

TABLA DE CONTENIDO

12	PLAN DE COMPENSACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO	6
12.1	INTRODUCCIÓN	6
12.2	ANTECEDENTES	7
12.3	ALCANCE	8
12.4	OBJETIVOS Y METAS	10
12.4.1	Objetivo general	10
12.4.2	Objetivos específicos	10
12.4.3	Metas	11
12.5	JUSTIFICACIÓN	12
12.5.1	Adicionalidad	15
12.6	CONTEXTO NORMATIVO	16
12.7	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	18
12.7.1	Proyecto de modificación de licencia ambiental	19
12.7.2	Actividades constructivas del proyecto	22
12.8	¿QUÉ COMPENSAR?	27
12.8.1	Zonas de vida	30
12.8.2	Biomás	31
12.8.3	Coberturas de la tierra	34
12.8.4	Ecosistemas	40
12.9	¿CUÁNTO COMPENSAR?	45
12.9.1	Áreas por compensar en ecosistemas naturales	49
12.9.2	Áreas por compensar en ecosistemas de vegetación secundaria baja	51
12.9.3	Áreas por Compensar en Ecosistemas transformados	51
12.9.4	Área máxima a compensar	53
12.10	¿DÓNDE COMPENSAR?	54
12.10.1	Criterio 1: Áreas con ecosistemas equivalentes, definidas de acuerdo con la subzona hidrográfica	56
12.10.2	Criterio 2: Áreas que cuenten con declaratoria de áreas protegidas, consideradas como importantes para la conservación de los recursos, cuyo uso y manejo se encuentre reglamentado, entre otras, y Áreas presentes en el Registro Único de Ecosistemas y Áreas Ambientales (REEA) y áreas en el Portafolio del Plan Nacional de Restauración (PNR).	59

12.10.3	Criterio 3: Áreas de importancia ecológica, identificadas mediante el análisis de fragmentación por medio de áreas Núcleo-Core	62
12.10.4	Definición del mapa de priorización de áreas para compensación	64
12.10.5	Caracterización área final de compensación	65
12.11	¿CÓMO COMPENSAR?	66
12.11.1	Acciones de compensación	68
12.11.1.1	Acciones de preservación	71
12.11.1.1.1	Aislamiento de áreas de compensación	72
12.11.1.1.2	Señalización	74
12.11.1.2	Acciones de restauración ecológica con enfoque de rehabilitación ecológica	75
12.11.1.2.1	Selección de especies clave	76
12.11.1.2.2	Diseño de estrategias de restauración con enfoque de rehabilitación	79
12.11.1.2.3	Nucleación y/o arreglos florísticos	79
12.11.1.2.4	Ampliación de borde	82
12.11.1.3	Aspectos relevantes sobre las acciones de compensación	83
12.11.2	Síntesis de propuesta de compensación	84
12.11.3	Modo de compensación	86
12.11.3.1	Propuesta de modo de compensación	87
12.11.4	Mecanismos de compensación	91
12.11.4.1	Propuesta de mecanismos de compensación	92
12.11.5	Formas de compensación	93
12.11.5.1	Propuesta de forma de compensación	93
12.12	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	93
12.12.1	Preparación de terreno y establecimiento forestal	94
12.12.2	Mantenimiento de las estrategias de restauración con enfoque de rehabilitación	95
12.13	PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO	96
12.13.1	Indicadores	97
12.13.1.1	Indicadores de cumplimiento o de gestión	98
12.13.1.2	Indicadores de efectividad o de impacto sobre la biodiversidad	99
12.13.2	Manejo adaptativo	117
12.14	EVALUACIÓN DE LOS POTENCIALES RIESGOS	118
12.15	PLAN OPERATIVO DE INVERSIÓN	124
12.16	CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN	124

12.17	PROPUESTA DE MANEJO A LARGO PLAZO	125
12.18	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 12-1	Infraestructura existente compensada dentro del Expediente LAM 5456 (Resolución 600 de 2012)	8
Tabla 12-2	Metas establecidas dentro del plan de compensación del componente biótico	11
Tabla 12-3	Jerarquía de mitigación aplicada al EIA del Bloque CPO-5 y su modificación de licencia ambiental	15
Tabla 12-4	Impactos residuales del medio biótico	15
Tabla 12-5	Marco Normativo general aplicable para el Plan de Compensación	16
Tabla 12-6	Marco Normativo relacionado con compensaciones	17
Tabla 12-7	Coordenadas del Bloque CPO-5 (Licenciadas bajo la Resolución 600 de 2012)	19
Tabla 12-8	Proporción de área de cada municipio en el Bloque CPO-5 (Resolución 600 de 2012).	20
Tabla 12-9	Territorios agrícolas con solicitud de área de intervención – sin aprovechamiento forestal	25
Tabla 12-10	Cálculo de las áreas máximas de intervención en el Bloque CPO5	26
Tabla 12-11	Área máxima de intervención en los ecosistemas naturales y seminaturales presentes en el Bloque CPO-5	28
Tabla 12-12	Biomás presentes en el área de influencia físico-biótica	32
Tabla 12-13	Unidades de Cobertura presentes en el área de influencia físico-biótica	37
Tabla 12-14	Ecosistemas presentes en el área de influencia físico-biótica	42
Tabla 12-15	Factor de compensación de los biomás identificados en el área de intervención	48
Tabla 12-16	Área por compensar por la intervención en ecosistemas naturales	49
Tabla 12-17	Área por compensar por la intervención en ecosistemas de vegetación secundaria	51
Tabla 12-18	Área por compensar por la intervención del proyecto en ecosistemas transformados	52
Tabla 12-19	Área máxima a compensar	53
Tabla 12-20	Unidades hidrológicas en el área del proyecto	58
Tabla 12-21	Biomás con áreas efectivas y posibles a intervenir de acuerdo con los Alcances del presente plan de compensación del proyecto Bloque CPO-5	59

