y seminaturales existentes, evitando su degradación adicional y asegurando la permanencia de sus funciones ecológicas. Estas acciones se implementan principalmente en áreas que conservan una cobertura vegetal continua o fragmentos con relevancia ecológica dentro de las alternativas de compensación.

De acuerdo con la base oficial de compensación, las acciones de preservación se materializan mediante acuerdos de conservación, servidumbres ecológicas, esquemas de incentivos y otras figuras de manejo orientadas a la protección de la cobertura existente, sin implicar transformaciones activas del uso del suelo, garantizar su permanencia en el tiempo, a través de la formalización de incentivos a la conservación y una reconversión productiva y la generación y reporte de información y conocimiento biótico de la zona a partir de los monitoreo y seguimiento de los indicadores de impacto en biodiversidad. Estas acciones se concentran en sectores priorizados dentro de las alternativas, tales como bosques y fragmentos de vegetación secundaria en estados avanzados de sucesión, considerados como áreas estratégicas para la conectividad ecológica y la complementariedad de las acciones de restauración, para los cuales, se busca asegurar el mantenimiento de sus condiciones naturales a lo largo del tiempo, incluyéndolos en el marco del seguimiento de una obligación ambiental, que los proteja de potenciales modificaciones que se deriven de las intenciones de sus propietarios.

La implementación de estas acciones busca asegurar la estabilidad de la cobertura vegetal, reducir presiones antrópicas y contribuir a la no pérdida neta de biodiversidad en el contexto del paisaje intervenido por el proyecto.

VII. Acciones de restauración

Las acciones de restauración se orientan a la recuperación de áreas con coberturas seminaturales y transformadas, en las cuales se ha identificado pérdida de estructura, función ecológica o conectividad. En coherencia con la información oficial del Plan, estas acciones se diferencian en rehabilitación y recuperación, según la intensidad de intervención requerida.

La rehabilitación se aplica en áreas que presentan un mayor grado de degradación, donde es necesario implementar intervenciones activas para restablecer progresivamente la funcionalidad ecológica. Estas áreas corresponden principalmente a coberturas de pastos limpios, pastos arbolados, pastos enmalezados y sectores con vegetación secundaria baja.

Las acciones de rehabilitación se orientan a mejorar la estructura de la vegetación, favorecer la regeneración natural, estabilizar el suelo y fortalecer la conectividad entre fragmentos de cobertura natural. En este contexto, la rehabilitación constituye un componente central del esquema de compensación en aquellas alternativas con mayor nivel de transformación del paisaje.

La recuperación se implementa en áreas que, si bien han sido transformadas, conservan condiciones biofísicas favorables que permiten el restablecimiento de la cobertura vegetal con intervenciones de menor intensidad. Estas acciones buscan acelerar los procesos naturales de regeneración y mejorar las condiciones estructurales del paisaje, a partir de la implementación de arreglos enmarcados en los principios de las herramientas de manejo del paisaje (HMP).

Las áreas objeto de recuperación se identifican principalmente en sectores con cobertura secundaria incipiente o en transición, donde el manejo adecuado permite restituir gradualmente los atributos ecológicos del ecosistema y fortalecer su integración al paisaje circundante.

De esta forma, se propone que las acciones con enfoque en recuperación sean una oportunidad que contribuya a la resolución de problemáticas sociales como la informalidad y el desempleo en la región, a partir de la generación de ofertas laborales operativas y técnicas requeridas para la ejecución de las acciones, al mismo tiempo que busca generar sensibilización en la comunidad sobre la importancia de la conservación de las áreas naturales y mitigar los tensionantes actuales identificados sobre estas, promoviendo la coexistencia entre las dinámicas socioeconómicas tradicionales y la conservación de los recursos naturales.

De esta forma se proponen diseños que consideran las intensas presiones agrícolas y ganaderas presentes en la zona. Por lo tanto, se busca articular procesos de rehabilitación y recuperación ecológica, a través de diseños de nucleación, Sistemas Agroforestales (SAF) y Herramientas de Manejo del Paisaje (HMP) como acciones de conservación, con el objetivo de que a partir de estas se promueva dicha no pérdida neta en biodiversidad. De manera que, esta propuesta no solo responde a los requerimientos ambientales del proyecto, sino que también se alinea con la dinámica social del territorio, considerando las necesidades y problemáticas de la comunidad y con el marco normativo de las compensaciones en el país.

Es importante resaltar que las acciones de preservación, rehabilitación y recuperación se implementan de manera articulada dentro de cada alternativa de compensación, de acuerdo con la zonificación interna definida y con las características específicas de las coberturas y usos actuales del suelo presentes en los predios. La distribución espacial de estas acciones corresponde a la información contenida en las capas oficiales del Plan y refleja un ajuste técnico de áreas y alcances, sin modificar las tipologías de acción previamente aprobadas.

En conjunto, estas acciones permiten dar cumplimiento a las obligaciones de compensación del componente biótico del Proyecto Gramalote, manteniendo coherencia con la información oficial consolidada, con los lineamientos del Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018) y con las decisiones adoptadas por la Autoridad Ambiental, en el marco del proceso de ajuste y afinamiento del Plan. A continuación, se describen estas actividades, las cuales, se mantienen respecto a aquellas aprobadas previamente para la compensación del medio biótico del proyecto, en el marco de su licenciamiento ambiental.

VIII. Aislamientos para evitar ramoneo y daños causados por terceros

Las actividades ganaderas y otros usos antrópicos presentes en el entorno de las alternativas de compensación constituyen factores tensionantes que pueden afectar la efectividad de las acciones de conservación y restauración definidas en el presente Plan. En particular, el ingreso de ganado a las áreas objeto de compensación puede generar ramoneo, pisoteo y compactación del suelo, afectando el establecimiento de la vegetación y los procesos iniciales de regeneración y recuperación ecológica.

En este contexto, se contempla la implementación de aislamientos perimetrales como una medida de manejo complementaria, orientada a reducir las perturbaciones externas y a proteger las áreas donde se desarrollan acciones de preservación, rehabilitación y recuperación. La necesidad de implementar dichos aislamientos, así como su extensión y características generales, se evaluará de manera específica para cada alternativa y predio, considerando el uso actual del suelo en las áreas colindantes y el nivel de presión antrópica identificado.

En aquellos sectores donde las áreas de compensación colindan con potreros u otras áreas con presencia permanente de ganado, se priorizará la implementación de aislamientos tipo ganadero, cuya función principal será impedir el ingreso de animales a las zonas de intervención y proteger los procesos ecológicos en curso. De manera general, estos aislamientos corresponden a cercas compuestas por hilos de alambre de púa soportados en estacones o elementos estructurales, dispuestos de forma tal que garanticen la efectividad del cerramiento y su estabilidad en el tiempo.

Las especificaciones técnicas particulares de los aislamientos (materiales, número de hilos, espaciamientos y sistemas de anclaje) se definirán durante la fase de implementación, atendiendo a las condiciones topográficas, prediales y de uso del suelo de cada alternativa, y sin perjuicio de los ajustes que resulten necesarios para asegurar su funcionalidad y durabilidad. En todos los casos, los aislamientos se conciben como una medida de apoyo a las acciones de compensación y no como una acción independiente.

La longitud estimada de los aislamientos requeridos en cada alternativa de compensación se presenta de manera consolidada en la tabla correspondiente, de acuerdo con la zonificación interna y con la distribución espacial de las acciones definidas en el presente Plan (Figura 10.58).

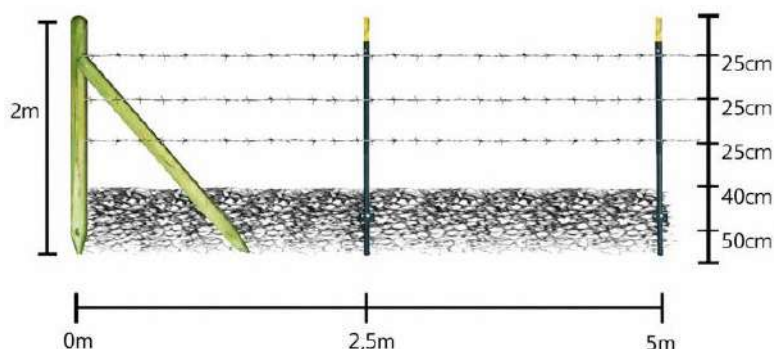


Figura 10.58 Aislamientos tipo 1
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Como se ilustra en la Figura 10.58, el aislamiento se dispone mediante varias cuerdas de alambre de púa, donde la cuerda inferior se ubica a una altura aproximada de 40 cm respecto al nivel del suelo, mientras que las cuerdas superiores presentan un espaciamiento aproximado de 25 cm entre sí, configuración que permite impedir el ingreso de ganado y reducir afectaciones a las áreas objeto de compensación. Los alambres de púa se fijan a los elementos estructurales del cerramiento mediante sistemas de sujeción convencionales, tales como alambre galvanizado liso o grapas, garantizando la estabilidad y funcionalidad del aislamiento en el tiempo.

La longitud estimada de los aislamientos a implementar en cada una de las alternativas de compensación se presenta de manera consolidada en la Tabla 10.42, de acuerdo con la zonificación interna definida y la distribución espacial de las acciones de conservación y restauración establecidas en el presente Plan. Las longitudes efectivas de estos cercados serán reportadas a la Autoridad, conforme se tenga el avance y una vez se finalice con la actividad para las alternativas priorizadas.

Tabla 10.42 Longitud aislamientos por alternativa

Alternativa	Longitud (km)
Alternativa Guacharacas	188,82
Alternativa Socorro	58,27
Alternativa La Montaña	28,47
Alternativa Bosques de San Roque	50,93
Alternativa Mulutal	35,23
Alternativa Palestina – Diluvio	44,11
Alternativa Uso sostenible	115,89
Alternativa La Herradura	35,93
Alternativa Tucumán	39,33
Alternativa Alto Guacas	23,66
Alternativa Florida	15,69
Alternativa Reserva San Pedro	9,10
Alternativa Majagual – Recreo	27,07
Alternativa La Estrella	6,37
Total	678,87

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

IX. Franjas cortafuegos

Las actividades de quema asociadas a usos ganaderos y prácticas de manejo del suelo constituyen un factor tensionante recurrente en el entorno de algunas alternativas de compensación, con potencial de generar afectaciones indirectas sobre las áreas donde se implementan acciones de preservación y restauración. En este contexto, se contempla la implementación de franjas cortafuegos como una medida preventiva de manejo, orientada a reducir el riesgo de propagación del fuego hacia las zonas objeto de compensación.

Las franjas cortafuegos se establecerán de manera focalizada en aquellos sectores donde, con base en el análisis del contexto predial y del uso del suelo circundante, se identifique una mayor susceptibilidad a la ocurrencia de incendios. Estas franjas se disponen generalmente a lo largo del perímetro de las áreas intervenidas o en puntos estratégicos de control, y se materializan mediante la remoción manual o mecánica de la vegetación herbácea y del material fácilmente inflamable, con el fin de generar una discontinuidad en la carga combustible.

El ancho y configuración de las franjas cortafuegos se definirán de acuerdo con las condiciones específicas de cada alternativa y el nivel de riesgo identificado, considerando criterios técnicos de prevención y control de incendios, sin adoptar diseños rígidos o uniformes para todos los predios. Esta medida se implementará exclusivamente en sectores transformados o de uso antrópico, tales como áreas de pastos o coberturas intervenidas, y en ningún caso implicará el retiro, tala o afectación de vegetación de tipo forestal ni la intervención directa sobre coberturas de bosque o áreas seminaturales, en coherencia con lo establecido en la Resolución 725 de 2022 y sus actos administrativos complementarios.

La localización específica de las franjas cortafuegos que se implementen será delimitada cartográficamente y reportada a la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales como parte de los informes de seguimiento del Plan de Compensación del Componente Biótico, con el

fin de permitir su verificación, control y evaluación de efectividad en la protección de las áreas donde se desarrollan las acciones de compensación (ver Figura 10.59).



Figura 10.59 Representación esquemática de una franja cortafuegos
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

X. Restauración ecológica activa mediante la siembra y mantenimiento de plántulas nativas

Las acciones de restauración ecológica activa se orientan a favorecer la recuperación progresiva de la estructura y funcionalidad de los ecosistemas en aquellas áreas de compensación que presentan coberturas transformadas o seminaturales con limitaciones para la regeneración natural autónoma. Estas acciones se implementan principalmente en sectores con coberturas de pastos limpios, pastos arbolados, pastos enmalezados y vegetación secundaria temprana o intermedia, donde se requiere una intervención directa para acelerar los procesos sucesionales. Estas acciones tendrán un enfoque de rehabilitación en todas las alternativas propuestas a excepción de aquella denominada “Uso sostenible”, en la cual, se implementarán acciones con enfoque de recuperación a través de la implementación de SAF y HMP, en una estrategia que busca contribuir integralmente al desarrollo sostenible de la zona con la conservación de los recursos naturales y la generación de la no pérdida neta en biodiversidad.

La restauración activa contempla el establecimiento y mantenimiento de plántulas de especies vegetales nativas, complementando los procesos de regeneración natural existentes y contribuyendo a la mejora de la conectividad ecológica y de la estabilidad del suelo. La intensidad y modalidad de estas intervenciones se ajustarán a las condiciones específicas de cada alternativa, considerando el estado sucesional de la cobertura, las características edáficas y topográficas, y las presiones antrópicas identificadas en el entorno.

Las acciones de establecimiento se podrán desarrollar mediante arreglos de siembra adaptativos, tales como la conformación de núcleos de vegetación, el fortalecimiento de individuos de regeneración natural presentes y el acompañamiento de especies con diferentes requerimientos ecofisiológicos, sin que ello implique la adopción de diseños

rígidos o uniformes para todas las áreas de compensación. El mantenimiento asociado a estas acciones se orienta a asegurar la supervivencia de las plántulas establecidas y a reducir factores limitantes durante las etapas iniciales de recuperación.

a. Criterios para la selección de especies

La selección de las especies obedece a los resultados de composición y estructura de la caracterización florística del Estudio de Impacto Ambiental (EIA, MEIA). Así, la selección de especies tuvo en cuenta los resultados de la distribución altimétrica, el Índice de Valor de Importancia (IVI), el Índice de Predominio Fisiológico (IPF), la regeneración natural y las especies de interés para la conservación; así mismo se incluyeron las especies propagadas y manejadas en el Centro de Desarrollo Ambiental y Vivero Forestal Gramalote.

En este sentido, los índices IVI e IPF permiten en términos estructurales seleccionar las especies con las mayores abundancias, frecuencias y dominancias, siendo estas las especies con mayor importancia ecológica y mayor potencial de servir como fuente de germoplasma y/o de bancos de plántulas. Por su parte, la razón de incluir las especies más predominantes en la regeneración natural (brinzales y latizales) es la de promover procesos de sucesión natural temprana en las primeras fases de la rehabilitación. Finalmente, al incluir las especies amenazadas y endémicas se busca adicionar a la composición de las comunidades aquellas especies que por presiones principalmente de tala selectiva presentan poblaciones reducidas y tienen una menor probabilidad de establecerse y recuperarse de manera natural en la zona.

Las especies con potencial para ser incluidas en las estrategias de rehabilitación activa fueron asociadas en tres (3) grupos funcionales de acuerdo con su ecofisiología, sus capacidades para tolerar condiciones extremas y sus tasas de crecimiento. En este sentido, la selección de las especies y su inclusión en los arreglos florísticos de las estrategias de rehabilitación activa se hará con relación a las necesidades ecofisiológicas de las especies, así:

Especies pioneras: árboles, arbustos y palmas de crecimiento rápido capaces de tolerar plena exposición solar y periodos de sequía. Estas especies pueden proporcionar hábitat a especies de fauna, así como generar grandes cantidades de hojarasca, generar sombra en el suelo y ocupar masivamente la rizosfera, razones por las cuales pueden controlar la proliferación de pastos, especialmente pastos introducidos.

Especies secundarias iniciales: árboles, arbustos, helechos arbóreos y palmas de crecimiento rápido que en el largo plazo pueden conformar una matriz de árboles grandes y comunes en el ecosistema. Suelen presentar tamaños mayores a 12 m y son fuente de alimento y hábitat para aves y mamíferos.

Especies tardías: corresponden a especies de árboles, helechos arbóreos y palmas de crecimiento lento, de maderas densas u cuyas poblaciones se han visto considerablemente reducidas por la sobreexplotación de madera y la pérdida de hábitat. Debido a que estas especies requieren condiciones de sombra y/o semisombra en las etapas juveniles, deben ser acompañadas por especies pioneras y secundarias iniciales en los arreglos florísticos de la rehabilitación activa.

Se aclara que el listado de la Tabla 10.43, presenta las especies con mayor potencial para propagación y/o adquisición en viveros comerciales (registrados en el Instituto Colombiano Agropecuario – ICA). No obstante, la disponibilidad y abundancia de dichas especies dependerá del acervo existente en los bancos de germoplasma de la región, así como de la oferta estacional de frutos y semillas.

Este listado podrá enriquecerse con otras especies a medida que se avance en la implementación de los protocolos de propagación y/o manejo, siempre que su distribución biogeográfica sea consistente con las áreas de equivalencia ecológica definidas para el proyecto y que correspondan a especies nativas sin categoría de invasoras.

Se precisa, igualmente, que el listado contenido en la Tabla 10.43 corresponde al evaluado y aprobado por la Autoridad Ambiental mediante la Resolución 725 del 7 de 2022 y su modificatoria, la Resolución 1168 de 2025.

Dentro del listado se incluyen dos especies: *Platymiscium pinnatum* y *Lonchocarpus alternifoliolatus*. Si bien la literatura especializada las clasifica como especies maderables, en el área de influencia del proyecto presentan baja demanda comercial, debido a la alta tortuosidad y baja rectitud del fuste, condición que limita su aptitud para aprovechamiento forestal.

La inclusión de estas dos (2) especies se realizó considerando lo establecido en el numeral 4 del artículo Séptimo de la Resolución 725 de 2022, mediante el cual la Autoridad indicó que el listado debía contemplar hasta un máximo del veinte por ciento (20%) de especies forestales maderables.

En aplicación de dicho criterio, del total de especies potenciales propuestas (101 especies), veinte (20) corresponden a especies clasificadas como maderables, manteniéndose dentro del límite porcentual establecido por la Autoridad

Tabla 10.43 Especies con potencial para la rehabilitación ecológica

Familia	Especie	Hábito	Origen	Amenaza	Grupo funcional	Maderable
Acanthaceae	Trichanthera gigantea	Arbolito, árbol	Nativa	LC	Pionera	No
Anacardiaceae	Anacardium excelsum	Árbol	Nativa	NT	Secundaria inicial	Si
Anacardiaceae	Mauria heterophylla	Arbusto, árbol	Nativa	NE	Secundaria inicial	No
Anacardiaceae	Ochoterena colombiana	Arbusto, arbolito, árbol	Nativa	NE	Pionera	No
Anacardiaceae	Spondias mombin	Árbol	Nativa	LC	Secundaria inicial	No
Anacardiaceae	Tapirira guianensis	Arbusto, Arbolito, árbol	Nativa	LC	Secundaria inicial	Si
Annonaceae	Rollinia pittieri	Árbol	Nativa	NE	Secundaria inicial	No
Annonaceae	Xylopia aromatica	Árbol	Nativa	NE	Pionera	No
Annonaceae	Xylopia frutescens	Arbolito, árbol	Nativa	NE	Pionera	No
Apocynaceae	Aspidosperma megalocarpon	Árbol	Nativa	NT	Tardía	Si
Apocynaceae	Lacmellea panamensis	Arbolito, árbol	Nativa	NE	Tardía	No
Aptandraceae	Aptandra tubicina	Arbusto, árbol	Nativa	NE	Tardía	No
Arecaceae	Attalea amygdalina	Palma acaule	Endémica	EN	Tardía	No
Arecaceae	Bactris gasipaes	Palma cespitosa	Nativa	VU	Secundaria inicial	No
Arecaceae	Euterpe precatoria	Palma solitaria	Nativa	LC	Pionera	No
Asteraceae	Piptocoma discolor	Árbol	Nativa	NE	Pionera	No
Bignoniaceae	Handroanthus chrysanthus	Árbol	Nativa	LC	Secundaria inicial	Si
Bignoniaceae	Handroanthus serratifolius	Árbol	Nativa	NE	Secundaria inicial	Si
Bignoniaceae	Jacaranda hesperia	Arbolito, árbol	Endémica	NE	Secundaria inicial	No
Bixaceae	Bixa orellana	Arbusto, arbolito, árbol	Nativa	NE	Pionera	No
Bixaceae	Cochlospermum orinocense	Árbol	Nativa	LC	Pionera	No

Familia	Especie	Hábito	Origen	Amenaza	Grupo funcional	Maderable
Bobacaceae	Pachira aquatica	Árbol	Nativa	EN	Secundaria inicial	No
Burseraceae	Protium macrophyllum	Árbol	Endémica	NE	Tardía	No
Calophyllaceae	Calophyllum brasiliense	Árbol	Nativa	LC	Secundaria inicial	Si
Cannabaceae	Trema micrantha	Arbusto, árbol	Nativa	NE	Pionera	No
Cardiopteridaceae	Dendrobangia boliviana	Arbolito, árbol	Nativa	NE	Secundaria inicial	Si
Clusiaceae	Clusia pallida	Árbol, epífita	Nativa	NE	Pionera	No
Clusiaceae	Garcinia madruno	Arbolito, árbol	Nativa	LC	Secundaria inicial	No
Cyatheaceae	Cyathea andina	Helecho arborescente	Nativa	NE	Tardía	No
Cyatheaceae	Cyathea horrida	Helecho arborescente	Nativa	NE	Tardía	No
Cyatheaceae	Cyathea microdonta	Helecho arborescente	Nativa	NE	Tardía	No
Cyatheaceae	Cyathea poeppigii	Helecho arborescente	Nativa	NE	Secundaria inicial	No
Erythroxylaceae	Erythroxylum citrifolium	Arbusto, árbol	Nativa	NE	Secundaria inicial	No
Erythroxylaceae	Erythroxylum panamense	Arbusto, arbolito, árbol	Nativa	NE	Secundaria inicial	No
Euphorbiaceae	Acalypha diversifolia	Arbusto	Nativa	LC	Pionera	No
Euphorbiaceae	Hura crepitans	Árbol	Nativa	NE	Pionera	No
Euphorbiaceae	Tetrorchidium rubrivenium	Arbolito	Nativa	LC	Secundaria inicial	No
Fabaceae	Calliandra pittieri.	Árbol, arbusto	Nativa	LC	Pionera	No
Fabaceae	Cassia grandis	Árbol	Nativa	LC	Pionera	No
Fabaceae	Clathrotropis brunnea	Árbol	Nativa	EN	Tardía	Si
Fabaceae	Enterolobium cyclocarpum	Árbol	Nativa	NE	Pionera	Si
Fabaceae	Hymenaea courbaril	Árbol	Nativa	NT	Secundaria inicial	Si
Fabaceae	Inga spectabilis	Árbol	Nativa	LC	Pionera	No
Fabaceae	Inga thibaudiana	Árbol	Nativa	NE	Pionera	No

Familia	Especie	Hábito	Origen	Amenaza	Grupo funcional	Maderable
Fabaceae	<i>Peltogyne paniculata</i>	Árbol	Nativa	NT	Tardía	Si
Fabaceae	<i>Prioria copaifera</i>	Árbol	Nativa	LC	Tardía	No
Fabaceae	<i>Samanea saman</i>	Árbol	Nativa	NE	Pionera	No
Fabaceae	<i>Schizolobium parahyba</i>	Árbol	Nativa	NE	Pionera	No
Fabaceae	<i>Senna spectabilis</i>	Arbolito, árbol	Nativa	LC	Pionera	No
Fabaceae	<i>Zygia longifolia</i>	Arbusto, arbolito, árbol	Nativa	LC	Pionera	No
Hypericaceae	<i>Vismia baccifera</i>	Arbusto, arbolito, árbol	Nativa	LC	Pionera	No
Hypericaceae	<i>Vismia lauriformis</i>	Arbusto, arbolito, árbol	Nativa	NE	Pionera	No
Hypericaceae	<i>Vismia macrophylla</i>	Arbusto, Arbolito, árbol	Nativa	NE	Pionera	No
Lacistemataceae	<i>Lacistema aggregatum</i>	Arbusto, Árbol	Nativa	LC	Secundaria inicial	No
Lamiaceae	<i>Hyptidendron arboreum</i>	Árbol	Nativa	VU	Secundaria inicial	No
Lauraceae	<i>Aniba muca</i>	Árbol	Nativa	NE	Tardía	Si
Lauraceae	<i>Aniba perutilis</i>	Árbol	Nativa	CR	Tardía	Si
Lauraceae	<i>Cinnamomum triplinerve</i>	Árbol	Nativa	LC	Secundaria inicial	No
Lauraceae	<i>Nectandra membranacea</i>	Árbol	Nativa	LC	Secundaria inicial	No
Lauraceae	<i>Persea caerulea</i>	Árbol	Nativa	NE	Pionera	No
Lecythidaceae	<i>Cariniana pyriformis</i>	Árbol	Nativa	CR	Secundaria inicial	Si
Lecythidaceae	<i>Couratari guianensis</i>	Árbol	Nativa	VU	Tardía	Si
Magnoliaceae	<i>Magnolia silvioi</i>	Árbol	Endémica	EN	Tardía	Si
Malpighiaceae	<i>Byrsonima spicata</i>	Arbusto, Árbol	Nativa	LC	Secundaria inicial	No
Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	Árbol	Nativa	LC	Secundaria inicial	No
Malvaceae	<i>Huberodendron patinoi</i>	Árbol	Nativa	VU	Tardía	No
Malvaceae	<i>Luehea seemannii</i>	Árbol	Nativa	NE	Pionera	No
Melastomataceae	<i>Bellucia pentamera</i>	Arbusto, Arbolito, Árbol	Nativa	NE	Pionera	No

Familia	Especie	Hábito	Origen	Amenaza	Grupo funcional	Maderable
Melastomataceae	Conostegia extintoria	Arbusto, Arbolito, árbol	Nativa	NE	Secundaria inicial	No
Melastomataceae	Miconia minutiflora	Arbusto, arbolito, árbol	Nativa	NE	Pionera	No
Melastomataceae	Tococa guianensis	Arbusto	Nativa	NE	Pionera	No
Meliaceae	Cedrela odorata	Árbol	Nativa	EN	Pionera	Si
Meliaceae	Guarea guidonia	Arbolito, árbol	Nativa	LC	Secundaria inicial	No
Moraceae	Ficus pallida	Árbol	Nativa	NE	Pionera	No
Myristicaceae	Virola flexuosa	Arbolito, árbol	Nativa	NE	Secundaria inicial	No
Myrtaceae	Eugenia biflora	Arbusto	Nativa	NE	Pionera	No
Myrtaceae	Psidium guajava	Arbusto, arbolito, árbol	Nativa	LC	Pionera	No
Ochnaceae	Cespedesia spathulata	Árbol	Nativa	NE	Pionera	No
Peraceae	Pera arborea	Árbol	Nativa	NE	Secundaria inicial	No
Piperaceae	Piper aduncum	Arbusto	Nativa	LC	Pionera	No
Poaceae	Guadua angustifolia	Herbácea gigante	Nativa	LC	Pionera	No
Podocarpaceae	Podocarpus oleifolius	Árbol	Nativa	VU	Tardía	Si
Primulaceae	Myrsine coriacea	Arbusto, arbolito, árbol	Nativa	NE	Pionera	No
Primulaceae	Myrsine pellucidopunctata	Árbol	Nativa	NE	Pionera	No
Proteaceae	Roupala montana	Arbusto, árbol	Nativa	NE	Pionera	No
Rubiaceae	Genipa americana	Arbusto, arbolito, árbol	Nativa	LC	Pionera	No
Rubiaceae	Hamelia patens	Arbusto, arbolito, árbol	Nativa	LC	Pionera	No
Sapindaceae	Sapindus saponaria	Árbol	Nativa	NE	Secundaria inicial	No
Sapotaceae	Chrysophyllum cainito	Árbol	Nativa	NE	Secundaria inicial	No
Siparunaceae	Siparuna sessiliflora	Arbusto, arbolito, árbol	Nativa	NE	Pionera	No
Urticaceae	Cecropia angustifolia	Árbol	Nativa	LC	Pionera	No
Urticaceae	Cecropia peltata	Arbolito, árbol	Nativa	LC	Pionera	No
Rubiaceae	Iseria haenkeana	Arbusto	Nativa	NE	Pionera	No

Familia	Especie	Hábito	Origen	Amenaza	Grupo funcional	Maderable
Myrtaceae	Myrcia popayanensis	Árbol	Endémica	NE	Secundaria inicial	No
Bignoniaceae	Tabebuia rosea	Árbol	Nativa	LC	Pionera	Si
Bignoniaceae	Godmania aesculifolia	Árbol	Nativa	NE	Pionera	No
Fabaceae	Pentaclethra macroloba	Árbol	Nativa	NE	Secundaria inicial	No
Fabaceae	Senna reticulata	Arbusto	Nativa	NE	Pionera	No
Fabaceae	Centrolobium paraense	Árbol	Nativa	NE	Tardía	Si
Fabaceae	Platymiscium pinnatum	Árbol	Nativa	LC	Tardía	No
Fabaceae	Lonchocarpus alternifoliolatus	Árbol	Nativa	NE	Secundaria inicial	No

Fuente: Gramalote Colombia, modificado a partir de EIA, 2015 y basado en Idárraga y Callejas (2011); CORANTIOQUIA (2010); Cárdenas y Salinas (2007) y Catálogo de plantas y líquenes de Colombia.

Amenaza: No Evaluado (NE), Preocupación Menor (LC), Casi Amenazado (NT), Vulnerable (VU), En Peligro (EN), Riesgo Crítico (CR).

La distribución biogeográfica y uso de las especies fue determinada consultando las siguientes fuentes bibliográficas: Análisis florístico de la vegetación del departamento de Antioquia (Idárraga P., A. & R. Callejas P. 2011), Árboles de las montañas de Antioquia (Corantioquia, 2010), Libro rojo de plantas de Colombia: especies maderables amenazadas (Cárdenas & Salinas, 2007) y Catálogo de plantas y líquenes de Colombia (Unal).

A partir de las fuentes consultadas se determinó que 18 de las 93 especies propuestas para las acciones de rehabilitación ecológica son maderables. Por lo tanto, se incluyó un máximo del 20% de especies forestales maderables del total de especies a implementar, con el fin de evitar que a futuro estas sean aprovechadas por la comunidad.

En cuanto a la categoría de estado de conservación de las especies presentadas en la Tabla 10.43, es necesario mencionar que 14 se encuentran en alguna categoría de amenaza, siendo las especies Aniba perutilis y Cariniana pyriformis las de mayor relevancia al encontrarse en la categoría de Riesgo Crítico (CR).

b. Propagación y obtención de material vegetal

Con relación a las fuentes de obtención de material vegetal con destino a las áreas de restauración de las distintas alternativas de compensación propuestas, se contemplarán diversas estrategias entre las cuales vale la pena mencionar el análisis fenológico de fuentes semilleras para la cosecha y posterior propagación de plántulas en vivero. El proyecto Gramalote, cuenta con el “Centro de Desarrollo Ambiental y Vivero Forestal Gramalote” que se opera en el marco del subprograma de conservación de especies de flora con alto valor de conservación (PMA-BIO-05-SUB-2) y tiene capacidad para producir 60.000 plántulas por año, de manera que, para dar cumplimiento a la meta aproximada de siembra de 960.000 plántulas a lo largo de los seis (6) años de siembras (160.000 mil plántulas por año), será necesario determinar alternativas adicionales que deberán ser moduladas y escaladas, previo al inicio de la implementación del presente plan, como lo son la adquisición de material vegetal o la implementación de un vivero satélite.

Es importante mencionar que el “Centro de Desarrollo Ambiental y Vivero Forestal Gramalote” tienen como única finalidad emplear fuentes de germoplasma locales para abastecer la demanda requerida de material vegetal en áreas a rehabilitar y/o enriquecer dentro de las obligaciones ambientales.

De modo paralelo a la propagación de material vegetal, se realiza el rescate de plántulas de regeneración natural, pues ha mostrado ser una estrategia de gran importancia en la conservación de especies amenazadas y especies con dificultades de propagación en vivero, las cuales crecen en grandes concentraciones bajo la copa de los árboles en el sotobosque. Dentro de las razones por las que los bosques producen grandes concentraciones de plántulas bajo la copa de los árboles, se encuentra la disminución o ausencia de agentes dispersores, o la alta producción de frutos cuya capacidad de consumo por la fauna es reducida, generando altas tasas de germinación de material vegetal. Estos bancos de plántulas al ser abundantes generan alta competencia intraespecífica, por lo cual muy pocos individuos logran sobrevivir.

Por lo anterior, se realiza el rescate y traslado de plántulas presentes en el área de intervención otorgada por la ANLA, mediante la Resolución 1514 de 2015 y su modificatoria,

la Resolución 0782 de 2019. Además, se contemplará el rescate y traslado de plántulas de regeneración natural provenientes de bancos de plántulas ubicados al interior de las coberturas boscosas en áreas conservadas identificadas fuera del área licenciada del proyecto. Por lo tanto, el rescate de plántulas en las áreas de desarrollo de obras puede llegar al 100% de la regeneración de acuerdo con las condiciones fitosanitarias. Para las áreas fuera del área licenciada del proyecto no debe superar el 30% del total de la regeneración natural, con el fin de no alterar las poblaciones de estas especies.

A continuación, se presenta el protocolo técnico para el rescate de plántulas:

- Selección de individuos:
 - Los individuos seleccionados deben presentar buenas condiciones fitosanitarias, no presentar daños por herbivoría, plagas, hongos, bacterias, o pudriciones, esta identificación se realiza de manera visual.
 - Los individuos no deben sobrepasar los 30 cm de alto, debido a que, a mayor altura se aumentan las probabilidades de ocasionar daños en el sistema radicular.
 - Los individuos seleccionados deben tener un tallo recto y vigoroso.
- Extracción y embalaje de plántulas:
 - La extracción de las plántulas se realiza con palas y/o palines, excavando lateralmente y dejando un pan de tierra, con un diámetro igual a la copa y una altura igual o superior a la altura de la plántula.
 - El material vegetal se dispone en recipientes (tipo canastas) para evitar daños al momento del transporte hasta el vivero.
 - Durante la extracción se realiza constante hidratación y protección de la exposición solar, para disminuir el estrés a causar por el traslado a vivero.
- Traslado de individuos:
 - El material es trasladado cuidadosamente preferiblemente el mismo día del rescate hacia el vivero forestal
- Embolsado de individuos:
 - El tamaño de la bolsa para embolse en vivero se escoge en función del tamaño de la planta.
 - Se adiciona sustrato preparado compuesto por tierra negra, arena, abono orgánico, cascarilla de arroz y micorrizas.
 - Posterior al embolse se realiza hidratación.
 - Como actividad final se realiza conteo de material embolsado.
- Estabilización de plántulas
 - Durante los primeros cinco (5) días y antes de ser llevados a la zona de sombrío para su manejo y posterior rustificación se realizan riegos con fertilizante foliar orgánico para disminuir la mortalidad.
 - Control de radiación solar con polisombra.
 - Riego periódico para evitar deshidratación.

c. Labores de preparación y establecimiento

Una vez se cuente con el material vegetal requerido para las acciones de rehabilitación ecológica propuestas, se da paso a la fase de preparación y establecimiento en campo, la cual conlleva las siguientes actividades:

- Rocería o deshierbe

La rocería consiste en eliminar arvenses, lianas y pastos que competirán con las plántulas que se sembrarán en el marco de la compensación. La eliminación será de tipo parcial y de modo manual (usando machete, azadón o con ayuda de guadaña), limpiando solo el espacio destinado a la siembra, es decir, sin un deshierbe a la totalidad del área, para evitar la eliminación de plántulas de regeneración natural de interés para el proceso de rehabilitación. Esta actividad facilita los trazados para el establecimiento de las plántulas y a su vez disminuye la competencia interespecífica entre los individuos arbóreos o arbustivos de la compensación y la vegetación herbácea aledaña, favoreciendo la disponibilidad de nutrientes, luz y espacio para las nuevas plántulas. Como se indicó, durante el desarrollo de esta actividad se protegerán las especies nativas de regeneración natural de interés para la rehabilitación, al igual que los individuos arbóreos preexistentes

- Trazado

El trazado se realiza midiendo y marcando los sitios donde quedarán ubicadas las plántulas teniendo en cuenta los diseños propuestos. Esta actividad se realiza con cuerdas o varas marcadas para procurar mayor precisión. Cada sitio se debe marcar con una estaca, ubicada en el centro del plato, de esta manera cada marca corresponde al sitio donde posteriormente se sembrarán las plántulas.

- Plateo

Con el plateo se elimina la competencia de arvenses y herbáceas sobre las plántulas que se van a establecer en el sitio marcado anteriormente. Esta labor consiste en establecer un plato de aproximadamente 1 metro de diámetro respecto al eje del punto de trazo, realizando el descapote del área donde se establecerá la plántula.

- Ahoyado

Para esta labor se cava un hoyo suficientemente amplio para el desarrollo del sistema radicular, por lo tanto, si se emplea una bolsa cafetera (12x18 cm) se recomienda hoyar con dimensiones no menores a 40 cm de ancho por 40 cm de largo por 40 cm de profundidad; usando una pala draga o palín ahoyador. Es importante, hacer repicado en las paredes y el fondo del hoyo para garantizar aireación y desarrollo de la raíz principal y las raíces secundarias. En zonas con pendientes inclinadas (superiores al 35%), los 40 cm de profundidad se medirán en la pared ubicada en la parte baja de la pendiente.

- Transporte mayor y menor

Teniendo en cuenta las condiciones de acceso y topografía de las diferentes alternativas, se utilizarán diversos medios de transporte para garantizar la disposición de las herramientas, insumos y material vegetal hacia los sitios definitivos de siembra. Para el transporte mayor se emplearán camiones y tractores los cuales facilitarán el transporte de

herramientas e insumos agrícolas hacia los centros de acopio. El transporte menor hacia los sitios definitivos de siembra estará a cargo de la cuadrilla de operarios, con ayuda de costales y canastillas, además de animales de carga con angarillas en los sitios donde se disponga de este medio. Con esta actividad se coloca las plántulas en el sitio definitivo, distribuyendo las plantas según el diseño planteado para cada zona.

- Enmiendas y fertilización

La implementación de enmiendas y la fertilización en las diferentes etapas de la rehabilitación se realizará de acuerdo con las condiciones físicas y químicas que presenten los suelos en las áreas de implementación. Los fertilizantes a emplear durante la siembra y posteriores mantenimientos a las plántulas que harán parte de la estrategia de rehabilitación estarán en función de los resultados que arrojen los análisis superficiales de suelo.

- Plantación

Para esta actividad se planificará un centro de acopio de insumos y materiales durante la fase de establecimiento. Este se ubicará en un punto estratégico de acuerdo con el sector y actividades a realizar, teniendo como objetivo generar las condiciones apropiadas para recibir el material vegetal y los insumos, y así evitar daños en los mismos. Previo a la plantación el material vegetal ha debido pasar por una fase de rustificación en el vivero, una vez en campo y antes de retirar la bolsa, es importante realizar riego, con el fin de conservar el pan de tierra y evitar afectación del sistema radicular. Antes de la plantación se debe retirar la bolsa, y ubicar la plántula en el centro del plato, dejando el cuello de la raíz nivelado con el terreno, al final se apisona con el fin de eliminar las bolsas de aire, permitir un buen anclaje y facilitar la posición vertical.

La siembra se debe realizar en época de lluvias. Los residuos como bolsas plásticas y empaques serán recogidos y retirados de la zona para su correcta disposición final.

Las plántulas para sembrar deberán estar en buen estado, sin síntomas de marchitez, herbivoría o daños mecánicos.

d. Tratamientos de restauración y arreglos florísticos

Los tratamientos de rehabilitación ecológica propuestos en el marco del presente Plan de Compensación del Componente Biótico se estructuran bajo un enfoque de restauración ecológica activa, orientado a la recuperación progresiva de la estructura, composición y funcionalidad de los ecosistemas terrestres intervenidos. La selección de los tratamientos responde a la condición inicial de las coberturas presentes en cada alternativa de compensación, a sus limitantes biofísicas (pendiente, compactación, disponibilidad hídrica, exposición solar), y a los objetivos de equivalencia ecosistémica definidos conforme al Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018).

En cumplimiento de lo establecido por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales mediante la Resolución 356 de 2024 y su confirmatoria Resolución 981 de 2024, el diseño de siembra adoptado para las áreas objeto de restauración activa establece una densidad mínima de 1.100 individuos por hectárea, entendida como el umbral estructural necesario para garantizar la conformación temprana de núcleos de regeneración con capacidad de acelerar la sucesión ecológica, mejorar la conectividad del paisaje y favorecer la recolonización por fauna dispersora y polinizadora.

El esquema técnico adoptado integra cuatro líneas principales de intervención: (i) rehabilitación mediante nucleación multiestrato ajustada; (ii) rehabilitación mediante fajas de conectividad asociadas al recurso hídrico; (iii) enriquecimiento y liberación de regeneración natural; y (iv) acciones complementarias mediante Sistemas Agroforestales (SAF) y Herramientas de Manejo del Paisaje (HMP). Cada tratamiento presenta criterios técnicos diferenciados de aplicación, densidad y configuración espacial, los cuales se describen a continuación.

- Siembra mediante nucleación con módulos multiestrato

Considerando el Concepto Técnico 0419 de 2024, y el requerimiento del Artículo Sexto de la Resolución 0356 de 2024 y Artículo tercero de la Resolución 981 de 2024, donde la Autoridad solicitó implementar una densidad de siembra 1.100 individuos por hectárea y teniendo en cuenta que la Autoridad en el Concepto Técnico 8192 de 2021, acogido mediante la Resolución 725 de 2022, considerando viable la siembra de especies mediante nucleación con módulos multiestrato, se presenta el siguiente diseño a implementar, cumpliendo con la densidad de siembra requerida y el principio del método de nucleación (imitar el proceso de sucesión, creando un hábitat para los dispersores, brindando sombra para suprimir el crecimiento de plantas herbáceas, mejorando el crecimiento de árboles, y exportando semillas al paisaje circundante (Ramos & Orth, 2007)).

La nucleación multiestrato constituye el tratamiento principal de restauración activa en coberturas dominadas por pastos limpios, potreros abiertos y superficies con baja o nula presencia de individuos arbóreos. Estas áreas suelen presentar procesos de degradación asociados a compactación del suelo, dominancia de gramíneas competitivas, alta radiación incidente y limitada disponibilidad de propágulos.