Tabla 12-22	Relación de Áreas estratégicas con categoría de protección o de interés de planificación nacional, regional e internacional en el AIFB Bloque CPO-5	60
Tabla 12-23	Acciones De Compensación	71
Tabla 12-24	Lista potencial preliminar de especies clave para restauración	78
Tabla 12-25	Áreas propuestas con potencialidad alta para las acciones de rehabilitación	84
Tabla 12-26	Áreas propuestas con potencialidad alta para las acciones de preservación	85
Tabla 12-27	Ejemplo de caso de concertación para la implementación de PSA	91
Tabla 12-28	Indicadores de efectividad/impacto sobre la biodiversidad	100
Tabla 12-29	Cálculo riqueza de especies de flora	109
Tabla 12-30	Cálculo riqueza de especies de fauna	110
Tabla 12-31	Variación anual del carbono almacenado en los depósitos de los bosques naturales	115
Tabla 12-32	Riesgos potenciales identificados en el desarrollo del plan de compensación	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 12-1	Jerarquía de la mitigación. Fases previas a la compensación ambiental	13
Figura 12-2	Localización general del Proyecto	19
Figura 12-3	Bloque exploratorio licenciado según Resolución 600 del 31 de julio de 2012	21
Figura 12-4	Área del Bloque CPO-5 propuesto para la modificación de licencia en relación con el área licenciada según Res. 600 del 31 de julio de 2012	22
Figura 12-5	Biomás Presentes en el Área de influencia fisicobiótica del Bloque CPO-5	33
Figura 12-6	Cobertura vegetal existente en el Área de influencia fisicobiótica del Área de Producción CPO-5	36
Figura 12-7	Cobertura vegetal existente en el Área de influencia fisicobiótica del Área de Producción CPO-5	36
Figura 12-8	Ecosistemas Presentes en el Área de influencia fisicobiótica del Área de Producción CPO-5	40
Figura 12-9	Ecosistemas Presentes en el Área de influencia fisicobiótica del Área de Producción CPO-5	41
Figura 12-10	Localización de subzonas hidrográficas del proyecto Bloque CPO-5	58
Figura 12-11	Áreas presentes en el Registro Único de Ecosistemas y Áreas Ambientales (REEA) y áreas en el Portafolio del Plan Nacional de Restauración (PNR)	61
Figura 12-12	Áreas estratégicas de orden local	62

Figura 12-13	Áreas Núcleo	64
Figura 12-14	Áreas priorizadas para acciones de rehabilitación y preservación	65
Figura 12-15	Acciones, modos, mecanismos y formas para el cómo compensar	67
Figura 12-16	Diseño para implementar estrategia de nucleación	81
Figura 12-17	Diseño para implementar estrategia de ampliaciones de borde	83
Figura 12-18	Síntesis de acciones de compensación del plan de compensación del componente biótico del proyecto Bloque CPO-5	86
Figura 12-19	Ejemplo de estructura de costos para el cálculo del costo de oportunidad.	90
Figura 12-20	Variación de la superficie de las coberturas de la tierra	101

12 PLAN DE COMPENSACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO

12.1 INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al Plan de Compensación del Componente Biótico del proyecto Bloque CPO-5 (en adelante, Bloque CPO-5), elaborado en el marco de la licencia ambiental otorgada por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, mediante la Resolución No. 0600 del 31 de julio de 2012.

Dada la naturaleza y magnitud de las actividades de explotación de hidrocarburos contempladas en el Bloque CPO-5, se hace necesaria la implementación de medidas compensatorias enfocadas en el componente biótico. Este plan se formula conforme a los lineamientos técnicos establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS (2018), adoptado mediante la Resolución 256 de 2018 y modificado por la Resolución 1428 del mismo año. Dicho manual establece las directrices que deben cumplir los proyectos sujetos a licenciamiento ambiental para compensar impactos residuales negativos sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

El manual establece procedimientos técnicos y criterios que permiten definir el qué, cuánto, dónde y cómo compensar, con el fin de garantizar que los impactos no prevenibles, mitigables o corregibles sobre ecosistemas naturales y seminaturales sean resarcidos de manera efectiva. Su propósito es evitar la pérdida neta de biodiversidad y promover una ganancia adicional, a partir de la aplicación de un factor de compensación construido con base en cuatro variables: la representatividad del ecosistema, su singularidad, el grado de remanencia y su tasa de transformación anual.

El documento desarrolla de manera estructurada los componentes del plan de compensación, respondiendo a las siguientes preguntas: ¿Qué compensar?, con la identificación detallada de los ecosistemas impactados; ¿Cuánto compensar?, mediante la aplicación de los factores definidos por el manual; ¿Dónde compensar?, priorizando áreas dentro del ámbito geográfico permitido y con equivalencia ecosistémica; y ¿Cómo compensar?, a través de la implementación de acciones de preservación y restauración ecológica con enfoque de rehabilitación, orientadas al cumplimiento de objetivos ecológicos y de conectividad.

En coherencia con lo expuesto, este plan tiene como objetivo responder a la pérdida de biodiversidad generada por el proyecto, priorizando la intervención en ecosistemas equivalentes y en áreas de alta importancia ecológica. Se proyecta compensar un máximo de **2218,81 hectáreas**.

Finalmente, las acciones compensatorias estarán focalizadas en los biomas **Zonobioma Húmedo Tropical de la Altillanura y Zonobioma Húmedo Tropical de Villavicencio, Helobioma Altillanura, Helobioma Villavicencio, Peinobioma Altillanura y Peinobioma Villavicencio** identificados como los más impactados por las actividades del proyecto, y se orientarán hacia la preservación y la restauración ecológica con enfoque de rehabilitación, así como a la mejora de la conectividad ecológica de áreas prioritarias, contribuyendo así a garantizar la sostenibilidad ambiental y funcional de los ecosistemas en el territorio.