El diseño adoptado corresponde a un modelo de nucleación multiestrato de alta densidad, estructurado mediante la instalación de módulos compuestos por individuos pertenecientes a diferentes gremios ecológicos (especies pioneras, secundarias iniciales y secundarias tardías), así como especies de hábito arbustivo, palmas y, cuando las condiciones lo permiten, helechos arborescentes. La inclusión de múltiples gremios busca reproducir una estratificación vertical temprana que favorezca la generación de sombra, la mejora del microclima, la retención de humedad edáfica y la incorporación progresiva de materia orgánica.

Para ello, los módulos multiestrato se configuran en arreglos alternados tipo ajedrez o patrones modulares equivalentes, integrando (Figura 10.60):

- Núcleos multiestrato densos de 25 individuos por módulo. Cada módulo tendrá árboles sembrados a una distancia 3m x 3m.
- Subnúcleos complementarios de cinco (5) individuos, destinados a optimizar la ocupación espacial entre módulos principales.
- Ajustes de espaciamiento intermodular en función de la pendiente y heterogeneidad microtopográfica.

El número total de módulos por hectárea se define de manera que la sumatoria de individuos plantados garantice una densidad final igual a 1.100 individuos/ha. En sectores

con presencia de árboles nodriza o regeneración natural significativa, la disposición de los módulos podrá adaptarse para integrar dichos individuos al diseño estructural, siempre que no se comprometa la densidad mínima establecida.

Este tratamiento busca generar “islas de fertilidad” que actúen como focos de expansión sucesional, promoviendo procesos de facilitación ecológica y exportación de semillas hacia la matriz circundante.

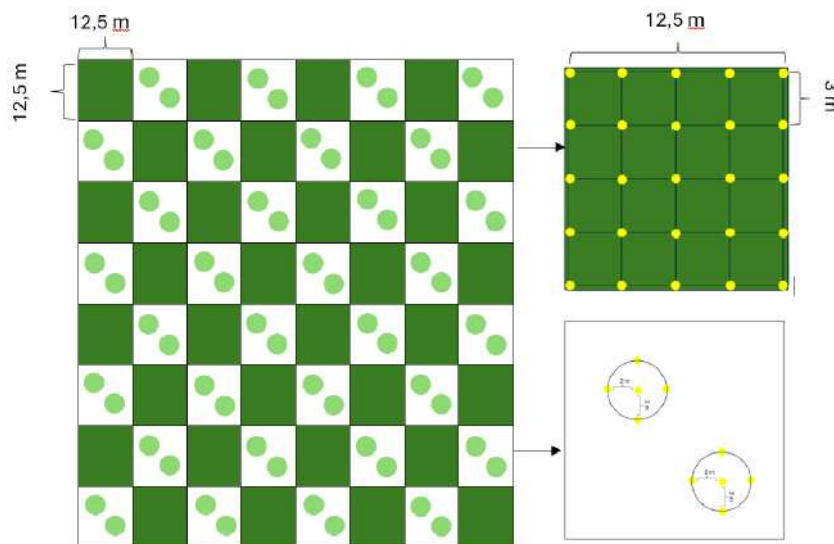


Figura 10.60 Distribución espacial de los módulos multiestrato.
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

En sectores donde se identifique la presencia de individuos arbóreos preexistentes, se podrá implementarse la configuración técnica de árboles nodriza como variante del esquema de nucleación multiestrato. Este enfoque aprovecha individuos remanentes como facilitadores ecológicos, generando condiciones microclimáticas favorables para el establecimiento de nuevas plántulas mediante reducción de radiación directa, regulación térmica y acumulación de hojarasca (Figura 10.61).

La siembra se dispondrá en torno al individuo nodriza mediante arreglos concéntricos o perimetrales, incorporando especies de diferentes gremios ecológicos que complementen la estructura vertical y funcional del conjunto. La incorporación de árboles nodriza no sustituye la densidad mínima estructural exigida para restauración activa; por el contrario, los individuos plantados alrededor del árbol preexistente se contabilizan dentro del cálculo de densidad por hectárea, garantizando el cumplimiento del estándar mínimo de 1.100 individuos/ha en el área neta intervenida.

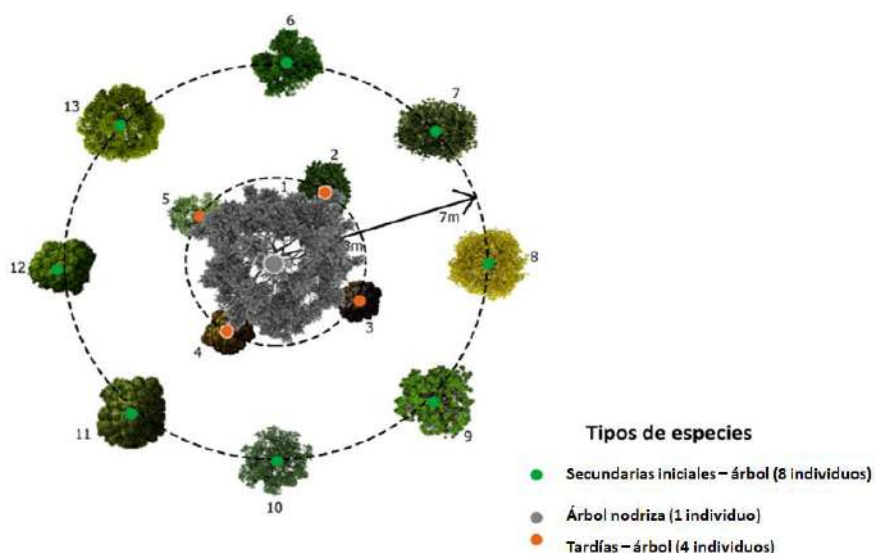


Figura 10.61 Vista de planta: rehabilitación mediante árboles nodriza
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Este enfoque permite integrar procesos de restauración asistida con conservación de remanentes, favoreciendo la conectividad estructural y la aceleración de la sucesión ecológica.

En áreas con alta exposición a factores de borde, riesgo de ingreso de ganado o influencia de matrices antropizadas adyacentes, corredores hídricos, podrá implementarse la configuración técnica de cordón protector como complemento al esquema de nucleación multiestrato. Esta configuración consiste en la disposición lineal de individuos arbóreos y arbustivos en el perímetro o sectores estratégicos del polígono de restauración, conformando una barrera viva que reduce la presión externa y mejora la estabilidad ecológica interna (Figura 10.62).

El arreglo espacial podrá establecerse en patrón lineal simple o alternado, dependiendo de la pendiente y condiciones del terreno. Las especies seleccionadas priorizarán crecimiento relativamente rápido, capacidad de formación de dosel y resistencia a condiciones de borde. La densidad de individuos establecidos bajo esta configuración se integrará al cálculo global de densidad por hectárea del tratamiento de nucleación, asegurando el cumplimiento del estándar estructural mínimo definido para restauración activa.

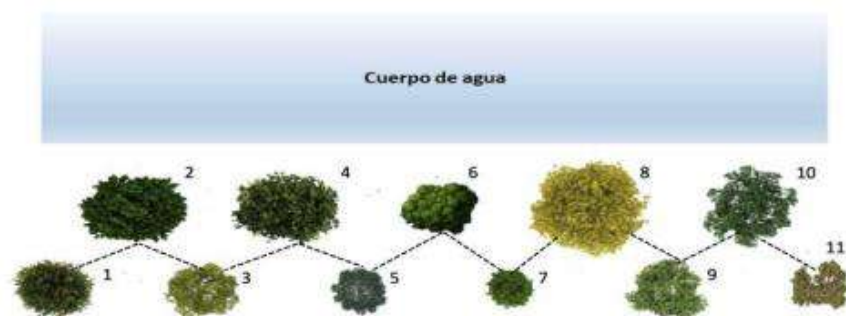


Figura 10.62 Vista de planta: rehabilitación mediante cordón protector
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

El cordón protector no constituye un tratamiento independiente, sino una variante técnica de implantación que fortalece la resiliencia del área restaurada frente a las condiciones propias de cada área.

- Enriquecimiento y liberación de regeneración natural

Este tratamiento es aplicable principalmente a las coberturas de pastos enmalezados y vegetación secundaria baja, en donde el desarrollo de estas coberturas es el resultado de un proceso de restauración espontánea donde los factores de tensión, especialmente antrópicos, cesaron dando cabida a la primera etapa de una regeneración natural. El enriquecimiento tiene como objeto aumentar la densidad arbórea en zonas donde ya se viene presentando un proceso de sucesión temprano. Este tratamiento favorece el repoblamiento con nuevas especies, aumentando la densidad y frecuencia de especies nativas presentes en el área, aportando al aumento del índice de valor de importancia de las especies de mayor utilidad para acelerar los procesos de sucesión, favoreciendo de esta forma en el mediano y largo plazo la riqueza y diversidad de los nuevos parches de vegetación que se están conformando.

Este tratamiento no exige un diseño florístico como tal, sino un reconocimiento previo del área que permita identificar zonas de claros, o zonas de dosel abierto, donde podrán establecerse las especies de sucesión tardía. Por su parte la liberación consiste en el manejo de la regeneración de especies de interés por medio de limpiezas y eliminación de tensionantes en sitios donde exista competencia fuerte con bejucos, enredaderas y especies invasoras no perennes, y en sitios donde sea necesaria la realización de labores silviculturales (plateo, fertilización) para promover el crecimiento de plántulas juveniles de interés para la rehabilitación y sucesión natural.

Para este tratamiento, el número de plántulas a sembrar y liberar dependerá de la disponibilidad de área e identificación de especies de interés.

- Recuperación mediante Sistemas Agroforestales

La agroforestería es un área interdisciplinaria que incluye interacciones entre árboles, personas y agricultura, manejando una serie de sistemas y tecnologías del uso de la tierra en las que se combinan la producción de cultivos con especies forestales y/o animales, de forma tal que sea posible demostrar una influencia ecológica mutua. Sus diferentes componentes interactúan bio-económicamente en zonas o mezclados, tanto en ecosistemas frágiles como estables, a escala de campo agrícola, finca o región, usados para subsistencia o comercialización en función del tiempo y el espacio sobre la misma superficie de terreno, ya sea de forma simultánea o secuencial. Este sistema presenta los atributos de cualquier sistema: límites, componentes, ingresos y egresos, interacciones, relación jerárquica con la organización de la finca y una dinámica. (IDEAM, Sistemas agroforestales y restauración ecológica como medidas de adaptación al cambio climático en alta montaña, Caso piloto, Proyecto Nacional de Adaptación al Cambio Climático –INAP– componente B, IDEAM y Conservación Internacional, Bogotá, 2011).

Desde el punto de vista socioeconómico, el uso de prácticas agroforestales permite proveer diversos beneficios, dado que los componentes arbóreos y su biodiversidad intrínseca cumplen un sinnúmero de objetivos tales como: producción de madera, combustible, follaje, alimentos, medicinas, artesanías, gomas, resinas y fibras. De esta forma se genera la posibilidad de disminuir los riesgos económicos con base en la diversificación de la producción y la creación de nuevos puestos de trabajo en tareas de viveros, recolección y propagación de especies, siembras, mantenimiento de áreas, mejoramiento estético y recreacional etc.

Otro motor que ha llevado a impulsar la creación de modelos forestales alternativos es el interés de que los pequeños productores agrícolas enfrenten sus necesidades en forma compatible con su identidad cultural, su sistema de vida y con la conservación de los recursos naturales. Esta medida busca que las familias de agricultores permanezcan en el campo, dado que son el elemento central del desarrollo rural, y evitar la migración a la ciudad.

En general, los sistemas agroforestales favorecen el mantenimiento de los servicios ecosistémicos por medio de:

- El mantenimiento de la fertilidad del suelo/reducción de la erosión mediante el aporte de material orgánico al suelo, fijación de nitrógeno y reciclaje de nutrientes
- La conservación del agua (cantidad y calidad), al favorecer la infiltración y reducir la escorrentía superficial que podría contaminar cursos de agua
- La captura de carbono, enfatizando el potencial de los sistemas agroforestales.
- La conservación de la biodiversidad en paisajes fragmentados

Desde el punto de vista biológico, las técnicas agroforestales permiten combinar especies con requisitos ambientales diferentes para mejorar el aprovechamiento de la energía radiante, utilizando tanto el espacio vertical como horizontal. Debido a la estructura vertical proporcionada por los árboles y otras especies leñosas, pueden convivir plantas y cultivos con diferentes requerimientos de luz, protegiendo al suelo de los efectos del sol, el viento y las fuertes lluvias que caracterizan al trópico.

Además, el hecho de aumentar la diversidad del sistema hace que este se asemeje más a las condiciones naturales del bosque. El suelo se aprovecha mejor favoreciendo los ciclos biogeoquímicos con el uso de plantas con capacidad de absorber nutrientes y con raíces que penetren a diferentes profundidades en el perfil del suelo.

La intervención antrópica, a través de actividades como la agricultura, la ganadería y la explotación forestal, ha generado una creciente fragmentación de los ecosistemas, con consecuencias negativas para la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Los sistemas agroforestales, al promover la coexistencia de árboles y cultivos, contribuyen a mitigar estos efectos a través de la restauración de la conectividad del paisaje, la mejora de la calidad del suelo y la regulación del ciclo hidrológico.

La conectividad estructural que permiten los arreglos agroforestales con los hábitats naturales facilita la dispersión de semillas y con ello la variabilidad genética de los bosques (Corella, 2016), es por ello por lo que Jiménez y colaboradores (2001), concluyen que es importante proveer a estos sistemas de especies frutales que atraigan polinizadores y dispersores para así, contribuir al flujo energético dentro del paisaje.

Por otro lado, se tienen experiencias exitosas sobre recuperación de ecosistemas estratégicos a través de proyectos agroforestales a lo largo y ancho del país, las actividades de restauración ecológica en el paisaje priorizan la recuperación de suelos degradados por actividades agropecuarias.

Los sistemas agroforestales demuestran una influencia ecológica positiva entre el manejo forestal y la producción agrícola, de tal manera que aportan a la seguridad alimentaria y la generación de empleo a la vez que proporcionan beneficios en términos de sostenibilidad, por ejemplo, a través del secuestro de carbono a través de la fotosíntesis, promoviendo esquemas productivos a largo plazo que posibilitan significativamente las tasas de fijación de CO₂ y reduciendo la erosión del suelo.

En el ámbito socioeconómico, los SAF promueven la generación de empleo y fomentan los ingresos para las comunidades aledañas a las zonas de desarrollo, contribuyendo así al bienestar local.

Para ello, se establecerán sistemas agroforestales diversificados, incorporando especies tanto maderables como no maderables con capacidad de atraer fauna, especialmente aves. Estas prácticas, respetuosas con la vocación natural del suelo, combinarán estrategias forestales de conservación y producción.

En línea con lo anterior, y con base en el análisis de coberturas presentado en el “dónde” compensar de este documento, se proyecta la implementación de un SAF con cítricos, cacao y especies nativas en un área de **156,08 ha**, sobre áreas de pastos arbolados, pastos enmalezados y patos limpios, como se muestra en la Figura 10.63.

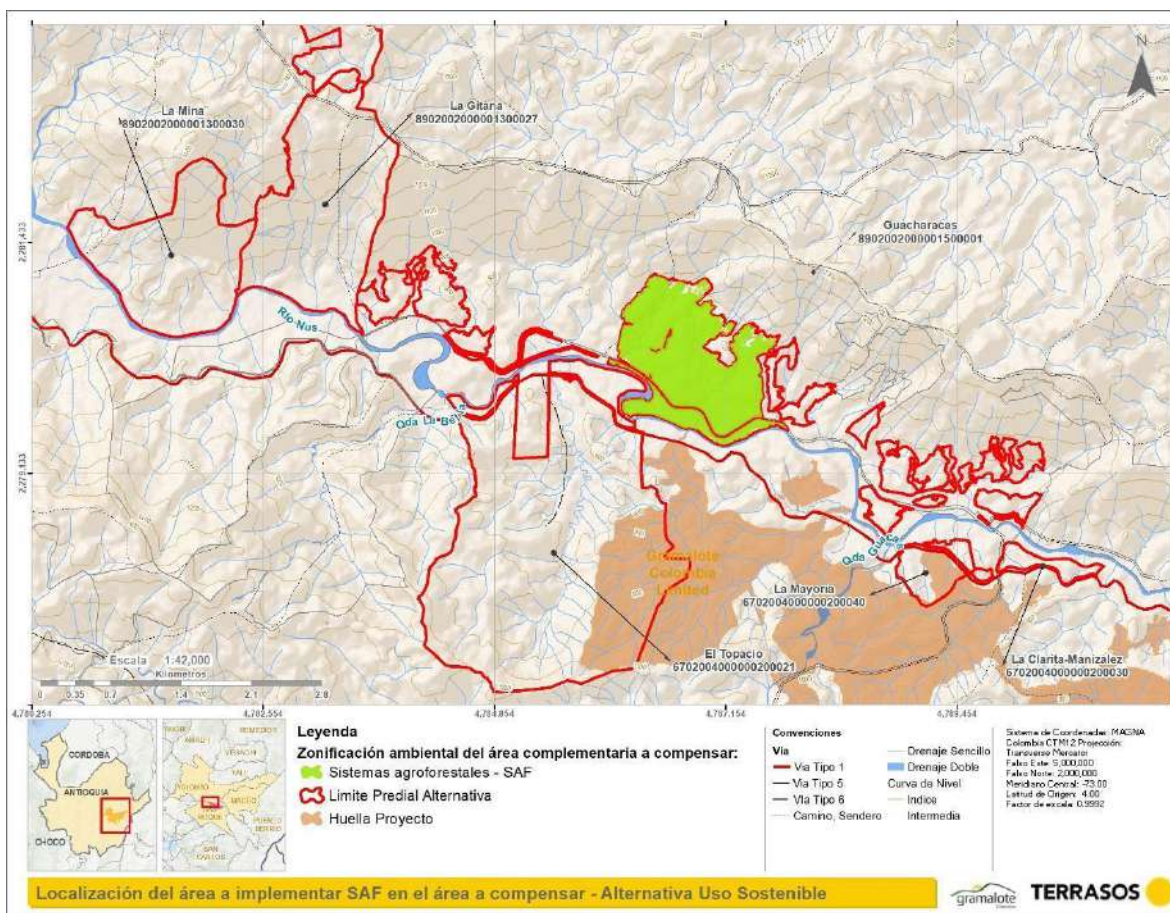


Figura 10.63 Localización del área a implementar SAF en el área a compensar
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Particularmente, el cacao (*Theobroma cacao*) es una especie vegetal que tiene como origen la región amazónica de suramérica, siendo una planta por lo general umbrófila con altos requerimientos de lluvia y condiciones de sombrío para su óptimo desarrollo (ICCO, 2013). Dadas que proviene de estructuras ecológicas complejas, asociadas a sistemas selváticos biodiversos, presenta una alta capacidad de asocio con distintos elementos de tipo forestal, que le confiere la capacidad de acoplarse con estos dentro de un sistema productivo, sirviéndole al sistema para el fomento en la concentración de biomasa y la protección del recurso suelo e hídrico (Espinosa, 2016).

En este sentido, la implementación de sistemas productivos de cacao en conjunto con especies forestales nativas ha demostrado tener beneficios productivos y ecosistémicos, considerando esta asociación como beneficiosa para el desarrollo del cultivo y de manera simultánea fomentando interacciones entre la fauna y flora asociada. De esta manera, los SAF de cacao han evidenciado los siguientes beneficios en términos productivos, el incremento en la entrada de nitrógeno al complejo productivo (Tscharnkte et al., 2011), reducción del impacto en el suelo de las gotas de lluvia, disminución en la velocidad de

escorrentía y la erosión, mejor en la estructura y mayor retención de nutrientes en el suelo (Fassbender et al., 1991), disminución en la demanda de insumos agrícolas, prolonga la vida de producción del cacao, debido al incremento de la materia orgánica, mejora la disposición de nutrientes aumentando la fertilidad del suelo, mayor captura de CO₂ (CNLH, 2021).

Por otra parte se ha reportado en términos ecológicos que la asociación del cacao, con plantas forestales de origen nativo, trae consigo una serie de beneficios ecosistémicos, dentro de los cuales se encuentran, aumento en el refugio de mamíferos y aves (Bos et al., 2007), mayor disponibilidad de alimento por hectárea que algunos bosques tropicales nativos (Espinosa, 2016), aumento en la conectividad estructural del paisaje (Beer et al., 2003), recuperación de ecosistemas, mitigación de desastres naturales (CNLH, 2021), aumento en el volumen de polinizadores (de Schawe et al., 2018) y beneficios sociales para las comunidades que lo implementan como, la promover las prácticas sostenibles, reducción de costos de mantenimiento, mejora en la economía familiar, entre otros (CNLH, 2021).

De acuerdo con lo anterior, se puede observar que un SAF de cacao con especies forestales nativas, que presenten importancia ecológica para la región, pueden generar cambios positivos en las dinámicas productivas, ecológicas y sociales, factores que juegan a favor del desarrollo sostenible de un área determinanda. Por estas razones, se considera como una iniciativa acertada en el presente complemento al plan de compensación, considerando las directrices de estos hacia la generación de estrategias de conservación de los recursos naturales que, a su vez, representen un impacto en las comunidades aledañas.

De acuerdo con lo anterior, se propone un diseño de SAF comprendido por cítricos en conjunto con cacao (*Theobroma cacao*) y especies forestales nativas en 156,08 ha, distribuidos de la siguiente forma:

- Se incluirán plantas de especies cítricas sembradas con una distancia entre surcos de 6 m y entre plantas de 6 m.
- Las plantas de cacao se sembrarán en surcos dobles de 3x3 con una distribución en triángulo.
- Los árboles de especies forestales nativas serán sembrados alrededor de la parcela con un distanciamiento de 12 metros entre los árboles.

De esta forma se contempla una densidad estimada de árboles por hectárea de 400 a 500 individuos, valor que dependerá de las condiciones agroecológicas, topológicas y de suelos, que presenten los sitios efectivos de siembra al momento de la ejecución de la actividad. En la figura que se muestra a continuación, se presentan los distintos arreglos forestales que se pueden emplear, en función de las condiciones propias del terreno en donde se implementarán, de cualquier forma, se asegurará que la densidad de individuos no sea menor a la anteriormente indicada (Figura 10.64).

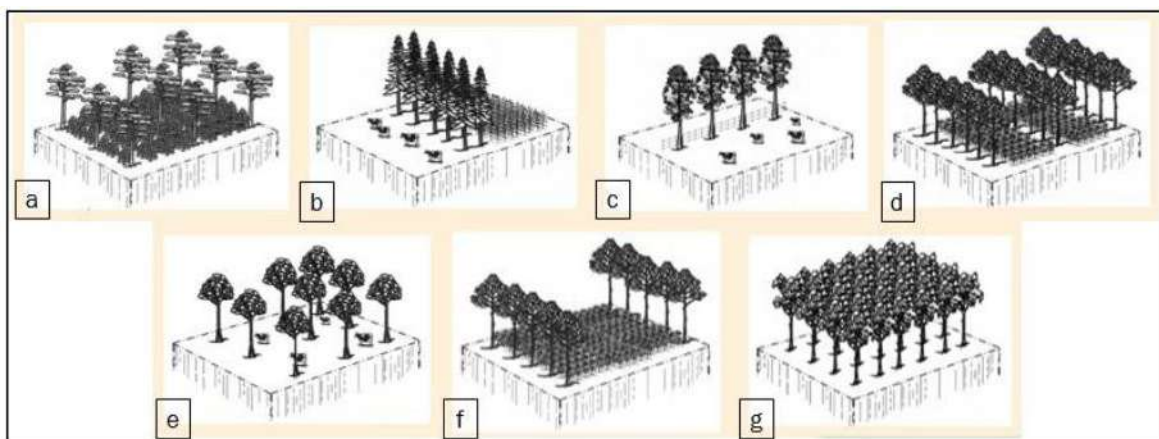


Figura 10.64 Tipos de arreglos agroforestales -SAF del área complementaria a compensar
Donde: a. Árboles en asociación con cultivos perennes; b. Cortinas rompe vientos; c. Cercas vivas; d. Árboles en asociación con cultivos anuales o en callejón; e. Sistemas silvopastoriles; f. Plantaciones con árboles en los linderos; g. Agro bosques o fincas forestales

Fuente: Gramalote Colombia, 2026. Modificado de Farfán, 2007.

De igual forma, se da claridad que particularmente para la implementación de los SAF, se dará prioridad a las siguientes especies, las cuales están asociadas con la implementación de los arreglos forestales en conjunto con el cacao (*T. cacao*)

- *Tetrorchidium rubrivenium*
- *Calliandra pittieri*.
- *Hymenaea courbaril*
- *Inga spectabilis*
- *Cariniana pyriformis*
- *Couratari guianensis*
- *Cedrela odorata*
- *Guarea guidonia*
- *Ficus pallida*
- *Psidium guajava*
- *Podocarpus oleifolius*
- *Cecropia peltata*

• Recuperación mediante Herramientas de Manejo de Paisaje

Las herramientas de manejo del paisaje son los elementos del paisaje constituidos o el manejo que se da a los elementos existentes, que provean hábitat para las especies silvestres o que contribuyan a aumentar la conectividad en el paisaje. En otras palabras, las herramientas de manejo del paisaje se diseñan para aumentar la probabilidad de movimiento de las especies animales y vegetales a través del paisaje, lo cual incrementa la posibilidad de encontrar nuevas fuentes de recursos y pareja (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015). También permiten incrementar la conectividad funcional en beneficio de la biodiversidad nativa (López, Espinosa, Lentijo, & Botero, 2012).

Ahora bien, se propone la implementación de herramientas de paisaje para la recuperación de coberturas en zonas con altas pendientes ya que permiten aumentar las coberturas naturales y por el otro, mejorar suelos y con ello, mejorar las características del entorno que brinden las condiciones adecuadas para la subsistencia y reproducción de las especies.

En línea con lo anterior, y con base en el análisis de coberturas presentado en el “dónde” compensar de este documento, se proyecta la implementación de HMP en un área de **275,15 ha**, distribuidos en los predios La Mina, La Gitana, Guacharacas, El Topacio y La Clarita- Manizales (Figura 10.65), sobre coberturas de pastos limpios, enmalezados y arbolados, dentro de las cuales se realizarán diseños asociados a núcleos de paso, fajas de conectividad y fajas de protección de recurso hídrico, estas últimas siendo priorizadas sobre la ronda de protección del río Nus.

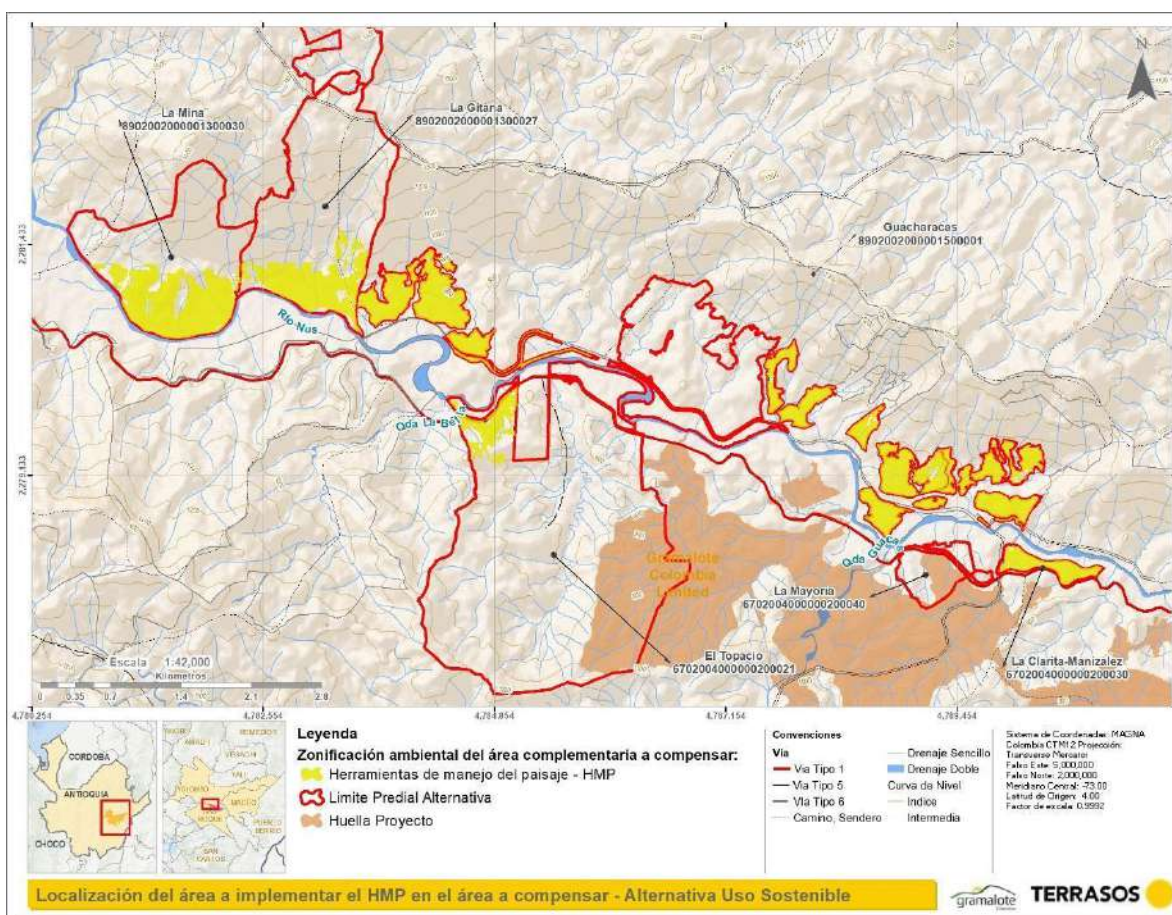


Figura 10.65 Localización del área a implementar el HMP en el área a compensar
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Los diseños en mención serán descritos a continuación:

- Franjas de conectividad

Las franjas de conectividad consisten en una herramienta del paisaje que se fundamenta en el establecimiento de árboles forestales de especies nativas, que permiten la estructuración de corredores entre fragmentos de bosques, que se encuentran fragmentados por matrices de áreas productivas y/o urbanizadas que permiten contribuir a la conservación de la biodiversidad (Figura 10.66).



Figura 10.66 Distribución de las franjas de conectividad en matrices antropizada
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

A través de la implementación de estas se busca, además de promover la conectividad estructural del paisaje, generar zonas de amortiguamiento para la conservación, liberando presiones sobre fragmentos de bosques conservados, que genera el ganado en búsqueda de sombra o ramoneo. De esta manera, se establecerán corredores lineales conformados por tres (3) líneas de árboles en matrices de pastos o áreas desprovistas de vegetación que se destinan a la producción pecuaria y que, de acuerdo con su disposición, pueden conectar fragmentos de bosques aislados o fragmentos de bosques con cuerpos de agua, cuya conectividad ha sido irrupida por dichas coberturas productivas.

Estas franjas aportan a la conservación de la biodiversidad, proveen hábitats para la reproducción y perchas de aves, protección contra la intemperie, permite la recuperación del suelo, aumenta el potencial de polinización y disponibilidad de alimentos como semillas, frutas y follaje para la fauna silvestre y el ganado (Hervey & Sánchez, 2007). También pueden funcionar como corredores biológicos para plantas, insectos, aves y mamíferos pequeños.

Entre las características y beneficios de las franjas se encuentran las siguientes:

- Ayuda a mantener la humedad del suelo.
- Mejoran la estructura del suelo e incrementan la fertilidad al aportar la materia orgánica.
- Evitan pérdida del suelo por escorrentía y por acción de los vientos.
- Contribuyen al control de la erosión.
- Aumento en el hábitat de la fauna silvestre.
- Potencia la presencia de polinizadores y dispersores.
- Liberación de tensionantes en bosques por la sombra que brindan.

Adicionalmente, contribuyen a mejorar la conectividad del paisaje en el mantenimiento de especies de interés para la conservación de aves, murciélagos, mariposas y árboles, entre otros. Los corredores serán implementados de manera multiestratificada, con tres (3) líneas de árboles con especies de distintos gremios ecológicos y que sean atrayentes para potenciales dispersores de semillas como aves, con el fin de servir como conectores de parches de bosque. La siembra se realizará a tres bolillos a 3 m de distancia entre individuos y entre surcos (Figura 10.67).

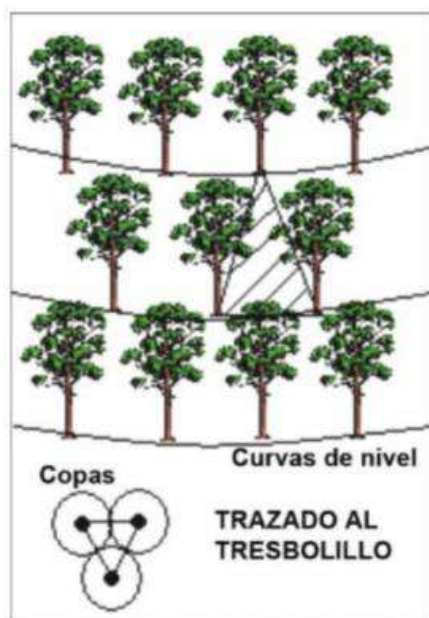


Figura 10.67 Arreglo de tres bolillos para las fajas de conectividad

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

- Núcleos de paso

Los núcleos de hábitats se proponen como una herramienta del paisaje que tiene como propósito el conservar y generar hábitats, lo cual, redunda en una mayor abundancia y diversidad de especies, beneficiando a especies especialistas y generalistas del bosque. Dichos núcleos, hace referencia a “retazos” de áreas boscosas distribuidas dentro de una matriz de pastos transformada de manera aleatoria, pero que contribuya de manera complementaria a las franjas de conectividad descritas anteriormente, a recuperar condiciones estructurales del paisaje que propicien el flujo de materia y energía (Figura 10.68).

A partir de la implementación de estos núcleos se busca propiciar sistemas, que generen oportunidad de hábitat y recursos adecuados para parte de la biodiversidad local de la región y además permita generar y mantener servicios ambientales. De esta manera, el establecimiento de individuos arbóreos nativos dentro de una matriz transformada permite aumentar su permeabilidad al movimiento de la fauna y la flora, por lo cual, se convierten en una excelente alternativa de manejo de paisaje que contribuye a la recuperación de zonas degradadas, más aún, teniendo en consideración que dichos individuos

corresponden a especies que se consideran relevantes dentro de la dieta para aves, mamíferos voladores e insectos polinizadores.

De esta forma, los núcleos de hábitats propuestos presentan una dimensión entre 30 m a 100 m dependiendo de las condiciones fisiográficas del terreno y el área disponible, así mismo, su forma dependerá de las condiciones propias del terreno y se localizarán en áreas abiertas desprovistas de vegetación, compuestos por individuos dispuestos a distancias de 3x3 m, de especies nativas pertenecientes a distintos gremios ecológicos y que sean atractivos para las aves.

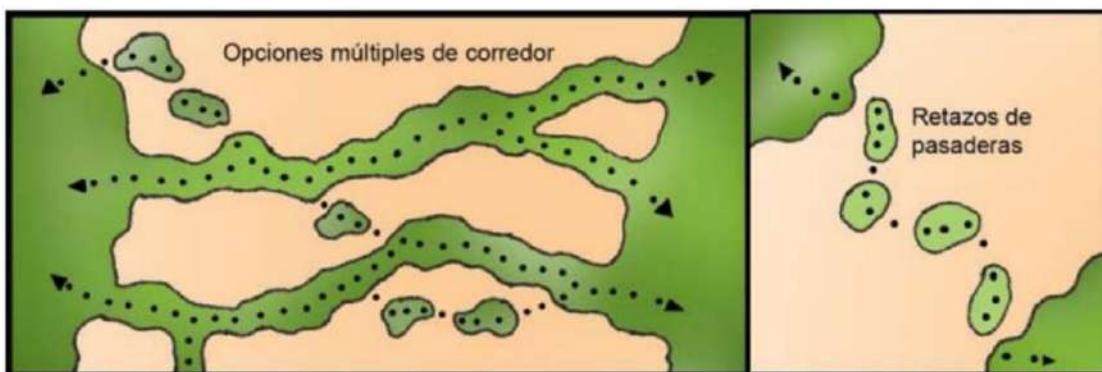


Figura 10.68 Arreglo de núcleos de paso
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Al igual que las franjas de conectividad, este diseño permitirá la liberación de tensionantes en los fragmentos de bosques naturales, por parte del ganado, dado que por la sombra que brindan, evitará que este ingrese a estas áreas.

- Fajas de conectividad para el recurso hídrico

Las rondas hídricas desempeñan un papel crucial en la ecología del paisaje, especialmente debido a los procesos de inundación que generan la acumulación de substratos, lo que a su vez permite la colonización y sucesión de especies vegetales. El establecimiento de franjas de protección en estas áreas promueve la retención de nutrientes transportados por las inundaciones, almacenándolos durante períodos prolongados y liberándolos cuando el aporte aluvial es limitado. Además, estas franjas confieren mayor estabilidad a las márgenes fluviales gracias al efecto de la zona radicular, lo que reduce la erosión y promueve la integridad del ecosistema.

De esta manera, los cuerpos de agua y las fajas protectoras asociadas a ellos desempeñan funciones ecológicas críticas, incluyendo la regulación del ciclo hidrológico mediante la retención de agua, el transporte y almacenamiento de materia orgánica, el almacenamiento y liberación de energía, la conservación de recursos genéticos, la provisión de hábitats para diversas especies y la contribución al equilibrio climático. Estas funciones esenciales destacan la importancia de estos ecosistemas para el mantenimiento de la biodiversidad y la sostenibilidad ambiental.

Las fajas de protección tienen como objetivo crear zonas de amortiguamiento para la conservación, aliviar las presiones sobre el recurso hídrico en las áreas designadas para la compensación complementaria, generadas por el ganado en busca de agua.

Se considera una herramienta clave para la conservación de ecosistemas fundamentales para la regulación de la oferta hídrica. Esto se logra mediante la plantación de árboles forestales de especies nativas, estableciendo fajas de protección de al menos 30 metros de ancho a cada lado en la totalidad de la ronda del río Nus (Figura 10.69), que tenga relación directa con las alternativas propuestas en este complemento al plan de compensación. De esta manera, se mantendrá y establecerá una cobertura boscosa que ha sido fragmentada por actividades de pastoreo y agricultura.

Para su implementación, se establecerán corredores lineales compuestos por dos filas de árboles en áreas previamente desprovistas de vegetación, siguiendo un trazado en tres bolillos. Esto permitirá una densidad de siembra de hasta 1100 Ind/ha, sin embargo, su número total estará condicionado por los metros lineales viables para la siembra.

Estos corredores se ubicarán en las rondas hídricas del río Nus, sobre coberturas de pasto existentes, con el objetivo de recuperar la ronda hídrica, reducir la erosión causada por la escorrentía superficial y disminuir la fuerza del agua mediante la creación de una barrera vegetal.

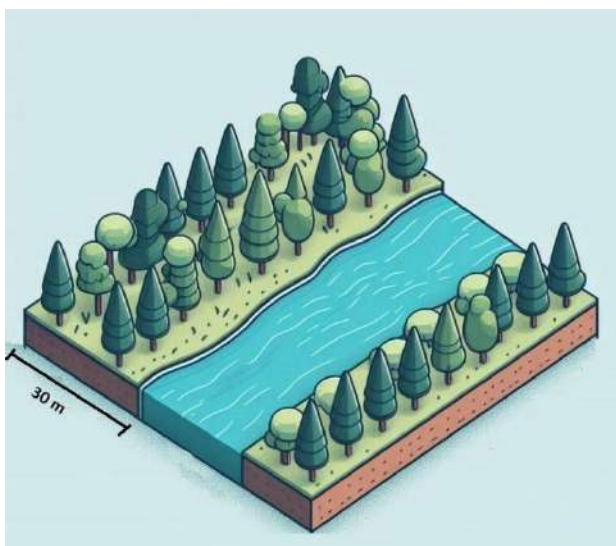


Figura 10.69 Fajas de conectividad
Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Las franjas de protección contribuyen significativamente a la conservación de la biodiversidad, brindando hábitats para las aves, así como áreas para el descanso y alimentación de diversas especies. Además, promueven la recuperación del suelo, incrementan el potencial de polinización y aumentan la disponibilidad de recursos alimenticios, como semillas, frutas y follaje, para la fauna silvestre. Asimismo, funcionan como corredores biológicos que fomentarán la conectividad y el desplazamiento de

insectos, aves y mamíferos pequeños, lo que refuerza la estructura y función de los ecosistemas.

A continuación, se presenta en la Tabla 10.44, el resumen de los tratamientos propuestos para la siembra, teniendo en cuenta las coberturas vegetales presentes en el territorio, las necesidades espaciales y topográficas y la densidad de plántulas aproximada de siembra.

Tabla 10.44 Resumen de los tratamientos de rehabilitación ecológica planteados

Tratamiento	Cobertura objetivo	Condiciones previas del terreno	Densidad estructural establecida
Rehabilitación mediante nucleación multiestrato ajustada	Pastos limpios y superficies herbáceas	Baja o nula cobertura arbórea; compactación; dominancia de gramíneas; radiación alta	1.100 individuos/ha mediante módulos multiestrato densos (25 individuos) y subnúcleos complementarios de cinco (5) individuos.
Enriquecimiento y liberación	Pastos enmalezados y vegetación secundaria baja	Regeneración natural incipiente; competencia por bejucos o herbáceas	Variable y dependiente de la disponibilidad de claros y regeneración existente; no aplica densidad fija
SAF y HMP	Matrices agropecuarias	Mosaicos productivos con potencial de integración ecológica	SAF: 500–600 individuos/ha; HMP: variable según diseño

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

XI. Actividades de mantenimiento a las siembras

Una vez culminada la fase de establecimiento de las acciones de rehabilitación activa, se deberán desarrollar periódicamente actividades de monitoreo, en donde se determinará la pertinencia de efectuar alguna de las actividades de mantenimiento propuestas a continuación:

a. Desyerbe y replanteo

Durante el periodo de crecimiento y desarrollo las plántulas son más susceptibles a la competencia por luz, agua y nutrientes con la vegetación preexistente, por lo tanto, hay que realizar actividades de desyerbe y replanteo cada que se identifique un crecimiento considerable de arvenses y otras hierbas alrededor de los individuos sembrados.

Esta actividad se realiza de modo sectorizado, únicamente donde sea necesario, cortando la vegetación en un círculo de 1 m de diámetro alrededor de la plántula con ayuda de machete y pala o azadón, o a lo largo de los surcos de siembra con ayuda de guadaña y machete. Posterior al replanteo el pasto retirado se puede picar, descartando la parte de las raíces y estolones para ponerlo encima del plato a forma de “mulch”. No se debe realizar limpia a la totalidad del área, ya que la vegetación preexistente favorece un microclima a las plántulas recién sembradas. En todo caso debe asegurarse que los arvenses no tapen la luz que deben recibir las plántulas.