12.2 ANTECEDENTES

A continuación, se presenta una visión general de los antecedentes esenciales del Bloque CPO-5.

ONGC VL LIMITED SUCURSAL COLOMBIANA, en adelante ONGC-VL, tiene vigente el contrato No. 055 de 2008 con la Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH, para la exploración y producción de hidrocarburos en el Bloque CPO-5. En concordancia, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, mediante la Resolución 600 del 31 de julio de 2012, otorgó la Licencia Ambiental a ONGC-VL para llevar a cabo el proyecto de “Perforación Exploratoria Bloque CPO-5”.

Posterior a la obtención de la licencia ambiental del proyecto de perforación exploratoria, ANLA ha autorizado cuatro modificaciones, como se resume a continuación:

1. Resolución No. 0521 del 27 de mayo 2014, mediante la cual se otorgó a ONGC VL la concesión de aguas subterráneas en dos pozos profundos de aguas para uso doméstico e industrial.
2. Resolución No. 1690 del 24 de diciembre de 2015, con la cual modifica el numeral 1 del artículo 4 de la resolución 600 de 2012, en el sentido de otorgar concesión de aguas superficiales para uso industrial y doméstico durante las actividades de obras civiles, perforación y pruebas de producción, sobre las fuentes del río Humea (permanente), los caños Boral y Yarico en época de invierno.

Adicionalmente, se modificó el numeral 3 del Artículo cuarto de la Res. 600 de 2012, en el sentido de autorizar la perforación, adecuación y operación de hasta un (1) pozo inyector en cada una de las plataformas autorizadas para un total de quince (15) pozos inyectores mediante la reinyección en las unidades C1, C3, C5 Y C7 de la Formación Carbonera en un caudal máximo de 20.000 BAPD, e instalación de las facilidades de reinyección requeridas.

3. Resolución No. 0475 del 4 de mayo de 2016, por la cual se resuelve recurso de reposición interpuesto contra la Resolución 1690 de 2015.
4. Resolución No. 0554 del 30 de marzo de 2020, con la cual se modificó el artículo décimo cuarto de la Resolución 600 del 31 de julio de 2012, en el sentido de aceptar el acogimiento al porcentaje incremental señalado en artículo 321 del Plan Nacional de Desarrollo – PND.

Como parte de las actividades de adquisición sísmica y perforación exploratoria realizadas por ONGC-VL en calidad de operador en el área licenciada, se han identificado prospectos relevantes en diferentes formaciones geológicas. Es por ello, que con base en la información adquirida y la que se encuentra actualmente en revisión, ONGC-VL presenta este complemento al Estudio de Impacto Ambiental del proyecto de perforación exploratoria Bloque CPO-5, con el objetivo de solicitar la modificación de licencia a fin de realizar actividades de explotación del Bloque CPO-5, conforme lo establecido en el Artículo 2.2.2.3.7.2. Requisitos para la modificación de la licencia ambiental.

En cuanto a la compensación del medio biótico se considera lo siguiente:

- Dentro del Expediente LAM 5456 (Resolución 600 de 2012) correspondiente al Bloque CPO-5, se aprobó el Plan de compensación Bloque CPO-5, bajo la Resolución 303 del 20 de febrero de 2023. Bajo esta resolución se aprobó la compensación de la siguiente infraestructura:

Tabla 12-1 Infraestructura existente compensada dentro del Expediente LAM 5456 (Resolución 600 de 2012)

Plataforma	Tipo	Área intervenida (ha)	Cobertura	Factor de Compensación	Área Por Compensar por Plataformas
Águila	Plataforma + Tea (Área Construida)	1,58	Cereales	1	1,69
	Vía de Acceso	0,11			
Indico	Plataforma + Vía	4,98	Cereales	1	4,98
Mariposa	Plataforma	4,98	Pastos	1	4,98

Fuente: GessiG S.A.S., 2026

12.3 ALCANCE

El presente Plan de Compensación del Componente Biótico se formula en el marco del proyecto Bloque CPO-5, en cumplimiento de las obligaciones establecidas en la Resolución No. 0600 del 31 de julio de 2012 y en conformidad con los lineamientos establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico, adoptado mediante la Resolución 0256 de 2018 y modificado por la Resolución 1428 del mismo año. Este plan integra la totalidad de los compromisos asociados a la licencia ambiental vigente, así como aquellos derivados de la solicitud de modificación actualmente en trámite.

Las acciones propuestas se enfocan en medidas de preservación y restauración ecológica con enfoque de rehabilitación en áreas que cumplen criterios de equivalencia ecosistémica, teniendo en cuenta variables como la conectividad paisajística, remanencia, representatividad, rareza y potencial de transformación. Las intervenciones estarán dirigidas prioritariamente a los biomas Zonobioma Húmedo Tropical de la Altillanura y Zonobioma Húmedo Tropical de Villavicencio, Helobioma Altillanura, Helobioma Villavicencio, Peinobioma Altillanura y Peinobioma Villavicencio. El propósito general es evitar la pérdida neta de biodiversidad, garantizar la funcionalidad ecológica del paisaje y alcanzar una ganancia adicional en términos de biodiversidad y conectividad.

Con la implementación del presente plan se busca asegurar jurídica, técnica y financieramente la sostenibilidad de las estrategias propuestas, las cuales aportan al fortalecimiento de la conectividad ecológica regional y a la preservación de áreas estratégicas dentro de los ecosistemas presentes en el área de influencia del proyecto.

Este plan de compensación contempla el siguiente alcance:

Compensación por la modificación del EIA actualmente en trámite:

Contempla las nuevas áreas propuestas en el marco de la modificación de la licencia ambiental del proyecto Bloque CPO-5, cuyo objetivo es ampliar ciertas intervenciones previamente aprobadas mediante la Resolución 600 de 2012. Cabe precisar que este alcance se limita exclusivamente a obras puntuales y obras lineales, las cuales generarían nuevos impactos sobre el componente biótico en caso de ser autorizadas por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA. En este sentido, se han identificado superficies susceptibles de intervención que podrían requerir compensación, y que han sido incorporadas en el presente plan como áreas posibles a compensar, bajo los criterios de equivalencia ecosistémica, ámbito geográfico permitido y estado de conservación, conforme a los lineamientos técnicos establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (MADS, 2018).

Con base en esta información, el presente plan determina la superficie total a compensar, empleando los factores de compensación definidos en el Anexo 2 de la Resolución 0256 de 2018. La cuantificación se efectuó conforme a las Unidades Bióticas de Referencia (UBR), considerando tanto las actividades de construcción como las de operación que generan impactos sobre el componente biótico.

El alcance espacial del plan comprende las superficies potenciales de intervención dentro del área del proyecto. Asimismo, se incluyen los sitios seleccionados para la compensación, los cuales fueron definidos conforme a criterios de equivalencia ecosistémica, estado de conservación y ámbito geográfico permitido. Para determinar el dónde y cómo compensar, se aplicó un análisis multicriterio utilizando una matriz ponderada que evaluó los siguientes parámetros:

- Criterio 1: Áreas con ecosistemas equivalentes, definidas de acuerdo con la subzona hidrográfica. Biomas de mayor proporción directamente afectados por el proyecto dentro de la subzona hidrográfica con mayor representación en el área del proyecto.
- Criterio 2: Áreas que cuenten con declaratoria de áreas protegidas, consideradas como importantes para la conservación de los recursos, cuyo uso y manejo se encuentre reglamentado, entre otras. Se incluyen, entre otras:
- Criterio 3: Áreas presentes en el Registro Único de Ecosistemas y Áreas Ambientales (REEA) y áreas en el Portafolio del Plan Nacional de Restauración (PNR).
- Criterio 4: Áreas de importancia y sensibilidad ecológica, identificadas con base en su nivel de conectividad y fragmentación, según la zonificación ambiental del proyecto.

A partir de este análisis, se elaboraron productos cartográficos que permitieron identificar tanto áreas efectivas como áreas posibles para la implementación de medidas compensatorias. Estas cumplen con las metas establecidas en el presente plan, así como con los criterios técnicos exigidos para ambos alcances.

El alcance temporal del plan contempla una fase de ejecución de cinco (5) años, contados a partir de la aprobación oficial por parte de la ANLA. Durante este periodo deberán implementarse todas

las acciones de compensación, incluyendo el seguimiento, la evaluación de resultados y los ajustes necesarios para garantizar la efectividad ecológica del plan.

En cuanto a las estrategias y modalidades de compensación, se definió que la implementación se realizará principalmente a través de procesos de preservación y restauración ecológica con enfoque en rehabilitación de los ecosistemas impactados. Estas acciones se formalizarán mediante acuerdos de conservación y/o esquemas de pago por servicios ambientales (PSA), según corresponda. La caracterización ecológica del área de influencia sirvió como base para la planificación de dichas acciones y para el establecimiento de criterios de efectividad y monitoreo.

Por último, se establece que la compensación derivada de la modificación de la licencia ambiental se implementará en paralelo con las medidas de compensación asociadas al proyecto ya licenciado bajo la Resolución No. 600 de 2012. Ambas compensaciones estarán centradas en los biomas Zonobioma Húmedo Tropical de la Altillanura y Zonobioma Húmedo Tropical de Villavicencio, Helobioma Altillanura, Helobioma Villavicencio, Peinobioma Altillanura y Peinobioma Villavicencio, buscando optimizar los efectos positivos de las acciones de restauración en términos de biodiversidad, funcionalidad ecológica y conectividad paisajística.

12.4 OBJETIVOS Y METAS

El presente Plan de Compensación se formula como una respuesta a los impactos residuales generados por las actividades constructivas del proyecto Bloque CPO-5, en cumplimiento de los lineamientos establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (MADS, 2018).

12.4.1 Objetivo general

Implementar estrategias integrales de preservación y restauración ecológica en un total de **2218,81 hectáreas** (escenario crítico en donde se hace la intervención de toda el área solicitada), ubicadas en zonas de alta importancia ecológica dentro del área del proyecto Bloque CPO-5. Estas acciones se establecerán como medidas compensatorias por los impactos residuales sobre el componente biótico, y estarán orientadas a restablecer la funcionalidad ecológica y la estructura vegetal de ecosistemas naturales y seminaturales, así como a fortalecer la conectividad ecológica del paisaje, garantizando así la no pérdida neta de biodiversidad.

12.4.2 Objetivos específicos

- Desarrollar procesos de restauración ecológica con enfoque de rehabilitación, dirigidos a recuperar la estructura, composición y funcionalidad de la vegetación en las áreas priorizadas para compensación.
- Promover acciones de preservación de coberturas vegetales y hábitats naturales en áreas estratégicas del territorio, orientadas a conservar remanentes de ecosistemas y reducir la pérdida de biodiversidad.

- Fortalecer la conectividad ecológica entre relictos naturales y áreas conservadas, mediante intervenciones que mejoren la continuidad del paisaje y favorezcan la movilidad de especies, articulando acciones en los tres alcances del plan.
- Asegurar que las zonas seleccionadas para implementar la compensación presenten equivalencia ecosistémica con las áreas intervenidas, conforme a los criterios técnicos definidos en el Manual de Compensaciones, y priorizando ecosistemas con alta representatividad, singularidad y vulnerabilidad.

12.4.3 Metas

En coherencia con los objetivos del Plan de Compensación del Componente Biótico del proyecto Bloque CPO-5, a continuación, se establecen las metas a alcanzar durante un periodo de cinco (5) años, lo cual permite orientar de manera clara las acciones de restauración con enfoque de rehabilitación, y preservación, así como facilitar el seguimiento y evaluación de los resultados esperados.