Los individuos de regeneración natural que se encuentren durante esta actividad no serán cortados, sino por el contrario, serán liberados de bejucos y trepadoras y se les limpiará para eliminar competencia y así generar condiciones favorables de desarrollo.

Esta actividad se realizará con una periodicidad de 2 a 3 veces al año dependiendo de la tasa de crecimiento de los arvenses, durante los tres (3) años posteriores al establecimiento, de tal forma que la competencia por luz con las demás hierbas y arvenses ya no sea un factor limitante.

b. Replante o resiembra

Máximo tres (3) meses después de haber desarrollado las actividades de siembra y preferiblemente durante la misma época climática, se adelantarán los respectivos monitoreos de mortalidad, para determinar el porcentaje de plántulas que perecieron y deben ser resembradas en las áreas de rehabilitación. Este procedimiento se realizará basados en un inventario estadístico y con una intensidad de muestreo que sea representativo respecto al total de plántulas sembradas.

Durante la resiembra se adelantará nuevamente el plateo, el ahoyado y la aplicación de enmiendas y fertilizantes. No es necesario reemplazar el individuo por otro de la misma especie, pero sí que coincida con la etapa de sucesión acorde al arreglo florístico planteado.

Es importante determinar las causas de la mortalidad de las plántulas; por ejemplo, si fue por causa de algún daño del plantón cuando fue trasladado del vivero a campo, si presentaba alguna deformidad de las raíces, si quedó mal plantado, si presentó algún problema nutricional o fitosanitario, o si fue porque llegó al punto de marchitez permanente. De esta forma se irán validando las especies de mayor rusticidad y capacidad de adaptación a las distintas áreas y se evitará que se presente el mismo problema en el futuro.

c. Control fitosanitario, identificación de daños mecánicos y deficiencias nutricionales

El control fitosanitario e identificación de deficiencias nutricionales es una actividad que se realizará de modo constante durante los monitoreos, para reducir las pérdidas del material vegetal establecido por causas de herbivoría, patógenos o déficit de algún elemento nutricional. La vulnerabilidad de las plántulas puede incrementarse especialmente en situaciones de estrés hídrico o baja disponibilidad de nutrientes en el suelo que sean fácilmente asimilables por las plántulas.

Detectar presencia de plagas y/o patógenos es importante como indicador de las condiciones que podrían afectar el correcto desarrollo de las acciones de rehabilitación activa y para tomar las medidas y correcciones del caso. De igual forma, identificar los elementos nutricionales que demanda el material vegetal es primordial para reorientar y reforzar los planes de fertilización que se implementarán durante las actividades de mantenimiento. Para tal efecto, se realizará la evaluación de variables cualitativas en las plántulas, que permitan determinar signos y síntomas de algún problema fitosanitario tales como exudados, perforaciones, herrumbres (hongos), agallas, tumores, necrosis, herbivoría, chancros, pudriciones, o cualquier otra manifestación.

Los resultados de los monitoreos serán analizados para identificar si hay especies o áreas específicas que presenten diferencias significativas en relación con el estado fitosanitario y sus manifestaciones. Esto permitirá profundizar en las causas de los problemas fitosanitarios y determinar si hay condiciones adversas en términos de nutrientes o disponibilidad de agua, limitaciones adaptativas de ciertas especies o si es un fenómeno aleatorio que responde a procesos ecológicos propios de sistemas naturales.

En los ecosistemas tropicales es recurrente la afectación causada por algunos agentes bióticos dañinos para las plántulas como hormigas o termitas. Estos insectos atacan gran variedad de plántulas cortando sus hojas hasta causar defoliación total y la muerte del material vegetal. Para el control de estos agentes se adelantarán acciones de monitoreo y control inicialmente con estrategias orgánicas y manejo cultural, y si el problema persiste, se deberá implementar el uso de productos sintéticos mediante insuflado. Cuando el nivel de afectación por parte de los agentes bióticos sea excesivo y los métodos de control cultural y orgánico no sean suficientes, será necesario implementar mecanismos de control con productos sintéticos.

Complementariamente, para evaluar la deficiencia nutricional de las plántulas, se categoriza esta variable de forma binomial (ausencia o presencia de la deficiencia). Su determinación en campo se realiza mediante observación general de los individuos, tratando de identificar algún patrón que pueda evidenciar deficiencia de algún elemento mayor (N, P, K) o menor (B, Fe, Cl, Cu, Zn, Mn, Mo), especialmente en el follaje. Estas actividades serán desarrolladas hasta garantizar que el crecimiento apical de las plántulas establecidas sobrepase el hábito herbáceo de los arvenses, reduciendo su competencia interespecífica.

d. Sugerencias de fertilización

Una vez se inicie la fase de implementación del plan de compensaciones, se deberá adelantar la caracterización biofísica de línea base de las distintas alternativas de compensación propuestas en la que será necesario caracterizar las condiciones fisicoquímicas de los suelos. De acuerdo con los resultados edáficos y las sugerencias de fertilización que resulten de este ejercicio, y con el fin de garantizar las condiciones nutricionales requeridas por las plántulas establecidas en las áreas de rehabilitación, se implementará un esquema de fertilización distribuido en tres (3) etapas; presembrado, establecimiento y mantenimiento.

e. Vigilancia y monitoreo por parte de Guardabosques

Para reducir las afectaciones que pongan en riesgo la sostenibilidad de las acciones implementadas resultantes de la materialización de los factores tensionantes identificados, es necesario adelantar procesos de protección y vigilancia de las alternativas de compensación propuestas a través de guardabosques capacitados y preferiblemente habitantes del área cercana de cada una de las alternativas. Adicional a la función de vigilancia, los guardabosques podrán cumplir el papel de monitoreo de las acciones de rehabilitación activa, con el fin de identificar y alertar de manera temprana la ocurrencia de factores de perturbación, como es el caso de problemas fitosanitarios o nutricionales de las plántulas sembradas, deterioro de los cercados, alta mortalidad de plántulas, conatos de incendio y en general cualquier factor limitante o tensionante que ponga en riesgo las acciones de compensación adelantadas.

De acuerdo con las áreas propuestas y su distribución espacial, se estima que el mínimo de personal de monitoreo y vigilancia será de siete (7) personas. Este estimado resulta de asignar un guardabosques por cada 700 hectáreas en alternativas colindantes.

f. Jornadas de sensibilización y educación ambiental

Como acción complementaria a las anteriormente descritas, se plantea la implementación de jornadas de sensibilización y educación ambiental en cada una de las alternativas seleccionadas con el fin de vincular a las comunidades locales y generar conciencia y apropiación sobre la importancia de procesos de preservación y rehabilitación de los recursos naturales en su territorio. Estas actividades están articuladas con los programas que actualmente el proyecto Gramalote viene desarrollando en el territorio, como por ejemplo las jornadas de educación ambiental para la protección del recurso hídrico asociado a los acueductos veredales en la región, y las estrategias de participación comunitaria para la capacitación y sensibilización en materia de protección de la biodiversidad ligadas a las actividades del vivero.

Para alcanzar este objetivo, se diseñarán jornadas lúdico-pedagógicas y talleres participativos, en los que, además, se buscará construir conjuntamente soluciones frente a las afectaciones y perturbaciones presentes en el territorio.

De modo paralelo, producto de estos eventos, se irán identificando e involucrando a aquellos miembros de la comunidad que muestren mayor sensibilidad frente a las actividades de conservación de la biodiversidad, para vincularlas en el desarrollo de las actividades y procesos de rehabilitación ya sea como guardabosques o viveristas.

g. Resumen estrategias y acciones de compensación

Teniendo en cuenta la actualización de las coberturas terrestres a escala 1:7.500, realizada en cumplimiento del Requerimiento 2 del Acta de Seguimiento No. 875 de 2022, así como el ajuste a la capa Compensación Biodiversidad, en la cual no se dirigen actividades de restauración, rehabilitación ni recuperación en áreas de bosque y vegetación secundaria alta, en cumplimiento del Requerimiento 3 del mismo acto administrativo, se presenta a continuación el resumen del ¿cómo compensar? del Plan de Compensación del Componente Biótico del Proyecto Gramalote.

Las estrategias y acciones de compensación responden al análisis territorial de las dinámicas ecosistémicas y socioeconómicas de las catorce (14) alternativas de compensación definitivas, seleccionadas a partir del refinamiento técnico adelantado durante el proceso de seguimiento ambiental. En concordancia con los lineamientos establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (Resolución 256 de 2018), el Plan contempla acciones de preservación, restauración con enfoque en rehabilitación ecológica y restauración con enfoque en recuperación ecológica, orientadas a garantizar el principio de no pérdida neta de biodiversidad.

Las acciones de preservación se dirigen exclusivamente a coberturas de bosque y vegetación secundaria alta, priorizando su mantenimiento mediante medidas de aislamiento, vigilancia, monitoreo de la biodiversidad e incentivos a la conservación, reconociendo su rol como núcleos de conectividad ecológica y fuentes semilleras dentro del paisaje.

Las acciones de rehabilitación ecológica se aplican en áreas con coberturas seminaturales y vegetación secundaria baja, donde la regeneración natural se encuentra limitada, pero es viable su aceleración mediante intervenciones directas, tales como siembra mediante nucleación con módulos multiestrato, establecimiento de árboles nodriza, enriquecimiento vegetal, liberación de plántulas y conformación de cordones protectores. Estas acciones buscan eliminar o mitigar factores limitantes, promover la sucesión natural y mejorar la estructura y funcionalidad de los ecosistemas intervenidos.

De manera complementaria, el Plan incorpora acciones de recuperación ecológica, orientadas a la intervención activa de áreas con alto grado de transformación, principalmente en la Alternativa Uso Sostenible, donde se requiere restablecer procesos ecológicos básicos mediante arreglos productivos y manejo del paisaje. Estas acciones hacen parte de la respuesta a los requerimientos formulados por la Autoridad Ambiental y se encuentran debidamente cuantificadas y localizadas en el presente Plan.

En la Figura 10.70 se presenta la zonificación de las alternativas de compensación, orientadas acorde con las condiciones actuales del territorio. De esta forma, se puede evidenciar que existe una proporcionalidad del 56,34% del total del área priorizada para la realización de acciones de preservación y del 43,66% restante para acciones de restauración en sus dos enfoques (Rehabilitación y recuperación), con lo que se da cuenta de la complementariedad de las acciones a ejecutar para el cumplimiento de la obligación ambiental.

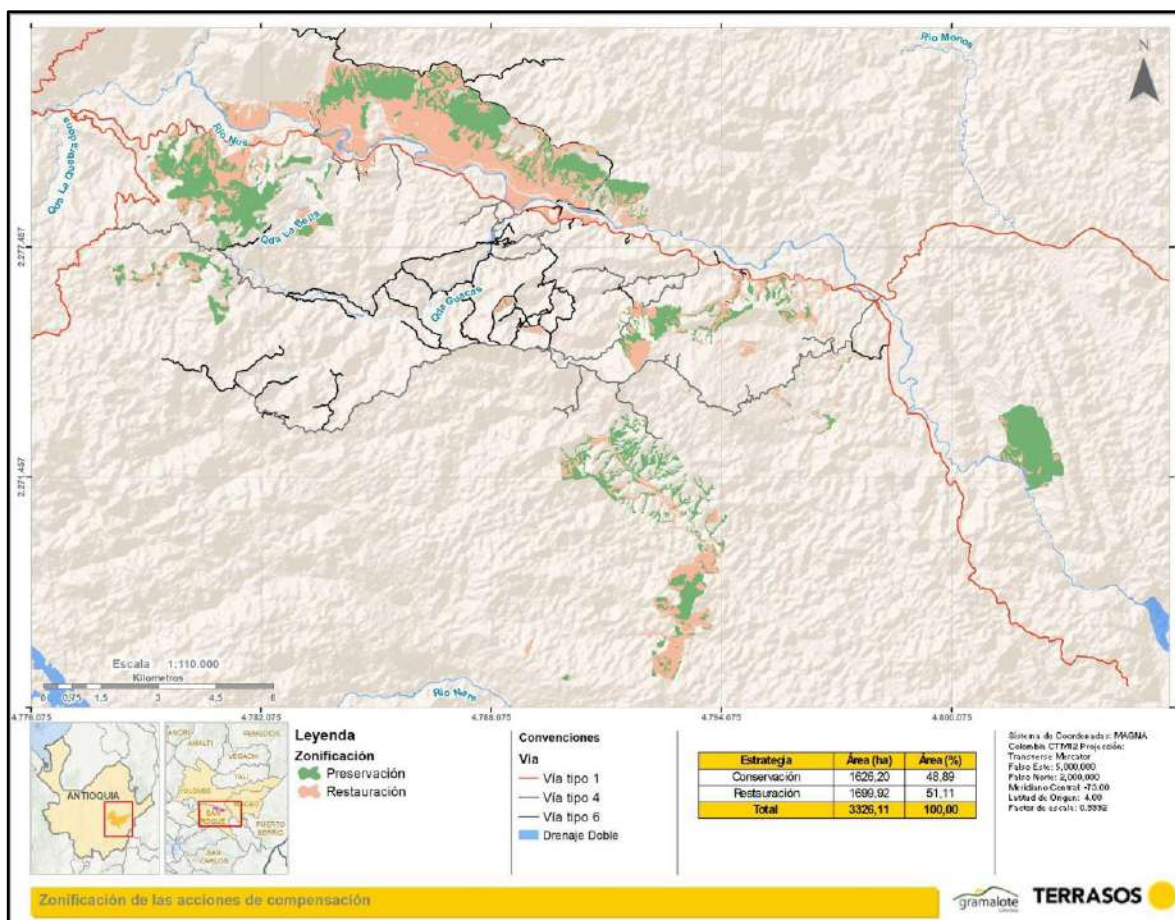


Figura 10.70 Zonificación de las acciones de compensación

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

En conjunto, las estrategias de preservación, rehabilitación y recuperación se integran en un esquema territorial coherente, que reconoce la heterogeneidad del paisaje, fortalece la conectividad ecológica y optimiza la efectividad de la compensación ambiental. A continuación, se presenta la síntesis de áreas por tipo de acción en cada una de las alternativas de compensación definidas (Tabla 10.45).

Tabla 10.45 Acciones de compensación por alternativa

Alternativa	Preservación (ha)	Restauración (ha)		Uso sostenible / Recuperación (ha)	Total (ha)
		Enriquecimiento (ha)	Rehabilitación (ha)		
Guacharacas	453,49	119,88	312,69	0,00	886,05
La Florida	56,17	24,27	21,37	0,00	101,81
Tucumán	70,10	7,07	57,64	0,00	134,80
Bosques de San Roque	186,08	26,58	86,66	0,00	299,32
La Herradura	104,32	21,59	64,22	0,00	190,13

Alternativa	Preservación (ha)	Restauración (ha)		Uso sostenible / Recuperación (ha)	Total (ha)
		Enriquecimiento (ha)	Rehabilitación (ha)		
La Montaña	10,32	2,19	39,45	0,00	51,97
La Estrella	2,14	0,00	15,88	0,00	18,02
Majagual – Recreo	25,78	17,65	31,75	0,00	75,18
Palestina – Diluvio	102,24	39,98	67,57	0,00	209,79
Mulutal	81,13	57,52	62,39	0,00	201,04
Reserva San Pedro	206,74	13,33	4,85	0,00	224,92
Socorro	203,93	3,17	125,94	0,00	333,04
Alto Guacas	103,58	4,97	34,06	0,00	142,61
Uso Sostenible	20,20	0,00	5,99	431,24	457,43
Total	1.626,20	338,21	930,46	431,24	3.326,11

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

En la Tabla 10.46 se resume las acciones de compensación aplicables a cada alternativa.

Tabla 10.46 Estrategias de compensación a implementar en cada alternativa

Alternativa	Cerramiento – Aislamientos (km)	Nucleación (módulos multiestrato)	Árboles nodriza	Cordón protector	Enriquecimiento y liberación	SAF	HMP	Vigilancia y monitoreo	Sensibilización y educación ambiental
Guacharacas	158,61	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí
Socorro	102,84	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí
La Montaña	83,02	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí
Bosques de San Roque	57,2	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí
Mulutal	48,03	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí
Palestina – Diluvio	45,16	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí
Uso sostenible	44,45	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí
La Herradura	31,73	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí
Tucumán	31,71	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí
Alto Guacas	31,25	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí
Florida	19,55	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí
Reserva San Pedro	17,27	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí
Majagual – Recreo	12,15	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí
La Estrella	4,5	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí
Total	687,46	—	—	—	—			—	—

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

F. Modos de compensación

De acuerdo con los modos propuestos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico, cada una de las alternativas seleccionadas podrán tener una o varias figuras de negociación dependientes del interés y expectativas de sus propietarios y/o gestores y de los intereses de Gramalote Colombia. En este sentido, los modos que se proponen en el presente plan de compensación son:

- **Acuerdos de Conservación:** son contratos que incluyen incentivos a la conservación y limitaciones de uso de los ecosistemas, así como sanciones y otros aspectos del derecho privado entre el obligado a compensar y el particular.
- **Servidumbre ecológica:** son acuerdos formales entre el licenciario y los propietarios en los que se acepta el limitar el uso de una parte o la totalidad de su predio (predio sirviente), a favor de cualquier persona natural o jurídica para los fines de conservación y protección de los recursos.
- **Pagos por servicios ambientales (PSA):** es el incentivo económico en dinero o en especie que reconocen los interesados de los servicios ambientales a los propietarios y poseedores de buena fe exenta de culpa por las acciones de preservación y rehabilitación en áreas y ecosistemas estratégicos.
- **Arrendamiento:** es un contrato en el que el propietario se obliga a limitar actividades perjudiciales para la biodiversidad sobre una parte o totalidad de un predio, y al usuario del plan de compensación a pagar por este un precio determinado.
- **Usufructo:** es el derecho real que consiste en la facultad de gozar de una cosa con cargo de conservar su forma y sustancia y de restituirla a su dueño. Puede acordarse por un tiempo determinado o por toda la vida del usufructuario (en caso de que los usufructuarios sean personas jurídicas, el contrato puede ser a máximo 30 años). En el usufructo para la conservación el propietario otorga el derecho al usuario del plan de compensación de disfrutar de una parte o la totalidad del predio con el objeto de preservar y restaurar los ecosistemas allí presentes.
- **Adquisición de predios:** se entiende como la compra, por parte del titular del proyecto, del área objeto de implementación de la compensación en áreas o ecosistemas de interés estratégico para la conservación de los recursos naturales, al igual que en áreas protegidas que hagan parte del SINAP. A la fecha, Gramalote Colombia es propietario de algunas de las alternativas propuestas (Guacharacas, Florida, Majagual - Recreo, La Estrella y Palestina - Diluvio).

A continuación, se presentan los posibles modos de compensación para cada una de las alternativas seleccionadas. Los modos pueden variar entre los diferentes predios incluidos en una misma alternativa. En cualquier caso, se debe garantizar que las áreas de compensación cuentan con el respectivo instrumento legal para ser efectiva su implementación y, asegurar la permanencia y sostenibilidad de las acciones de acuerdo con el Manual de Compensación del Componente Biótico (ver Tabla 10.47).

Tabla 10.47 Modos de compensación en las alternativas de compensación seleccionadas

Alternativa	Propiedad de Gramalote Colombia	Compra de predios	Servidumbre ecológica	Acuerdos de conservación	Arrendamiento	Usufructo	Pago por servicios ambientales (PSA)
Guacharacas	Sí	No	No	Sí	No	No	Sí
Florida	Sí	No	No	Sí	No	No	Sí
Majagual – Recreo	Sí	No	No	Sí	No	No	Sí
La Estrella	Sí	No	No	Sí	No	No	Sí
Palestina – Diluvio	Sí	No	No	Sí	No	No	Sí
Bosques de San Roque	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
La Herradura	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
La Montaña	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Tucumán	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Alto Guacas	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Mulutal	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Socorro	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Reserva San Pedro	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Uso sostenible	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

G. Mecanismos de compensación

Conforme a lo estipulado en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico, los mecanismos de implementación y administración del plan de compensaciones pueden ser de dos (2) tipos: compensaciones directas y/o a través de operadores. En el primer caso, las acciones y actividades de compensación son ejecutadas de manera directa por el usuario responsable del plan de compensación, mientras que, en la segunda, las actividades podrán ser adelantadas por operadores como ONGs, comunidades organizadas, universidades, fondos públicos o privados, entre otros.

Específicamente, los mecanismos de implementación a través de operadores que podrían ser considerados dentro de este plan de compensación son: encargo fiduciario, fondos ambientales y banco de hábitat.

Si bien se proponen los mecanismos posibles para cada una de las alternativas seleccionadas, de forma similar a la definición de los modos, el mecanismo específico de implementación para cada alternativa o predio se definirá previo a la implementación del Plan de Compensación del Componente Biótico conforme se plantea en el ítem CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN. De esta forma, se busca contar con la mejor estrategia para la administración, manejo y seguimiento de los recursos destinados a la ejecución y cumplimiento del plan de compensación.

- Encargo fiduciario

Corresponde a un mecanismo mediante el cual los recursos destinados a la compensación ambiental son administrados por una entidad fiduciaria, garantizando la transparencia, trazabilidad y correcta destinación de los fondos. Este mecanismo podrá emplearse en aquellas alternativas donde se requiera asegurar la administración eficiente de recursos durante periodos prolongados, especialmente cuando concurren diferentes modos de compensación o múltiples predios dentro de una misma alternativa.