Cada meta responde a los objetivos específicos planteados y está diseñada para asegurar la recuperación de ecosistemas afectados, la conservación de fragmentos estratégicos de vegetación natural y el fortalecimiento de procesos ecológicos claves dentro del paisaje. De igual forma, las metas permiten cumplir con los principios de equivalencia ecosistémica y ganancia neta de biodiversidad, conforme a los lineamientos técnicos del Manual de Compensaciones del Componente Biótico (MADS, 2018).

En la **Tabla 12-2** se presentan las metas establecidas para el Plan de Compensación del proyecto.

Tabla 12-2 Metas establecidas dentro del plan de compensación del componente biótico

Objetivo específico	Restauración ecológica con enfoque de rehabilitación
Metas	
Rehabilitar 600 hectáreas* de coberturas seminaturales y transformadas dentro del área de influencia del proyecto, mediante acciones de restauración con enfoque de rehabilitación, que permitan recuperar atributos funcionales del ecosistema como cobertura vegetal, diversidad florística y conectividad ecológica, en un período de cinco (5) años, a partir de la aprobación del presente plan de compensación.	
Indicadores	
• Porcentaje de avance en la rehabilitación ecológica de las hectáreas programadas. • Número de hectáreas con incremento de cobertura vegetal nativa superior al 30%. • Número de especies nativas reintroducidas y establecidas por unidad de superficie. • Índice de calidad ecológica en sitios rehabilitados (composición florística, cobertura, estructura vertical).	
Objetivo específico	Preservación de coberturas vegetales y hábitats naturales
Metas	
Preservar 1000 hectáreas* de ecosistemas naturales y seminaturales, mediante acciones de aislamiento, control de presión antrópica y tensionantes, y fortalecimiento de su integridad ecológica, asegurando su protección y mantenimiento en condiciones óptimas de conservación durante un período de cinco (5) años a partir de la implementación del presente plan.	

Indicadores	
- Número de hectáreas efectivamente preservadas con cerramiento o aislamiento. - Número de intervenciones de manejo para reducir tensionantes (vigilancia, señalización, control de acceso). - Estado de conservación del bosque evaluado mediante índice ecológico o porcentaje de cobertura sin degradación. - Número de especies indicadoras de conservación presentes.	
Objetivo específico	Conectividad ecológica
Metas	
Implementar estrategias de conectividad ecológica entre relictos naturales y zonas intervenidas dentro del área del proyecto, mediante el establecimiento y manejo de al menos 618,81 hectáreas* de corredores ecológicos en áreas seleccionadas para rehabilitación ecológica, en un período de cinco (5) años. Esta meta busca favorecer el desplazamiento de especies, mantener la funcionalidad del paisaje y asegurar la continuidad de los procesos ecológicos.	
Indicadores	
- Número de corredores ecológicos identificados, delimitados e intervenidos. - Superficie total de los corredores ecológicos funcionales establecidos. - Incremento en el índice de conectividad ecológica del paisaje al final del proceso de compensación (e.g., índice de conectividad estructural).	
Objetivo específico	Equivalencia ecosistémica
Metas	
Asegurar que el 100% de las áreas compensadas en el marco del presente plan correspondan a ecosistemas ecológicamente equivalentes a los impactados, conforme a los criterios técnicos establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (MADS, 2018), garantizando la representatividad, singularidad, remanencia y tasa de transformación del bioma afectado, durante un período de cinco (5) años.	
Indicadores	
- Porcentaje de áreas compensadas que cumplen con criterios de equivalencia ecosistémica. - Número de ecosistemas compensados con validación técnica documentada. - Número de biomas intervenidos con compensación correspondiente dentro del mismo ámbito geográfico.	

** Vale la pena resaltar que las áreas propuestas proyectadas dentro del plan de compensación son las máximas requeridas en un escenario en el que todas las obras civiles se lleven a cabo.*

Fuente: GessiG S.A.S., 2026

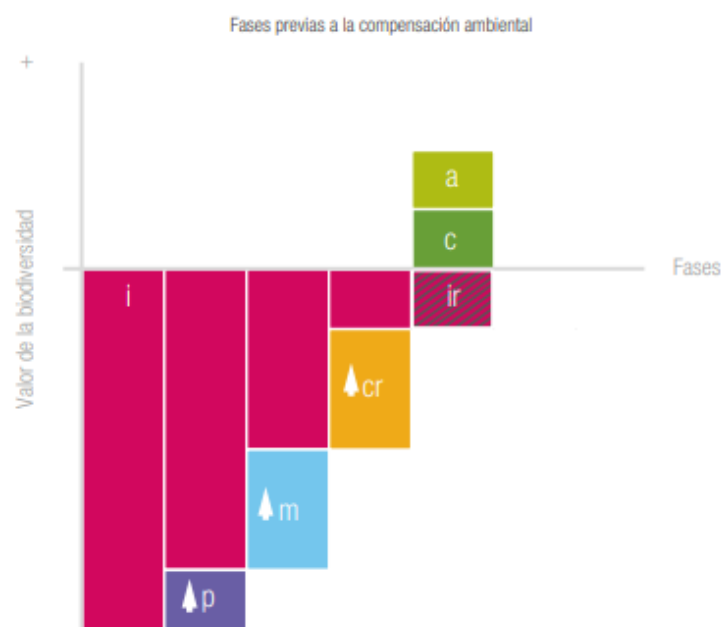
12.5 JUSTIFICACIÓN

La compensación establecida en el presente Plan de Compensación del Componente Biótico se fundamenta en los impactos residuales que, tras la aplicación de la jerarquía de mitigación, no pudieron ser prevenidos, mitigados ni corregidos. Esta jerarquía representa el principio rector en la gestión ambiental de proyectos con potencial impacto biótico, y establece un orden de intervención que privilegia la prevención, seguida de la mitigación, corrección y, finalmente, la compensación.

Luego de la caracterización del medio biótico en el área de influencia y de la evaluación de impactos ambientales, se identificaron afectaciones residuales significativas, incluidas aquellas de tipo acumulativo y sinérgico. Una vez determinadas las medidas de prevención, reducción y corrección, se definieron las acciones de compensación con base en el principio de no pérdida

neta de biodiversidad, objetivo fundamental del Manual de Compensaciones del Componente Biótico (MADS, 2018).

La **Figura 12-1** resume gráficamente esta jerarquía, ilustrando cómo la compensación se activa exclusivamente ante la existencia de impactos no gestionables mediante prevención, mitigación o corrección.



i: impacto ambiental; p: prevención; m: mitigación; cr: corrección; ir: impacto residual; c: compensación; a: adicionalidad

Figura 12-1 Jerarquía de la mitigación. Fases previas a la compensación ambiental

Fuente: Corzo, G., Silva, L. M., y Portocarrero, M. (2017)¹.

Conforme a lo mencionado, las acciones de compensación se basan en lo estipulado en el Manual de compensaciones del componente biótico (MADS, 2018), detalladas a continuación²:

- Prevención: acciones encaminadas a prevenir los impactos negativos generados por un proyecto en el medio ambiente. Estas acciones deben ser parte de la etapa de estudio y diseño, y se relacionan con el diseño del trazado del proyecto.
- Mitigación: acciones dirigidas a minimizar los impactos negativos de un proyecto sobre el medio ambiente. Estas acciones se relacionan en la no intervención en lo posible de coberturas sensibles y/o áreas de ecosistema estratégicos con el trazado del proyecto.
- Corrección: acciones dirigidas a recuperar, restaurar o reparar las condiciones del medio ambiente afectado por el proyecto.

¹ Corzo, G., Silva, L. M., y Portocarrero, M. (2017). Compensaciones ambientales por pérdida de biodiversidad. En Moreno, L. A., Andrade, G. I., y Ruiz-Contreras, L. F. (Eds.). 2016. Biodiversidad 2016. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.

² MADS, 2018, p. 18 – 19.

- **Compensación:** acciones dirigidas a resarcir y retribuir a las comunidades, las regiones, localidades y al entorno natural por los impactos negativos generados por un proyecto, que no puedan ser evitados, corregidos o mitigados. Se relacionan con las actividades sujetas al proceso de licenciamiento ambiental, permiso o autorización de aprovechamiento forestal único de bosque natural y sustracción temporal y definitiva de reservas nacional o regionales, por cambio de uso del suelo.
- **Adicionalidad:** acciones que proporcionan una nueva contribución a la conservación que es adicional a la que se habría producido sin la compensación, además de garantizar que los impactos negativos a la biodiversidad no se trasladen a otras áreas.

De acuerdo con el alcance del plan (ver numeral 12.3), se cuantificaron las áreas susceptibles a intervención. De acuerdo con el Capítulo 2 - Descripción del Proyecto, la fase de construcción es la que más contribuye a los impactos residuales, especialmente por la remoción de cobertura vegetal para el desarrollo de obras lineales y puntuales. Esta presión sobre el medio biótico es evaluada en detalle en el Capítulo 4 - Demanda de recursos.

Los impactos generados son analizados en profundidad en el Capítulo 5.1- Evaluación Ambiental, el cual concluye que existen impactos negativos residuales que deben ser objeto de compensación, entre los cuales se destacan:

- Alteración de las unidades de cobertura vegetal y comunidades de flora asociadas
- Fragmentación y/o alteración en la continuidad de las coberturas de bosques o ecosistemas sensibles
- Alteración a comunidades de fauna silvestre terrestre
- Alteración a ecosistemas acuáticos
- Alteración a la hidrobiota

Aunque el Capítulo 7 – Plan de Manejo Ambiental contempla medidas preventivas, mitigantes y correctivas, algunas actividades generan impactos. Por esta razón, la implementación de un plan de compensación es necesaria para cumplir con el principio de no pérdida neta de biodiversidad y garantizar la restauración funcional del entorno.

La

Tabla 12-3 resume la jerarquía de mitigación aplicada en el EIA del Bloque CPO-5 y su modificación de licencia ambiental, evidenciando los impactos residuales que requieren compensación conforme a la normativa vigente. En la **Tabla 12-4** se describen los impactos de acuerdo con su residualidad.

Tabla 12-3 Jerarquía de mitigación aplicada al EIA del Bloque CPO-5 y su modificación de licencia ambiental

Impacto	Significancia	Acción que propone el Plan de Manejo	Presencia de residualidad
Alteración de las unidades de cobertura vegetal y comunidades de flora asociadas	Significativo	Prevención y mitigación.	Si
Fragmentación y/o alteración en la continuidad de las coberturas de bosques o ecosistemas sensibles	Significativo	Prevención, mitigación, corrección y compensación.	Si
Alteración a comunidades de fauna terrestre	Significativo	Prevención.	Si
Alteración a ecosistemas acuáticos	No Significativo	Prevención.	No
Alteración a la hidrobiota	No Significativo	Prevención.	No