- Fondos ambientales

Los fondos ambientales constituyen instrumentos financieros orientados a canalizar recursos hacia la ejecución de acciones de conservación, rehabilitación y uso sostenible. Su utilización permite articular el Plan de Compensación con iniciativas regionales o locales de conservación, fortalecer esquemas de cofinanciación y facilitar la sostenibilidad financiera de las acciones en el tiempo. Este mecanismo resulta pertinente en alternativas donde se busque una gestión integrada del territorio y la vinculación de actores institucionales y comunitarios.

- Banco de hábitat

El banco de hábitat es un mecanismo que permite compensar impactos residuales mediante la inversión en áreas previamente destinadas a la conservación o rehabilitación de ecosistemas, bajo esquemas debidamente regulados. En el contexto del proyecto Gramalote, este mecanismo se considera potencial y complementario, sujeto a la disponibilidad de iniciativas formalmente constituidas y reconocidas por la Autoridad Ambiental, y a la verificación de la equivalencia ecológica exigida por el Manual de Compensaciones.

De manera análoga a lo definido para los modos de compensación, el mecanismo específico de implementación aplicable a cada alternativa o predio no se fija de manera rígida en el presente documento, sino que será definido previo al inicio de la fase de implementación, en concordancia con el Cronograma de Implementación (Capítulo 8), y considerando criterios técnicos, administrativos y financieros que garanticen la correcta ejecución, seguimiento y sostenibilidad del Plan de Compensación del Componente Biótico.

En este sentido, a continuación, se presenta la relación de mecanismos de compensación potencialmente aplicables para cada una de las alternativas seleccionadas, aclarando que podrán coexistir diferentes mecanismos dentro de una misma alternativa, siempre que se garantice la adecuada articulación, administración y control de las acciones de compensación (ver Tabla 10.48).

Tabla 10.48 Mecanismos de compensación en las alternativas de compensación seleccionadas

Alternativa	Ejecución directa	Encargo fiduciario	Fondos ambientales	Banco de hábitat
Guacharacas	Sí	Sí	Sí	Potencial
Socorro	Sí	Sí	Sí	Potencial
La Montaña	Sí	Sí	Sí	Potencial
Bosques de San Roque	Sí	Sí	Sí	Potencial
Mulutal	Sí	Sí	Sí	Potencial
Palestina – Diluvio	Sí	Sí	Sí	Potencial
Uso sostenible	Sí	Sí	Sí	Potencial
La Herradura	Sí	Sí	Sí	Potencial
Tucumán	Sí	Sí	Sí	Potencial
Alto Guacas	Sí	Sí	Sí	Potencial
Florida	Sí	Sí	Sí	Potencial
Reserva San Pedro	Sí	Sí	Sí	Potencial
Majagual – Recreo	Sí	Sí	Sí	Potencial
La Estrella	Sí	Sí	Sí	Potencial

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Es importante mencionar que los mecanismos acá relacionados son potenciales y representan una oportunidad de constitución, una vez finalizado el proceso de aseguramiento predial, el cual, dependerá igualmente de los intereses y acuerdos a los que se lleguen con los propietarios de los inmuebles. Lo anterior da cuenta que no son áreas que se encuentren registradas actualmente bajo algún mecanismo en particular, pero que, esta Sociedad puede contemplar su registro. Lo anterior, teniendo en consideración que dentro del Manual no se constituye como una obligación para la propuesta de un mecanismo en particular, que éste ya se encuentre consolidado.

H. Formas de compensación

Finalmente, en lo relacionado con la forma de compensación, en principio se concibe una implementación de manera agrupada, es decir que se pueden articular los requerimientos de compensación derivados de distintas obligaciones en una misma área, para así maximizar los beneficios asociados a la conservación de la biodiversidad.

Cabe aclarar que esta potencial agrupación no significa la unificación de las obligaciones, más bien considera que desarrollar de manera agrupada las compensaciones, permite la articulación de este requerimiento de compensación con los otros del proyecto, en una misma zona de ejecución (sin sobreponerse y complementándose entre ellos), cumpliendo con las áreas ecológicamente equivalentes y los demás criterios de priorización establecidos.

De igual forma, el agrupar las obligaciones permitirá la generación de mayores impactos positivos, en comparación de implementarlas de manera individual, los cuales, podrán ser cuantificados no solo en términos ambientales sino también en aspectos administrativos y en el aporte al cumplimiento de metas regionales de conservación.

10.1.1.9 Cronograma de implementación

Para la ejecución de las actividades previstas en el presente Plan de Compensación del Componente Biótico se reconoce que los procesos de preservación, rehabilitación y recuperación ecológica corresponden a intervenciones de mediano y largo plazo, cuya duración y resultados dependen del grado de transformación de los ecosistemas, la capacidad de resiliencia natural, la eliminación efectiva de los factores tensionantes y la adecuada comprensión de las dinámicas ecológicas locales.

En concordancia con lo anterior, se establece que las acciones de compensación se desarrollarán durante un horizonte temporal de veinte (20) años, periodo que comprende las fases de establecimiento, mantenimiento, gestión predial, monitoreo, seguimiento y reporte ante la autoridad ambiental. Este horizonte temporal permite consolidar trayectorias sucesionales estables y asegurar la permanencia de las ganancias netas en biodiversidad generadas por el plan.

El cronograma de implementación ha sido estructurado de manera articulada con las cuatro (4) etapas del plan minero del proyecto Gramalote: Reasentamiento, Construcción y Montaje, Operación, y Cierre y Abandono – Postcierre. Bajo este esquema, se plantea un inicio escalonado, progresivo y proporcional de las acciones de compensación, acorde con la magnitud, tipo y temporalidad de los impactos generados sobre el componente biótico en cada etapa.

Durante la etapa de Reasentamiento, las actividades del plan se ejecutarán a una escala reducida y focalizada, en correspondencia con el hecho de que los impactos identificados sobre el componente biótico en esta fase fueron clasificados como irrelevantes. Esto se debe a que las intervenciones son localizadas, el aprovechamiento forestal es selectivo y las áreas intervenidas no generan aislamientos significativos de las coberturas naturales, permitiendo la reversibilidad de las condiciones iniciales mediante procesos de regeneración natural a mediano plazo.

En contraste, durante las etapas de Construcción y Montaje, y Operación, en las cuales se identifican impactos de carácter moderado, severo y permanente sobre el componente biótico, se desplegará la mayor proporción de las acciones de compensación. En estas fases se concentrarán las actividades de establecimiento de siembras, aislamiento, manejo de factores tensionantes y fortalecimiento de la conectividad ecológica, acompañadas de programas intensivos de mantenimiento y monitoreo.

Finalmente, en las etapas de Cierre y Abandono – Postcierre, el énfasis del plan se orientará hacia el seguimiento, evaluación de resultados, ajuste adaptativo de las medidas implementadas y consolidación de las trayectorias sucesionales alcanzadas, garantizando la estabilidad ecológica de las áreas compensadas en el largo plazo.

Es importante señalar que el cronograma propuesto se encuentra en función de la solicitud de modificación de licencia y la generación de los impactos que generen la obligación de compensación (Los cuales no han sido generados por el proyecto en el marco de la licencia ambiental vigente) podrá estar sujeto a ajustes derivados de condiciones operativas, climáticas, prediales o sociales que puedan afectar el desarrollo normal de las actividades. Cualquier modificación sustancial será oportunamente informada a la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, acompañada de los respectivos soportes técnicos y justificaciones, en cumplimiento de los principios de transparencia y control ambiental (Tabla 10.49).

Tabla 10.49 Cronograma de implementación del Plan de Compensación del Componente Biótico

Actividad		Duración (años)																					
		Etapas del proyecto																					
		Reasentamiento o	Construcción y montaje		Operación												Cierre y postcierre						
					Cumplimiento de resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Vinculación de áreas que contempla la obligación de compensación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											
1.1	Vinculación de predios propiedad de Gramalote para compensación en etapa de Reasentamiento o	X																					
1.2	Vinculación de predios propiedad de Gramalote	X	X	X																			
1.3	Compra de predios para compensación		X	X	X																		
1.4	Acercamiento y negociación acuerdos de conservación con propietarios y/o gestores		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											

Actividad		Duración (años)																					
		Etapas del proyecto																					
		Reasentamiento	Construcción y montaje		Operación												Cierre y postcierre						
					Cumplimiento de resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1.5	Firma acuerdos de conservación propietarios y/o gestores		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											
2	Levantamiento de línea base detallada (trabajo campo)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											
2.1	Caracterización edáfica para compensación en etapa de Reasentamiento	X																					
2.2	Caracterización florística para compensación en etapa de Reasentamiento	X																					
2.3	Identificación necesidad aislamiento para compensación en etapa de	X																					

Actividad		Duración (años)																				
		Etapas del proyecto																				
		Reasentamiento o	Construcción y montaje		Operación												Cierre y postcierre					
					Cumplimiento de resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Reasentamiento o																					
2.4	Actualización coberturas de la tierra		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
2.5	Caracterización florística		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
2.6	Caracterización edáfica		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
2.7	Identificación necesidad aislamiento		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
3	Elaboración planes de establecimiento y manejo de las áreas de compensación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										

Actividad		Duración (años)																				
		Etapas del proyecto																				
		Reasentamiento o	Construcción y montaje		Operación												Cierre y postcierre					
			Cumplimiento de resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
3.1	Zonificación de tratamientos de rehabilitación y arreglos florísticos para compensación en etapa de Reasentamiento o	X																				
3.2	Diseño trazado del cerco para compensación en etapa de Reasentamiento o	X																				
3.3	Plan de fertilización para compensación en etapa de Reasentamiento o	X																				
3.4	Diseño y diagramación señalización para compensación en etapa de	X																				

Actividad		Duración (años)																				
		Etapas del proyecto																				
		Reasentamiento	Construcción y montaje	Operación												Cierre y postcierre						
				Cumplimiento de resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Reasentamiento																					
3.5	Zonificación de tratamientos de rehabilitación y arreglos florísticos		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
3.6	Diseño trazado del cerco		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
3.7	Plan de fertilización		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
3.8	Diseño y diagramación señalización		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
4	Propagación de material vegetal y/u obtención de material vegetal en viveros locales	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										

Actividad		Duración (años)																					
		Etapas del proyecto																					
		Reasentamiento	Construcción y montaje	Operación														Cierre y postcierre					
				Cumplimiento de resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
4.1	Propagación de material vegetal para la compensación en etapa de Reasentamiento	X																					
4.2	Adecuaciones para incrementar capacidad de propagación de material vegetal		X	X	X	X																	
4.3	Propagación de material vegetal		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											
5	Implementación de cercados y señalizaciones	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											
5.1	Instalación de cercados para la compensación en etapa de Reasentamiento	X																					

Actividad		Duración (años)																					
		Etapas del proyecto																					
		Reasentamiento	Construcción y montaje	Operación												Cierre y postcierre							
				Cumplimiento de resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
5.2	Instalación señalización para la compensación en etapa de Reasentamiento	X																					
5.3	Instalación de los cercados		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											
5.5	Instalación de las señalizaciones		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											
6	Preparación de terrenos y establecimiento en áreas de restauración	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											
6.1	Rocería o deshierbe para la compensación en etapa de Reasentamiento	X																					
6.2	Trazado para la compensación en etapa de	X																					

Actividad		Duración (años)																					
		Etapas del proyecto																					
		Reasentamiento	Construcción y montaje		Operación												Cierre y postcierre						
					Cumplimiento de resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Reasentamiento																						
6.3	Ahoyado y plateo para la compensación en etapa de Reasentamiento	X																					
6.4	Aplicación de enmiendas para la compensación en etapa de Reasentamiento	X																					
6.5	Siembra para la compensación en etapa de Reasentamiento	X																					
6.6	Fertilización para la compensación en etapa de Reasentamiento	X																					

Actividad		Duración (años)																					
		Etapas del proyecto																					
		Reasentamiento o	Construcción y montaje	Operación												Cierre y postcierre							
				Cumplimiento de resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
6.7	Rocería o deshierbe		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											
6.8	Trazado		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											
6.9	Ahoyado y plateo		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											
6.10	Aplicación de enmiendas		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											
6.11	Siembra		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											
6.12	Fertilización		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											
7	Mantenimiento a las acciones de restauración	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								
7.1	Replateo para la compensación en etapa de Reasentamiento (se debe garantizar tres años de mantenimiento)	X																					

Actividad		Duración (años)																					
		Etapas del proyecto																					
		Reasentamiento	Construcción y montaje		Operación												Cierre y postcierre						
					Cumplimiento de resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
7.2	Fertilización para la compensación en etapa de Reasentamiento o (se debe garantizar tres años de mantenimiento)	X																					
7.3	Replante o resiembra para la compensación en etapa de Reasentamiento o (se debe garantizar tres años de mantenimiento)	X																					
7.4	Control fitosanitario para la compensación en etapa de Reasentamiento o (se debe garantizar tres	X																					

Actividad		Duración (años)																					
		Etapas del proyecto																					
		Reasentamiento o	Construcción y montaje	Operación														Cierre y postcierre					
				Cumplimiento de resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	años de mantenimiento)																						
7.5	Replateo		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								
7.6	Fertilización		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								
7.7	Replante o resiembra		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								
7.8	Control fitosanitario		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								
8	Recorridos de vigilancia en áreas de compensación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8.1	Recorridos personal Gramalote para la compensación en etapa de Reasentamiento o	X																					
8.2	Recorridos Guardabosques		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Actividad		Duración (años)																					
		Etapas del proyecto																					
		Reasentamiento	Construcción y montaje		Operación												Cierre y postcierre						
					Cumplimiento de resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
9	Actividades de sensibilización y educación ambiental		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											
9.1	Jornadas de información y sensibilización en etapa de Reasentamiento	X																					
9.2	Diseño de los talleres de sensibilización y educación ambiental		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											
9.3	Ejecución de los talleres		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											
9.4	Sistematización de resultados y lecciones aprendidas		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											
10	Monitoreo de las acciones de preservación y restauración	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	x	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Actividad		Duración (años)																				
		Etapas del proyecto																				
		Reasentamiento o	Construcción y montaje		Operación												Cierre y postcierre					
					Cumplimiento de resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
10.1	Porcentaje cambio de coberturas terrestres en áreas de preservación y restauración						X							X							X	
10.2	Biodiversidad				X		X			X			X				X				X	
10.3	Indicadores de regeneración natural en áreas de restauración				X		X			X			X				X				X	
10.4	Sobrevivencia y estado acciones de rehabilitación para la compensación en etapa de Reasentamiento o (se debe garantizar tres años de monitoreo)	X																				
10.5	Sobrevivencia y estado acciones de restauración		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							

Actividad		Duración (años)																					
		Etapas del proyecto																					
		Reasentamiento o	Construcción y montaje		Operación												Cierre y postcierre						
					Cumplimiento de resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
10.6	Monitoreo de los indicadores de gestión para la compensación en etapa de Reasentamiento (se debe garantizar tres años de monitoreo)	X																					
10.7	Monitoreo de los indicadores de gestión		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11	Actividades de cumplimiento de la obligación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11.1	Reporte ante Autoridad Ambiental para la compensación en etapa de Reasentamiento	X																					

Actividad		Duración (años)																					
		Etapas del proyecto																					
		Reasentamiento o	Construcción y montaje		Operación														Cierre y postcierre				
					Cumplimiento de resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
11.2	Reporte ante Autoridad Ambiental		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11.3	Entrega de áreas con finalización de mantenimientos							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
11.4	Declaración de cumplimiento de la obligación y cierre																					X	

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

10.1.1.10 Plan operativo y de inversión

El presupuesto de implementación del Plan de Compensación del Componente Biótico o corresponde al costeo integral de un proyecto de compensaciones formulado bajo un esquema de implementación individual, de acuerdo con los lineamientos establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico.

El presente presupuesto constituye una estimación global de referencia, elaborada con base en los costos unitarios definidos para la implementación de acciones de preservación y restauración ecológica, así como para el desarrollo de actividades de monitoreo, gestión administrativa y reporte ante la Autoridad Ambiental. Los valores presentados se encuentran anualizados y proyectados para un horizonte de implementación de veinte (20) años, correspondiente al periodo de ejecución del Plan. Dicho presupuesto se presenta de manera consolidada en el anexo presupuestal, el cual hace parte integral del presente Plan.

Si bien el Plan de Compensación del Componente Biótico ha sido objeto de un refinamiento técnico que permitió priorizar catorce (14) alternativas de compensación y un área total de 3.055,95 ha, los valores presentados en el anexo presupuestal corresponden a un escenario global de referencia, construido a partir de los costos unitarios y áreas estimadas al momento de su formulación calculados de manera anualizada, y no constituyen un valor contractual definitivo.

Los costos aquí presentados podrán ajustarse durante la fase de implementación, en función de la definición final de las alternativas, los mecanismos de compensación, las negociaciones prediales y los acuerdos con proveedores u operadores, manteniendo en todo caso la proporcionalidad con las áreas efectivamente intervenidas y las acciones implementadas.

A continuación, se presentan los costos unitarios y los valores totales estimados conforme al presupuesto anexo (ver Tabla 10.50).

Tabla 10.50 Presupuesto estimado de implementación

Concepto	Valor unitario (COP/ha)	Total estimado (COP)
Costo promedio inversión por hectárea	\$ 47.558.227,00	\$ 158.183.894.406,97
Costo promedio por hectárea preservada	\$ 36.011.128,00	\$ 58.561.296.353,6
Costo promedio por hectárea en SAF	\$ 75.000.000,00	\$ 11.706.000.000,00
Costo por hectárea rehabilitada	\$ 63.871.892,00	\$ 98.607.343.026,36

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

10.1.1.11 Evaluación de los potenciales riesgos y propuesta para minimizarlos

Durante la implementación y ejecución de las acciones planteadas en el presente Plan de Compensación del Componente Biótico pueden presentarse factores de tipo técnico, social, financiero y jurídico que influyan de manera directa o indirecta en el cumplimiento de las metas establecidas para atender los compromisos de compensación. Los factores identificados corresponden a tensionantes ambientales, operativos, prediales y administrativos que, de materializarse, configuran riesgos potenciales para la adecuada implementación de las acciones de preservación, rehabilitación, recuperación ecológica y uso sostenible.

En este contexto, resulta necesario identificar, evaluar y proponer medidas de mitigación orientadas a minimizar dichos riesgos y asegurar la viabilidad técnica, ambiental y administrativa del Plan. A continuación, se presentan los principales riesgos identificados y las estrategias definidas para su mitigación (Tabla 10.51).