Fuente: GessiG S.A.S., 2026

Tabla 12-4 Impactos residuales del medio biótico

Impacto	Descripción
Alteración de las unidades de cobertura vegetal y comunidades de flora asociadas	Si, dado que tanto las actividades transversales como la adecuación y construcción de la infraestructura del Bloque CPO-5 requieren de la preparación del terreno, lo cual implica la remoción de vegetación y la modificación de la topografía. Esto conlleva la afectación directa sobre hábitats naturales, lo cual afecta la fauna y flora local.
Fragmentación y/o alteración en la continuidad de las coberturas de bosques o ecosistemas sensibles	Si, dado que el cambio en la extensión (área), forma (geometría) y distribución de la cobertura vegetal se genera como consecuencia de la intervención de un proyecto, obra o actividad en un territorio determinado debido a la remoción de cobertura vegetal, desmonte, descapote y aprovechamiento forestal. Estas actividades implican el cambio en la dinámica de la regeneración natural, la disminución de la biomasa y disminución de la fijación o almacenamiento de carbono.
Alteración a comunidades de fauna terrestre	Si, dado que la alteración de las coberturas vegetales y el incremento del ruido debido a las actividades de adecuación y construcción de la infraestructura del Bloque CPO-5 causan impactos negativos sobre las comunidades de fauna terrestre. Así mismo, la fragmentación del hábitat, el desplazamiento de individuos y la pérdida de sitios de refugio y alimentación pueden llevar a una disminución de la riqueza y abundancia de especies, así como a cambios en la composición de las comunidades.

Fuente: GessiG S.A.S., 2026

Los impactos generados por el proyecto Bloque CPO-5 se encuentran identificados y descritos detalladamente en el **Capítulo 5.1. Evaluación Ambiental**.

12.5.1 Adicionalidad

Conforme a lo dispuesto en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (MADS, 2018), el principio de adicionalidad implica que las acciones previstas en el presente Plan deben generar beneficios adicionales a los que se obtendrían en ausencia de la compensación, es decir, que no deben tratarse de actividades que ya estén en curso, financiadas por terceros o que hagan parte de obligaciones distintas a las derivadas del licenciamiento ambiental.

En este sentido, las acciones de preservación y restauración ecológica con enfoque de rehabilitación contempladas en este Plan cumplen con el criterio de adicionalidad, dado que:

- **Preservación:** Las áreas seleccionadas no se encuentran actualmente bajo esquemas formales de conservación, ni son objeto de medidas de protección preexistentes por parte de autoridades ambientales u otros instrumentos de planificación territorial o ambiental. Las acciones previstas, como el aislamiento físico, el control de presión antrópica, la señalización y la implementación de acuerdos de conservación con propietarios, constituyen nuevas intervenciones destinadas a evitar la degradación de ecosistemas naturales y seminaturales que, sin la compensación, estarían expuestos a procesos de transformación o presión antrópica.
- **Restauración ecológica con enfoque de rehabilitación:** Las actividades proyectadas se implementarán en áreas degradadas o transformadas que no se encuentran actualmente bajo procesos de restauración. La selección de estas áreas responde a criterios ecológicos y de conectividad establecidos en el Plan, y sus intervenciones (como el establecimiento de arreglos florísticos, ampliación de bordes y creación de corredores ecológicos) buscan mejorar atributos estructurales y funcionales del ecosistema. Estas acciones no estaban previstas en ningún otro instrumento de gestión ni hacen parte de compromisos paralelos, lo que garantiza su carácter adicional.

De esta manera, las acciones propuestas aseguran un impacto positivo neto sobre la biodiversidad y la prestación de servicios ecosistémicos, generando beneficios que no se alcanzarían sin la ejecución del presente Plan de Compensación.

12.6 CONTEXTO NORMATIVO

Colombia tiene un marco legal que establece y cuantifica las compensaciones requeridas debido a la pérdida de biodiversidad. Después de realizar el Estudio de Impacto Ambiental (EIA), que provee información sobre la ubicación del proyecto, aspectos abióticos, bióticos y socioeconómicos del entorno que podrían verse afectados, y la evaluación de posibles impactos, se lleva a cabo la compensación por pérdida de biodiversidad según lo dictaminado por la ley. Este proceso se ajusta a las regulaciones y leyes nacionales con el objetivo de impulsar la economía sin comprometer el capital natural del país, lo anterior se desarrolla en las **Tabla 12-5** y **Tabla 12-6** a continuación.

Tabla 12-5 Marco Normativo general aplicable para el Plan de Compensación

Acto administrativo		Normatividad (establece...)
Constitución Política	13/06/1991	Artículo 79. Se establece que todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.
		Artículo 80. Se establece que "Es deber del Estado planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, conservación restauración o sustitución, y demás, debe prevenir y controlar los factores

Acto administrativo		Normatividad (establece...)
		de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de os daños causados”.
Ley 99 de 1993		Artículo 57 del Estudio de impacto ambiental Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente y se reordena el sector público encargado de la Gestión y Conservación el Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables, y se establece en el artículo 57, para la solicitud de la Licencia Ambiental, se deberá presentar el conjunto de información – Estudio de impacto ambiental, ante la autoridad ambiental
Ley 165 de 1994		Convenio de las Naciones Unidas Sobre Diversidad Biológica Reafirmando la responsabilidad de los Estados en la conservación de la biodiversidad biológica Colombia, se aprobó el “Convenio sobre la diversidad Biológica”, donde el objetivo es garantizar la conservación y utilización sostenible de los recursos Biológicos
Ley 165 de 1994		En su Artículo 10 (literal b), se señala que cada Parte Contratante, en la medida de lo posible y según proceda, “Adoptará medidas relativas a la utilización de los recursos biológicos para evitar o reducir al mínimo los efectos adversos para la diversidad biológica
Decreto 1449	27/06/1977	Por el cual se reglamentan parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del artículo 56 de la Ley 135 de 1961 y el Decreto Ley No. 2811 de 1974.
Decreto Nacional 2372	01/07/2010	Por el cual se reglamenta el Decreto-Ley 2811 de 1974, Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto-Ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones
Decreto 2820	05/08/2010	En el artículo 1, define que las medidas de compensación son aquellas encaminadas a resarcir y retribuir a las comunidades, las regiones, las localidades y el entorno natural por los impactos o efectos negativos que no puedan ser corregidos, mitigados o sustituidos. En el artículo 6, se establece que las compensaciones deben tener una duración igual a la vida útil del proyecto Adicionalmente, en los artículos 13 y 14 se menciona que los EIA y DAA deben ser elaborados de acuerdo con las metodologías adoptadas por medio de la Resolución 1503 de 2010 del Ministerio de Ambiente
Decreto 1076	26 de mayo 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. En el Título 2, Capítulo 1, Sección 1, Artículo 2.2.2.1.2.1 (Decreto 2372 del 2010) se establece que mediante este se reglamenta el Decreto-Ley 2811 de 1974, Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto-Ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones. En tanto en el Título 3, Capítulo 1, Artículo 2.2.3.1.1.1 (Decreto 1640 del 02 de agosto de 2012) se reglamenta para la planificación, ordenamiento y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos y se dictan otras disposiciones.