Tabla 10.51 Riesgos potenciales y propuesta de mitigación

Tipo de riesgo	Descripción	Consecuencia de la ocurrencia del evento	Propuesta de mitigación	Probabilidad e Impacto ³
Técnico	Variabilidad climática (precipitaciones o sequías atípicas)	Afectación directa y negativa de la supervivencia de las plántulas sembradas en las acciones de rehabilitación.	Planear y diseñar las fases de siembra de material vegetal para que sucedan en épocas de menor riesgo climático como los meses de mayor precipitación. Esta planeación deberá apoyarse en información proporcionada por las entidades oficiales de gestión de información ambiental como el IDEAM. Adicionalmente, es necesario incorporar hidrotecnedor en el momento de la siembra de las plántulas con el fin de asegurar el contenido	Media & Alto

3 Metodología para la gestión de riesgos con enfoque cualitativo en el nivel de criticidad.

Tipo de riesgo	Descripción	Consecuencia de la ocurrencia del evento	Propuesta de mitigación	Probabilidad e Impacto ³
			adecuado de agua en el sistema radicular de las plántulas durante la fase de establecimiento.	
Técnico	Condiciones edáficas como deficiencia de nutrientes	Afectación directa y negativa sobre el desarrollo, supervivencia y crecimiento de las plántulas sembradas en las acciones de rehabilitación.	Una vez adelantado el levantamiento de línea base de las condiciones edáficas, se debe plantear un esquema de fertilización para las fases de presembrado y establecimiento en el que se atiendan las sugerencias de fertilización resultantes de los análisis físicoquímicos de suelo.	Media & Medio
Técnico y social	Incendios forestales asociados a quemas recurrentes en actividades agropecuarias del entorno	Afectación directa a través de pérdida de cobertura vegetal en áreas de preservación y rehabilitación, deterioro de la capa orgánica, pérdida de fertilidad del suelo y posible reversión de procesos	Implementación focalizada de franjas cortafuegos en sectores transformados o de uso antrópico, conforme a lo definido en el numeral 8.4.1.2.2. Articulación con autoridades locales para la gestión del	Media & Medio

Tipo de riesgo	Descripción	Consecuencia de la ocurrencia del evento	Propuesta de mitigación	Probabilidad e Impacto ³
		sucesionales en curso.	riesgo. Monitoreo preventivo en temporadas secas identificadas como de mayor recurrencia.	
Social	Pastoreo de ganado	Afectación directa y negativa sobre la supervivencia de las plántulas sembradas en las acciones de rehabilitación.	Establecimiento de aislamientos a través de cercas tipo 1 que impidan el ingreso de ganado a las áreas de establecimiento de acciones de rehabilitación.	Alta & Alto
Social	Minería informal	Afectación directa y negativa sobre la integridad del recurso hídrico y coberturas vegetales naturales	Vigilancia permanente por parte de guardabosques. Actualmente, el proyecto Gramalote adelanta un plan de formalización minera en la zona, con el cual se puede disminuir el impacto de la minería informal sobre las áreas priorizadas para la compensación.	Media & Alto
Social	Caza de fauna silvestre	Afectación directa sobre especies de mamíferos principalmente, que afectan sus tamaños poblacionales y dinámicas de interacción con otras especies.	Se plantea vigilancia por parte de guardabosques y talleres de educación y sensibilización ambiental (dentro del marco de desarrollo de los planes de manejo ambiental).	Alta & Alto
Social	Tala selectiva de especies maderables	Afectación directa sobre especies vegetales de importancia para la conservación y/o especies endémicas	Vigilancia por parte de guardabosques y jornadas de sensibilización, educación y sensibilización	Alta & Alto

Tipo de riesgo	Descripción	Consecuencia de la ocurrencia del evento	Propuesta de mitigación	Probabilidad e Impacto ³
		amenazadas y vedadas. Esta afectación disminuye los tamaños poblacionales y puede afectar las coberturas boscosas	ambiental con las comunidades locales.	
Social	Reasentamiento de poblaciones locales cerca de las alternativas priorizadas	Posible afectación indirecta sobre otros riesgos de tipo social anteriormente mencionados como: tala selectiva y caza de fauna silvestre.	Se hace necesario un programa de educación y sensibilización ambiental que sea implementado durante la fase de reubicación y reasentamiento de poblaciones afectadas por el proyecto.	Alta & Alto
Social	Incendios forestales	Afectación directa a través de pérdida de cobertura vegetal, deterioro de la capa orgánica y pérdida de fertilidad de los suelos, dando origen a procesos erosivos.	Se plantea el establecimiento de barreras cortafuegos, así como la implementación de programas de educación y sensibilización ambiental con las comunidades locales	Medio & Alto
Técnico	Dificultad de obtención de material vegetal	Dificultades en la implementación de las acciones de rehabilitación.	Potenciar y/o complementar la capacidad de producción del vivero del proyecto Gramalote. Realizar seguimiento fenológico a fuentes de germoplasma, trabajar con material vegetal nativo de fácil obtención; o utilizar material proveniente de los bancos de	Bajo & Medio

Tipo de riesgo	Descripción	Consecuencia de la ocurrencia del evento	Propuesta de mitigación	Probabilidad e Impacto ³
			plántulas de regeneración natural.	
Técnico	Dificultades de acceso a las áreas de compensación	Debido a las complejas condiciones de acceso al interior del área, se pueden retrasar las actividades de ejecución, mantenimiento y monitoreo previstas en el plan de trabajo.	Validación de condiciones de acceso con socios locales. Planeación de desplazamientos teniendo en cuenta el calendario ecológico. Apoyo de operadores y socios locales para dar continuidad a las acciones. Propagación de material vegetal in situ.	Medio & Alto
Técnico y social	Vandalismo	Acciones que pongan en riesgo y peligro el personal y las actividades implementadas.	Apoyo de las autoridades encargadas de la seguridad Nacional.	Medio & Alto
Financiero	Falta de capacidad financiera	El éxito de la compensación depende en gran medida de la garantía de tener los recursos financieros necesarios para implementar y dar permanencia a las acciones previstas.	Elaborar presupuestos detallados para asegurar la disponibilidad de los recursos en el mediano y largo plazo, y tomar las provisiones respectivas al interior de la empresa. Generar reservas de contingencia para cada una de las alternativas.	Bajo & Alto

Tipo de riesgo	Descripción	Consecuencia de la ocurrencia del evento	Propuesta de mitigación	Probabilidad e Impacto ³
Jurídico	Cambios en las reglas del juego de los acuerdos con propietarios	Cambio en la destinación de las áreas seleccionadas para el desarrollo de las compensaciones, las cuales son empleadas para fines distintos a los previstos en los acuerdos establecidos con los propietarios o administradores de los predios.	Se deberá agotar el trámite administrativo correspondiente y, de ser el caso, se presentarán ante la Autoridad Ambiental nuevas áreas para compensar, así como el sustento respectivo que motiva esta decisión. No obstante, se podrán adelantar procesos de gestión comunitaria y procesos de diálogo e involucramiento de los stakeholder a lo largo del proyecto. Mantener espacios de diálogo y relacionamiento permanente con los propietarios y gestores.	Alto & Alto

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

10.1.1.12 Plan de monitoreo y seguimiento

Para el monitoreo de las estrategias de preservación, restauración con enfoque en rehabilitación, recuperación ecológica y uso sostenible que se implementarán en cada una de las alternativas de compensación seleccionadas, se establecen a continuación una serie de indicadores orientados a evaluar el desempeño y los resultados del Plan de Compensación del Componente Biótico.

Estos indicadores permitirán medir, a través de los eventos de monitoreo, las ganancias demostrables en biodiversidad, el estado de conservación, rehabilitación y recuperación de los ecosistemas, así como la permanencia en el tiempo de las áreas destinadas a la compensación, en concordancia con los objetivos del Plan, el cronograma de implementación definido y los lineamientos establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico.

Así mismo, el Plan de Monitoreo y Seguimiento permitirá evaluar las dinámicas ecosistémicas, la efectividad de las acciones implementadas y el cumplimiento de los compromisos ambientales adquiridos, constituyéndose en un insumo fundamental para la gestión adaptativa del Plan, la toma de decisiones y el reporte periódico ante la Autoridad Ambiental competente (ver Tabla 10.52).

Es importante destacar que los indicadores contenidos en el presente documento corresponden a los evaluados por la ANLA mediante el Concepto Técnico 0419 del 2 de febrero de 2024, acogido a través de la Resolución 0356 del 7 de marzo de 2024 y la Resolución 981 del 28 de mayo de 2024.

Adicionalmente, se incorporan indicadores orientados al monitoreo y seguimiento del uso sostenible, los cuales fueron formulados con base en el modelo conceptual del SEMCA del Instituto Humboldt (2019)

Tabla 10.52 Monitoreo y seguimiento del Plan de Compensación del Componente Biótico

PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL PLAN DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL		
Objetivo		
Realizar seguimiento y monitoreo a las acciones implementadas de Compensación		
INDICADORES DE GESTIÓN		
Meta	Indicador	Resultado satisfactorio
Compensar el área de acuerdo con la obligación de la licencia	$ACom = \frac{\text{área compensada con acciones implementadas}}{\text{área obligación a compensar}} * 100$ <p>Este indicador llega a su meta al finalizar el plan de compensación</p>	ACom= 100%; Cumple
Vincular el área total (ha) para la obligación de compensación	$\frac{\text{Áreas (ha) vinculadas}}{\text{Área total (ha) a vincular}} * 100$ <p>Este indicador llega a su meta en el año 10 del cronograma</p>	100%; cumple
Garantizar la vigilancia y monitoreo del área compensada	$ViM = \frac{\text{Guardabosques} * \text{área máxima vigilancia}}{\sum \text{área en implementación}} * 100$ <p>Donde, ViM: indicador de verificación vigilancia y monitoreo Guardabosques: número de personal vinculado para vigilancia y monitoreo de la compensación. Área máxima de vigilancia: área (ha) máxima que puede abarcar un guardabosque de acuerdo con lo plasmado en el plan (700 ha). Área en implementación: área (ha) donde se han implementado acciones de preservación y rehabilitación.</p>	ViM ≥ 100%; cumple ViM < 100%; no cumple
Garantizar que se brinda información y espacios de		linfSe ≥ 100%; Cumple

PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL PLAN DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL		
Objetivo		
Realizar seguimiento y monitoreo a las acciones implementadas de Compensación		
sensibilización a la comunidad aledaña de las alternativas de compensación.	$I_{infSe} = \frac{TrV1 + TrV2 + TrV3 + \dots TrVn}{\text{veredas del área de implementación}}$ <p>Donde, I_{infSe}: indicador de verificación de jornadas de información y sensibilización con comunidades. $TrV1$: número de jornadas de información y sensibilización en la vereda 1. $TrVn$: número de jornadas de información y sensibilización en la vereda n. Veredas del área de implementación: número de veredas del área donde se han o se están implementando acciones de preservación y rehabilitación.</p>	$I_{infSe} < 100\%$; No cumple
Garantizar que el área de compensación cuenta con el respectivo instrumento legal para ser efectiva su implementación y, asegurar la permanencia y sostenibilidad de las acciones.	$I_{Modo} = \frac{\sum (Mod1 + Mod2 + \dots + Mod6)}{\sum \text{área vinculada hasta el año } n} * 100$ <p>Donde, I_{Modo}: indicador para verificar el modo de compensación. $Mod1$: áreas (ha) vinculadas por acuerdos de conservación al año n. $Mod2$: áreas (ha) vinculadas por servidumbres ecológicas al año n $Mod3$: áreas (ha) vinculadas por pagos por servicios ambientales al año n $Mod4$: áreas (ha) vinculadas por arrendamiento al año n $Mod5$: áreas (ha) vinculadas por usufructo al año n $Mod6$: áreas (ha) vinculadas por compra de predios al año n Área vinculada: área (ha) habilitada para la implementación del plan al año n.</p>	$I_{Modo} = 100\%$; Cumple $I_{Modo} < 100\%$; No cumple

PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL PLAN DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL						
Objetivo						
Realizar seguimiento y monitoreo a las acciones implementadas de Compensación						
Garantizar que el área de compensación cuenta con los mecanismos de implementación y administración enmarcados en la normatividad colombiana		$IMec = \frac{\sum (Mec1 + Mec2 + Mec3 + Mec4)}{\sum \text{área en implementación hasta el año } n} * 100$ <p>Donde, IMec: indicador para verificar el mecanismo de compensación Mec1: áreas (ha) implementadas por ejecución directa al año n Mec2: áreas (ha) implementadas por encargo fiduciario al año n Mec3: áreas (ha) implementadas por fondos ambientales al año n Mec4: áreas (ha) implementadas por bancos de hábitat al año n Área en implementación: área (ha) donde se han implementado acciones de preservación y rehabilitación al año n</p>			IMec = 100%, Cumple IMec < 100%; No cumple	
INDICADORES DE IMPACTO						
Estrategia	Objetivo	Meta año 20	Indicadores	Periodicidad de medición	Método de medición	Resultado satisfactorio
Preservación de coberturas boscosas y áreas seminaturales.	Preservar las coberturas de bosques y vegetación secundaria existente.	Permanencia del 100% de la extensión de coberturas boscosas y áreas seminaturales (vegetación secundaria).	Porcentaje de tasa de cambio de coberturas naturales. $\delta = \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^{\frac{1}{n}} - 1$ Donde, δ: tasa de cambio (para expresar en % hay que multiplicar por 100) S1: superficie en la fecha 1 S2: superficie en la fecha 2 n: es el número de años entre las dos fechas.	Mediciones al año 6, 12 y 19 de desarrollo del plan.	Verificación en campo y análisis multitemporal de las áreas de preservación.	δ = 0; Cumple δ < 0; No cumple δ=0 indica que el 100% de las áreas propuestas para preservación asociadas a coberturas boscosas y Vegetación secundaria se preservan.

PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL PLAN DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL						
Objetivo						
Realizar seguimiento y monitoreo a las acciones implementadas de Compensación						
			<p>Diversidad y riqueza neta de especies</p> $I = \frac{S - 1}{\ln(N)}$ <p>Donde, I: índice de riqueza de Margalef S: número de especies presentes N: número total de individuos encontrados</p> $H' = - \sum p_i \ln p_i$ <p>Donde, H': índice de diversidad de Shannon</p> $P_i = \frac{n_i}{N}$ <p>ni: número de individuos de la especie i</p> $D = \sum (p_i)^2$ <p>Donde, D: índice de dominancia de Simpson</p>	<p>Mediciones al año 6, 12 y 19 de desarrollo del plan.</p>	<p>Recolección y seguimiento de datos en las parcelas de monitoreo</p>	<p>$\frac{I_{ti}}{I_{t0}} \geq 1$; Cumple</p> <p>$\frac{I_{ti}}{I_{t0}} < 1$; No cumple</p> <p>$\frac{H'_{ti}}{H'_{t0}} \geq 1$; Cumple</p> <p>$\frac{H'_{ti}}{H'_{t0}} < 1$; No cumple</p> <p>$\frac{D_{ti}}{D_{t0}} \leq 1$; Cumple</p> <p>$\frac{D_{ti}}{D_{t0}} > 1$; No cumple</p> <p>Donde, t0: valor registrado en la línea base ti: valor registrado en el monitoreo i</p> <p>Valores de los índices de diversidad, riqueza y dominancia en las coberturas naturales objeto de preservación, deben</p>

PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL PLAN DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL						
Objetivo						
Realizar seguimiento y monitoreo a las acciones implementadas de Compensación						
						indicar que las condiciones permanecen o están en mejor estado que la línea base.
Rehabilitación ecológica de coberturas agrícolas y seminaturales.	Reemplazar las coberturas agrícolas por coberturas seminaturales o naturales, mejorando su estructura y composición. Mejorar la conectividad estructural de los relictos de bosque existentes en las áreas de preservación.	Aumentar la cobertura de plantas leñosas en áreas de rehabilitación.	<p>Porcentaje de tasa de cambio de coberturas</p> $\delta = \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^{\frac{1}{n}} - 1$ <p>Donde, δ: tasa de cambio (para expresar en % hay que multiplicar por 100) S1: superficie en la fecha 1 S2: superficie en la fecha 2 n: es el número de años entre las dos fechas.</p>	Mediciones al año 6, 12 y 19 de desarrollo del plan.	Verificación en campo y análisis multitemporal de las áreas de rehabilitación.	<p>$\delta > 0$; Cumple $\delta < 0$; No cumple $\delta = 0$; No hay cambios</p> <p>$\delta > 0$ indica que la cobertura antropizada cambio a cobertura natural y se reemplaza la cobertura anterior.</p> <p>$\delta = 0$, es válido en el monitoreo 1.</p>
			<p>Densidad de siembra</p> $\frac{\text{individuos plantados}}{\text{área implementada}}$ <p>Donde, Individuos plantados: número de individuos plantados.</p>	Única. Se presentarán avances anuales, sin embargo, el cumplimiento del resultado satisfactorio se realizará una	Recolección de datos mediante inventario del 100% de individuos sembrados.	Cumplir con el 85% de la densidad de siembra planificada para áreas rehabilitadas mediante nucleación con módulos multiestrato, árboles nodriza y cordón

PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL PLAN DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL						
Objetivo						
Realizar seguimiento y monitoreo a las acciones implementadas de Compensación						
			Área implementada: área (ha) donde se han implementado acciones de rehabilitación.	vez finalice la siembra.		<p>protector. Es importante tener en cuenta que, la densidad puede variar de acuerdo con las características del área (presencia de individuos arbóreos, rocas, etc). Dichas novedades se reportarán a la Autoridad con su respectiva evidencia.</p> <p>Se aclara que, para las acciones de rehabilitación mediante enriquecimiento, no se establece un nivel satisfactorio, puesto que la cantidad de individuos a sembrar depende de la disponibilidad de claros al interior de la cobertura, por ende, no se proyecta un valor genérico de densidad de siembra; sin embargo, el valor de densidad por</p>

PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL PLAN DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL						
Objetivo						
Realizar seguimiento y monitoreo a las acciones implementadas de Compensación						
						unidad de área para esta acción será reportada.
			<p>Indicador de especies empleadas</p> $sp = \frac{\# \text{ sp usadas}}{\# \text{ minimo sp}} * 100$ <p># minimo sp = 10</p> <p>Donde, sp: especies</p> <p>Indicador uso de especies</p> $Usp = \frac{\text{sp usadas y autorizadas}}{\text{total sp autorizadas}} * 100$ <p>Donde, Sp= Especies</p>	<p>Única. Se presentarán avances anuales, sin embargo, el cumplimiento del resultado satisfactorio se realizará una vez finalice la siembra en cada polígono.</p>	<p>Recolección de datos mediante inventario del 100% de individuos sembrados.</p>	<p>sp ≥ 100%; Cumple</p> <p>sp < 100%; No Cumple</p> <p>En cada polígono de rehabilitación, se establecerán como mínimo 10 especies forestales nativas en los arreglos florísticos, por lo tanto, el indicador debe ser igual o superior al 100%.</p> <p>Usp = 100%; Cumple</p> <p>Usp < 100%; No Cumple</p>
			Tasa de sobrevivencia	Medición anual, durante los tres (3) años de	Recolección y seguimiento de datos mediante	<p>r m ≥ 85; Cumple</p> <p>r m < 85; No cumple</p>

PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL PLAN DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL						
Objetivo						
Realizar seguimiento y monitoreo a las acciones implementadas de Compensación						
			$r m = \left[\frac{Ns}{N0} \right] * 100$ <p>Donde, Rm: tasa anual de sobrevivencia expresada en porcentaje. No: número de Individuos inicialmente inventariados. Mu: número de individuos muertos durante el intervalo t de tiempo. Ns= No – Mu t: intervalo de tiempo en años, transcurrido entre los dos (2) inventarios.</p>	mantenimiento de las siembras.	inventario estadístico y con el tamaño de muestra que sea representativo respecto al total de plántulas sembradas.	<p>Sobrevivencia igual o mayor al 85% de los individuos sembrados al finalizar los tres (3) años de mantenimiento.</p> <p>Es impórtate señalar que después de dos (2) años de siembra la mortalidad se considera natural, como lo estipula el Plan Nacional de Restauración en la página 30.</p>
			<p>Indicador de estado fitosanitario</p> $EF = \left[\frac{s + as}{n} \right] * 100$ <p>Donde, EF: estado fitosanitario s: plántulas en estado fitosanitario sano as: plántulas en estado fitosanitario aceptablemente sano n: número de plántulas monitoreadas</p>	Medición anual, durante los tres (3) años de mantenimiento de las siembras.	Recolección y seguimiento de datos mediante inventario estadístico y con la intensidad de muestreo que sea representativo respecto al total de	<p>EF ≥ 85%; Cumple</p> <p>EF < 85%; No cumple</p> <p>El 85% de los individuos deben estar sanos o aceptablemente sanos.</p>

PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL PLAN DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL						
Objetivo						
Realizar seguimiento y monitoreo a las acciones implementadas de Compensación						
					plántulas sembradas.	
		Incrementar los índices de biodiversidad de especies en las zonas de rehabilitación ecológica.	<p>Diversidad y riqueza neta de especies</p> $I = \frac{S - 1}{\ln(N)}$ <p>Donde, I: índice de riqueza de Margalef S: número de especies presentes N: número total de individuos encontrados</p> $H' = - \sum p_i \ln p_i$ <p>Donde, H': índice de diversidad de Shannon</p> $P_i = \frac{n_i}{N}$ <p>ni: número de individuos de la especie i</p> $D = \sum (p_i)^2$ <p>Donde, D: índice de dominancia de Simpson</p>	Mediciones al año 3, 6, 9, 12, 15 y 19 de desarrollo del plan	Recolección y seguimiento de datos en las parcelas de monitoreo.	<p>$\frac{It_i}{It_0} \geq 1$; Cumple</p> <p>$\frac{It_i}{It_0} < 1$; No cumple</p> <p>$\frac{H't_i}{H't_0} \geq 1$; Cumple</p> <p>$\frac{H't_i}{H't_0} < 1$; No cumple</p> <p>$\frac{Dt_i}{Dt_0} \leq 1$; Cumple</p> <p>$\frac{Dt_i}{Dt_0} > 1$; No cumple</p> <p>Donde, t0: valor registrado en la línea base ti: valor registrado en el monitoreo i</p>

PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL PLAN DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL						
Objetivo						
Realizar seguimiento y monitoreo a las acciones implementadas de Compensación						
			<p>Índice de regeneración natural</p> $\%REG = \frac{IA + IAR}{\# IND TOTAL}$ <p>Donde, %REG =Índice de regeneración natural. IA = Número de individuos de la regeneración natural de hábito arbóreo IAR = Número de individuos de la regeneración natural de hábito arbustivo</p>	Mediciones al año 3, 6, 9, 12, 15 y 19 de desarrollo del plan	Recolección y seguimiento de datos en las parcelas de monitoreo.	<p>$\frac{\%REG_{ti}}{\%REG_{t0}} > 1$; cumple</p> <p>$\frac{\%REG_{ti}}{\%REG_{t0}} < 1$; No cumple</p> <p>$\frac{\%REG_{ti}}{\%REG_{t0}} = 1$; No cambio</p> <p>Donde, t0: valor registrado en la línea base ti: valor registrado en el monitoreo i</p> <p>%REG=0, es válido en el monitoreo 1 y 2.</p>
recuperación ecológica, implementación de sistemas agroforestales (SAF) y herramientas de manejo del paisaje (HMP)	Mejorar oferta ecológica en coberturas agrícolas, fomentando la conectividad estructural del paisaje	Aumentar la cobertura de plantas leñosas en áreas de recuperación	<p>Tasa de sobrevivencia</p> $r m = \left[\frac{Ns}{NO} \right] * 100$ <p>Donde, Rm: tasa anual de sobrevivencia expresada en porcentaje. No: número de Individuos inicialmente inventariados.</p>	Medición anual, durante los tres (3) años de mantenimiento de las siembras.	Recolección y seguimiento de datos mediante inventario estadístico y con el tamaño de muestra que sea representativo respecto al	<p>$r m \geq 85$; Cumple</p> <p>$r m < 85$; No cumple</p> <p>Sobrevivencia igual o mayor al 85% de los individuos sembrados al finalizar los tres (3) años de mantenimiento.</p>

PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL PLAN DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL						
Objetivo						
Realizar seguimiento y monitoreo a las acciones implementadas de Compensación						
			Mu: número de individuos muertos durante el intervalo t de tiempo. Ns= No – Mu t: intervalo de tiempo en años, transcurrido entre los dos (2) inventarios.		total de plántulas sembradas.	Es impórtate señalar que después de dos (2) años de siembra la mortalidad se considera natural, como lo estipula el Plan Nacional de Restauración en la página 30.
			Indicador de estado fitosanitario $EF = \left[\frac{s + as}{n} \right] * 100$ Donde, EF: estado fitosanitario s: plántulas en estado fitosanitario sano as: plántulas en estado fitosanitario aceptablemente sano n: número de plántulas monitoreadas	Medición anual, durante los tres (3) años de mantenimiento de las siembras.	Recolección y seguimiento de datos mediante inventario estadístico y con la intensidad de muestreo que sea representativo respecto al total de plántulas sembradas.	EF ≥ 85%; Cumple EF < 85%; No cumple El 85% de los individuos deben estar sanos o aceptablemente sanos.
		Estabilidad o aumento de la presencia de especies de avifauna respecto al	Abundancia de especies clave (migratorias, endémicas, amenazadas) Aclave,t = Abundancia absoluta de especies clave en el tiempo t.	Cada 3 años teniendo en cuenta un muestreo en temporada seca y lluviosa	Puntos de muestreo y monitoreo de avifauna clave en las áreas	Aclave, ti Aclave, t0 ≥ 1; cumple

PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL PLAN DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL						
Objetivo						
Realizar seguimiento y monitoreo a las acciones implementadas de Compensación						
		escenario de referencia o línea base	<p>AaA,t = Abundancia absoluta de especies amenazadas en el tiempo t</p> <p>AaE,t = Abundancia absoluta de especies endémicas en el tiempo t</p> <p>AaM,t = Abundancia absoluta de especies migratorias en el tiempo t.</p> <p>Aclave,t = AaA,t + AaE,t + AaM,t</p>		de recuperación	<p>$\frac{Aclave,ti}{Aclave,t0} < 1$; requiere análisis de causas</p> <p>Donde, t0: valor registrado en la línea base ti: valor registrado en el monitoreo</p>
			<p>Riqueza avifauna</p> $Sest = \frac{S}{E}$ <p>Donde:</p> <p>S = Número de especies registradas</p> <p>E = Esfuerzo de muestreo (ej. horas/red, puntos de conteo, días de monitoreo)</p>	Cada 3 años teniendo en cuenta un muestreo en temporada seca y lluviosa	Puntos de muestreo y monitoreo de avifauna clave en las áreas de recuperación	<p>$\frac{Sest,ti}{Sest,t0} \geq 1$; cumple</p> <p>$\frac{Sest,ti}{Sest,t0} < 1$; requiere análisis</p>

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Para estimar cada uno de los indicadores presentados en la tabla anterior, se usarán las siguientes metodologías:

10.1.1.12.1 Cambio de cobertura

Este indicador mide los cambios de área de las coberturas naturales a partir de un análisis multitemporal en un período de 20 años, mediante el cual se identifican las pérdidas o ganancia de hábitat para los organismos vivos. La tasa de cambio estima el grado de conservación de la cobertura, la cantidad de hábitat natural intacto y los patrones de conversión.

Se espera que las áreas preservadas no presenten cambios en sus coberturas y permanezcan intactas, es decir, que los tamaños iniciales de los parches boscosos persistan.

Las tasas de cambio se calcularán de acuerdo con la Ecuación 10.2 (FAO, 1990):

$$\delta_n = \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^{1/n} - 1$$

Ecuación 10.2 Cambio de cobertura

Donde,

δ = es la tasa de cambio (para expresar en % hay que multiplicar por 100)

S_1 = superficie en la fecha 1

S_2 = superficie en la fecha 2

n = es el número de años entre las dos fechas.

La extensión establecida para preservación será identificada espacialmente en las áreas de conservación definidas. Se harán verificaciones en campo mediante georreferenciación, sobrevuelos con vehículos aéreos no tripulados y fotocontrol. Este indicador es relevante ya que permite hacer seguimiento a las coberturas boscosas en términos de área, para las distintas alternativas seleccionadas.

10.1.1.12.2 Índices ecológicos de diversidad y riqueza de especies

La diversidad de especies es un atributo de las comunidades medido por la heterogeneidad y la uniformidad de éstas. La diversidad se compone de dos (2) elementos: el primero es la variación de especies y el segundo es la abundancia relativa de estas (Magurran 1998). Con el fin de analizar las comunidades presentes en las áreas de compensación, se evaluarán los principales índices reportados en la literatura: riqueza, diversidad y dominancia de especies.

I. Índice de riqueza de Margalef

Es una medida utilizada en ecología para estimar la biodiversidad de una comunidad con base a la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en

función del número de individuos existentes en la muestra analizada. Se calcula con la Ecuación 10.3.

$$I = \frac{S - 1}{\ln(N)}$$

Ecuación 10.3 Índice de riqueza de Margalef

Donde,

S = número de especies presentes

N = número total de individuos encontrados

J. Índice de diversidad de Shannon

Este índice está basado en la abundancia proporcional de las especies y considera tanto la proporción como la riqueza de especies. Normalmente los valores de este índice varían entre 0 y 5, determinando un sitio como poco diverso si presenta valores entre 0 y 1,5; medianamente diverso si los valores están entre 1,6 y 3,0 y muy diverso si los valores se encuentran entre 3,1 y 5,0 (Ecuación 10.4).

$$H' = - \sum p \ln p$$

Ecuación 10.4 Índice de diversidad de Shannon

Donde:

ni = número de individuos de la especie i

N = total de individuos

K. Índice de dominancia de Simpson

Este índice muestra si la comunidad a analizar presenta una dominancia de especies (Ecuación 10.5). Para efectos de facilitar el análisis, se emplea una modificación del índice de dominancia de Simpson el cual se expresa de la siguiente manera: $1 - \lambda$, siendo $\lambda = D$. En este caso los valores cercanos a cero indican el dominio de una o pocas especies.

$$D = \sum (p_i)^2$$

Ecuación 10.5 Índice de dominancia de Simpson

Donde,

ni = número de individuos de la especie i

N = total de individuos

Estos indicadores ecológicos deberán ser calculados basados en mediciones realizadas cada 3 años en zonas de rehabilitación, de acuerdo con lo estipulado en el Programa de Restauración, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Intervenidas del proyecto Gramalote (PMA_BIO_04). De esta manera, las mediciones realizadas en las zonas de intervención y de compensación atenderán a una misma ventana temporal y los resultados obtenidos a partir de sus seguimientos y monitoreos podrán ser comparables.

Para el caso de las zonas de preservación, se plantea la medición de los índices de diversidad y riqueza con una temporalidad de 6 años, debido a que las dinámicas sucesionales de las coberturas boscosas son más estables y los cambios en estructura y composición de las comunidades son detectables en lapsos de tiempo más amplios.

10.1.1.12.3 Tasa de supervivencia

El índice de tasa de supervivencia determinará el éxito en el establecimiento de los individuos plantados y se calcula a través de la Ecuación 10.6.

$$r m = \left[\frac{Ns}{N0} \right] * 100$$

Ecuación 10.6 Índice de tasa de supervivencia

Donde,

r m =Tasa anual de supervivencia expresada en porcentaje.

N0=Número de Individuos inicialmente inventariados.

Ns=Número de individuos inicialmente inventariados sobrevivientes en un inventario posterior, después de un intervalo t de tiempo.

Ns= N0 – Mu

Mu=Número de individuos muertos durante el intervalo t de tiempo.

T=Intervalo de tiempo en años, transcurrido entre los dos inventarios.

Para el indicador de tasa de supervivencia se establece que el límite inferior debe ser del 85% de los individuos para cada uno de los polígonos intervenidos por medio de las acciones de rehabilitación ecológica. Este porcentaje de supervivencia se garantizará durante los tres primeros años de ejecución de las acciones de rehabilitación ecológica, pues es el tiempo durante el cual se ejecutarán las acciones de mantenimiento de las siembras, entre las que se encuentran el desyerbe y replanteo, replante o resiembra, control fitosanitario y plan de fertilización, de acuerdo con lo establecido en el Plan Nacional de Restauración.

10.1.1.12.4 Índice de regeneración natural

A través de este índice se pretende caracterizar las dinámicas sucesionales en las áreas donde se adelantarán las acciones de restauración, considerando que este contempla la abundancia de individuos de regeneración natural de habito arbóreo y arbustivo (Ecuación 10.7).

$$\%REG = (IA + IAR)/(\# IND TOTAL)$$

Ecuación 10.7 Índice de regeneración natural

Donde,

%REG =Índice de regeneración natural.

IA = Número de individuos de la regeneración natural de hábito arbóreo

IAR = Número de individuos de la regeneración natural de hábito arbustivo

10.1.1.12.5 Índice de densidad de siembra

Este indicador permitirá reportar la densidad de siembra para cada una de los tratamientos y arreglos florísticos descritos en la sección 7.4.1.2.3 Rehabilitación ecológica activa mediante la siembra y mantenimiento de plántulas nativas y será calculado con la Ecuación 10.8.

$$\frac{\text{individuos plantados}}{\text{área implementada}}$$

Ecuación 10.8 Índice de densidad de siembra

Su medición se hará una única vez al momento que se dé por terminada la fase de siembra en cada polígono. Es necesario aclarar que, para las acciones de enriquecimiento, la densidad de siembra depende de la disponibilidad de claros en las coberturas y que por ende no se podrá calcular un único valor de densidad de siembra; sin embargo, el valor de densidad por unidad de área para esta acción será reportada conforme se vaya ejecutando. Adicional a ello, es importante mencionar que la densidad de siembra está sujeta a las características propias y reales de las áreas a realizar las siembras en el momento de la ejecución del plan, en donde por las condiciones del terreno (presencia de individuos arbóreos, rocas, etc), existe la posibilidad de no alcanzar la densidad de siembra propuesta y se tenga que replantear, en estos casos, se reportará a la Autoridad con su debida evidencia.

10.1.1.12.6 Índice de estado fitosanitario

De manera complementaria al registro de la supervivencia y mortalidad de los individuos sembrados, se reportará su estado fitosanitario considerando las siguientes categorías:

- Sano: plántula en buenas condiciones, sin rastro de ningún tipo de patógeno y con buena nutrición aparente.
- Aceptablemente sano: plántula con alguna evidencia de problemas fitosanitarios que afectan desfavorablemente su desarrollo y crecimiento. Afectación en máximo un 50% de follaje, sin heridas severas, ni una alta probabilidad de muerte. En este caso se detallará si el agente causal es herbivoría, pudrición, hongo, malformación foliar, etc.
- Enfermo: son aquellas plántulas con características de sanidad que afectan el desarrollo normal del individuo. Por ejemplo, pérdida del eje dominante, pérdida del follaje u otros daños visibles en más del 50% de la plántula; caída de ramas, chancros o pudriciones en el tallo, herrumbres, etc. En este caso se detallará si el agente causal es herbivoría, pudrición, hongo, malformación foliar, etc.

Una vez caracterizados fitosanitariamente los individuos, se calculará el índice con la Ecuación 10.9.

$$EF = \left[\frac{s + as}{n} \right] * 100$$

Ecuación 10.9 Índice de estado fitosanitario

Donde;

EF = Estado Fitosanitario

s = plántulas en estado fitosanitario “sano”

as = plántulas en estado fitosanitario “aceptablemente sano”

n = número de plántulas totales en la parcela de monitoreo.

10.1.1.13 Propuesta de manejo a largo plazo

Para el manejo de la compensación al largo plazo se debe incluir desde su etapa de diseño, la estructura técnica, financiera, administrativa y jurídica que permita alinear los intereses de los involucrados (dueños de predios, operadores, gestores, empresa), brindar el suficiente respaldo a la implementación de la compensación proporcionando condiciones de claridad y transparencia, y prever los recursos que se necesitarán para el mantenimiento, vigilancia y monitoreo de las acciones implementadas.

A continuación, se describen algunas medidas para el manejo de la compensación en el largo plazo, independientemente de la alternativa a la que se haga referencia. Una vez se hayan cumplido los estándares de desempeño e hitos de la compensación y se dé por cumplida la obligación, se implementarán estas medidas de manejo, con el fin de asegurar la sostenibilidad de las áreas. Es necesario señalar que estas medidas serán precisadas a medida que se logren los acuerdos con los propietarios y con los operadores (ver Tabla 10.53).

Tabla 10.53 Medidas de manejo a largo plazo para las alternativas de compensación seleccionadas

Dimensión	Propósito	Medidas de manejo en el largo plazo
Técnica	Asegurar la implementación de las acciones necesarias para garantizar la permanencia de la compensación, y su respectivo seguimiento	<ul style="list-style-type: none"> · Mantenimiento de las áreas destinadas a la compensación hasta que estas hayan alcanzado una avanzada sucesión natural. · Identificación de riesgos y desarrollo de un plan de contingencia y mitigación. · Articular las acciones de establecimiento y manejo, con los objetivos de los planes de manejo de las áreas priorizadas para la conservación en la zona (RFPR La Montaña y Reserva Natural Hacienda San Pedro). · En línea con lo anterior, se propone realizar monitoreo a las acciones implementadas con involucramiento comunitario, generando de esta forma apropiación y gobernanza sobre los recursos naturales.

Dimensión	Propósito	Medidas de manejo en el largo plazo
Financiera	Garantizar la sostenibilidad financiera de las acciones enmarcadas en la compensación en el corto y largo plazo	<ul style="list-style-type: none"> · Estructura administrativa y procedimental para el manejo eficiente de los recursos. · Garantías contractuales y pólizas con los operadores y propietarios, donde se establecen compromisos para un apropiado manejo de los recursos. · Explorar la creación de un vehículo financiero en el mediano plazo, donde se destinen fondos para el mantenimiento y monitoreo de las compensaciones. · Evitar exponer el proyecto a riesgos crediticios y/o cualquier otro riesgo que afecte la capacidad presupuestal.
Jurídico Institucional	Garantizar la permanencia de las acciones de preservación y rehabilitación ecológica	<ul style="list-style-type: none"> · Contratos de operación, mantenimiento y monitoreo donde se señalan claramente roles y responsabilidades. · Modelo contractual en el cual los operadores reciben los pagos una vez cumplidos los objetivos ambientales. · Debida diligencia de los predios y propietarios y/o gestores vinculados al Plan (identificación de limitaciones del derecho de dominio y/o propiedad que puedan afectar la permanencia del proyecto de compensación). · Revisión reputacional de los propietarios y/o gestores de los predios y operadores en listas de antecedentes penales, disciplinarios o fiscales, con el fin de garantizar la idoneidad de las personas intervinientes en el proceso. <p>Generar procesos de sensibilización ambiental durante todo el proceso para promover una cultura del cuidado de los recursos naturales.</p>

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

A continuación, se describen las opciones contempladas para la destinación de los predios en función de los modos de compensación para el desarrollo del plan (Tabla 10.1).

Tabla 10.1 Posible destinación final de las áreas objeto de compensación

Modo de compensación	Alternativas de destinación final de predios
Compra de predios / predios propios	<p>Gestión para que las áreas de compensación sean registradas e incorporadas por la Corporación, como áreas en coberturas de conservación, de tal manera que sean incluidas bajo tal categoría en los diferentes instrumentos de gestión territorial (EOT's, POMCA, DMI, entre otros).</p> <p>- Gestión para el establecimiento de centros de</p>

Modo de compensación	Alternativas de destinación final de predios
	transferencia de conocimiento o el establecimiento de Reservas de la Sociedad Civil.
Servidumbre ecológica	<p>Involucrar mecanismos de financiación del pago por los servicios ambientales (SSEE) restaurados (ej. bonos de carbono como acceso a diferentes incentivos para la conservación).</p> <p>- Postular proyectos orientados a la ejecución de estudios, investigaciones o actividades compatibles con el manejo de las áreas preservadas, restauradas y/o rehabilitadas, por ser de utilidad pública e interés social en términos de los servicios ecosistémicos que ofertan, en el marco de la ejecución de la política ambiental y de manejo de los recursos naturales renovables ante el Fondo Nacional Ambiental (FONAM).</p> <p>- Postular las áreas de restauración a incentivos de PSA pago por servicios ambientales contemplados en el Plan Nacional de Restauración Ecológica, financiado con los recursos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.</p> <p>Solicitar la exención tributaria por “inversiones en control y mejoramiento del medio ambiente” establecida por el Decreto 3172 de 2003 del entonces MAVDT, por las áreas liberadas para la conservación/restauración.</p> <p>- Solicitar alianzas con Organizaciones no gubernamentales que estén interesadas en el manejo, recuperación y conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.</p>
Acuerdos de conservación	
Arrendamiento	
Usufructo	
Pago por servicios ambientales	

Fuente: Gramalote Colombia, 2026.

Es importante mencionar que, conforme al principio de manejo adaptativo aplicado para el Plan de Compensación del Componente Biótico y de las actividades propuestas, estas no se encuentran exentas de posibles variaciones durante su proceso, así como de la aparición de nuevas figuras normativas y/o legales (teniendo en cuenta que la temporalidad del plan se propone a 20 años) que se puedan contemplar en el tiempo de desarrollo del plan para la destinación final de los predios. Dado el caso que este escenario ocurra, las nuevas alternativas de destinación final de los predios serán evaluadas de manera técnica y jurídica por parte de Gramalote y su formalización será comunicada a la Autoridad.

10.1.1.14 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar, M., & Ramírez, W. (2016). Fundamentos y Consideraciones generales sobre Restauración Ecológica en Colombia. BIODIVERSIDAD EN LA PRACTICA Documentos de Trabajo Del Instituto Humboldt, 2(1), 147–176.

Barrera, J. I., Contreras, S. M., Garzón, N. V., Moreno, A. C., & Montoya, S. P. (2010). Manual para la restauración ecológica de los ecosistemas disturbados del Distrito Capital. In Manual Para La Restauración Ecológica De Los Ecosistemas Disturbados Del Distrito Capital. Retrieved from http://www.ibcperu.org/doc/isis/13057.pdf%0Ahttp://oab.ambientebogota.gov.co/resultado_busquedas.php?AA_SL_Session=8cf97c692bfb8688eaf05115108c7ab8&x=5473

Bertrand, G. (1978). Le paysage entre la Nature et la Société. *Revue Géographique Des Pyrénées et du Sud-Ouest.*, 239-258.

Boyd, J., & Banzhaf, S. (2007). What are Ecosystem Services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economies*, 616-626.

Burel, F., & Baudry, J. (2003). *Écologie du paysage. Concepts, méthodes et applications*. Paris: Science Publishers Inc.

CONESA FERNANDEZ. – VÍTORA V. (2010). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Ediciones Mundi – Prensa. Cuarta edición. Madrid

Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2010). CONPES 3680: Lineamientos Para La Consolidación Del Sistema Nacional De Áreas Protegidas. Bogotá.

Corzo, G. y G. Andrade, 2010 Diversidad Biogeográfica en los ecosistemas terrestres. Parques nacionales naturales. Propuesta de ajuste del modelo ecorregional para Colombia en preparación, el cual se adoptó por el documento CONPES 3580 de 2010.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 1996. Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes. FAO. Roma.

Foreman, R. T., & Gordon, M. (1981). Patches and structural components for a landscape ecology. *BioSciences*(31), 733-741.

Forman, R. T., & Godron, M. (1986). *Landscape Ecology*. New York: Wiley.

GBIF.org (5 May 2021) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.n4txc4>

Hansen, M. C., P. V. Potapov, R. Moore, M. Hancher, S. A. Turubanova, A. Tyukavina, D. Thau, S. V. Stehman, S. J. Goetz, T. R. Loveland, A. Kommareddy, A. Egorov, L. Chini, C. O. Justice, and J. R. G. Townshend. 2013. "High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change." *Science* 342 (15 November): 850–53. Disponible en línea en: <http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest>.

Hooper, D. U., Chapin, S., Hector, A., & Ewel, J. J. (2005). Effects of Biodiversity on Ecosystem Functioning: A consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*, 3-35.

IDEAM, IGAC, IAvH, Invermar, Sinchi, IIAP, (2007). Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia.

IDEAM. (2010). Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C.

IDEAM. (2017) Mapa Ecosistemas Continentales, Costeros Y Marinos Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2014). El Bosque Seco Tropical en Colombia. Bogotá.

MADS, ANLA. (2018). Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales. Bogotá D.C.

MADS. (2012). Manual para la asignación de compensaciones por pérdida de Biodiversidad. Bogotá.

Magurran, A. E. (1988). Ecological Diversity and Its Measurement. In Princeton University Press (Ed.), Ecological Diversity and Its Measurement. <https://doi.org/10.1007/978-94-015-7358-0>

McGarigal, K., & Marks, B. J. (1995). FRAGSTATS: Spatial Patter Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. Forest Science Department, Oregon State University.

Thomas SC, Baltzer JL: Tropical forests. In Encyclopedia of Life Sciences. London: Macmillan Publishers Ltd; 2002.

Tobler, Waldo. (1987). "Measuring Spatial Resolution", Proceedings, Land Resources Information Systems Conference, Beijing, pp. 12-16.

Turner, M. G., & Gardner, R. H. (2015). Landscape Ecology in Theory and Practice (Segunda ed.). New York, New York, United States of America: Springer-Verlag. doi:10.1007/978-1-4939-2794-4

Vila, J., Varga, D., Llausàs, A., & Ribas, A. (2006). Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje. Una interpretación desde la geografía. Documents d'Anàlisi Geogràfica, 151-166.

WCS. (2015). Orientaciones para el diseño e implementación efectiva de planes de compensación ambiental en la Amazonía Andina de Colombia, Perú y Ecuador.

10.1.1.15 ANEXOS

ANEXO: FC_AreaIntervencionCompensacion