Fuente: GessiG S.A.S., 2026

Tabla 12-6 Marco Normativo relacionado con compensaciones

Acto administrativo		Entidad	Normatividad (establece...)
Ley 99	22/12/1993	Congreso de la República	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones.

Acto administrativo		Entidad	Normatividad (establece...)
Resolución 1517	31/08/2012	MADS	Establece de obligatorio cumplimiento el adopta el Manual para la asignación de compensación por pérdida de Biodiversidad, en aquellos proyectos que requieran licencia ambiental.
Decreto 1076	26/05/2015	MADS	Por el cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. En su Artículo 2.2.2.3.1.1., de la Sección 1 del Capítulo 3, se define las "medidas de compensación"
Resolución 0256	22/02/2018	MADS	Deroga la Resolución 1517 de 2012. Por la cual se adopta la actualización del Manual de compensaciones del Componente Biótico, en donde se incluye numeral 5 Compensaciones del componente Biótico en el marco del proceso de licenciamiento ambiental.
Resolución 1428	31/07/2018	MADS	Por la cual se modifica los artículos 9, 10 y 12 de la Resolución No. 256 del 22 de febrero de 2018, acerca de la aplicación del manual, el régimen de transición y sobre las vigencias y derogatorias.

Fuente: GessiG S.A.S., 2026

12.7 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se localiza en el departamento del Meta, en jurisdicción de los municipios de Puerto López y Cabuyaro. En la **Figura 12-2** se presenta la localización general del polígono actualmente licenciado para la fase de exploración del Bloque CPO-5, así como el polígono objeto de la presente solicitud de modificación de licencia ambiental, en el marco del Estudio de Impacto Ambiental.

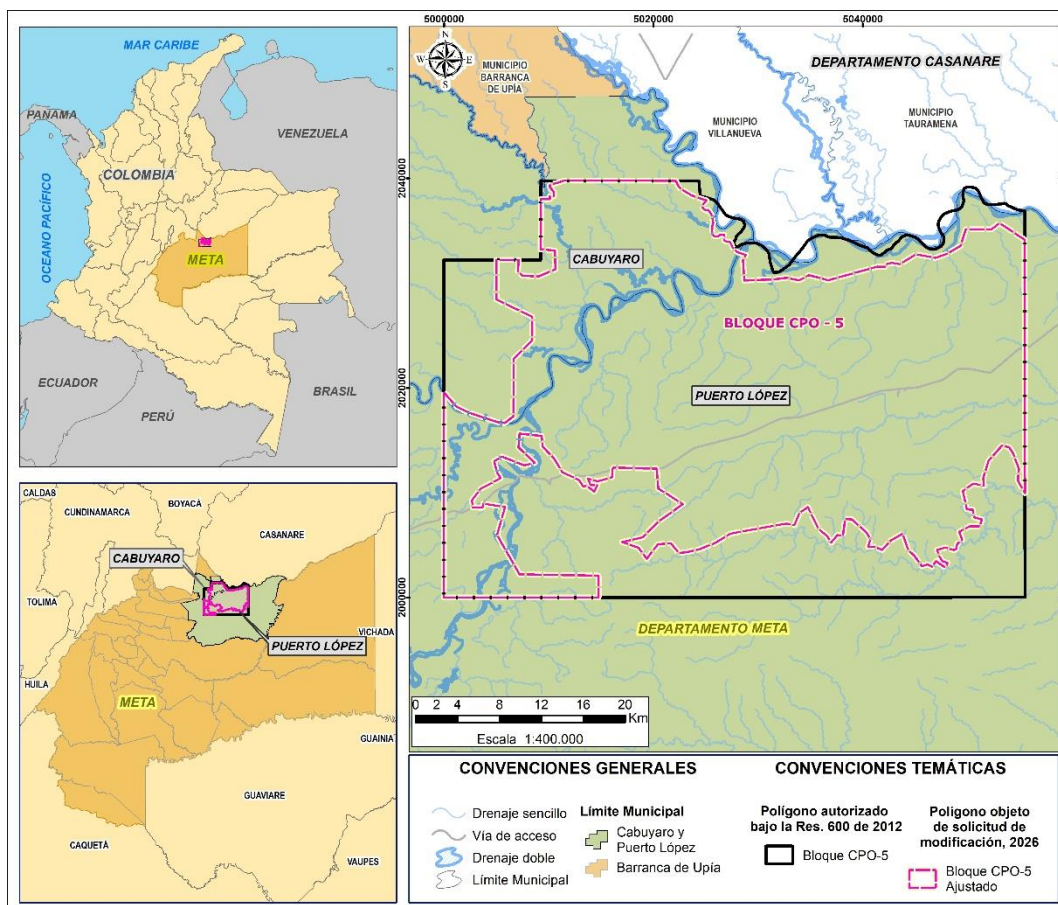


Figura 12-2 Localización general del Proyecto

Fuente: GessiG S.A.S., 2026

12.7.1 Proyecto de modificación de licencia ambiental

El Proyecto Área de perforación exploratoria Bloque CPO-5 licenciado tiene una extensión de 199.247,80 ha, delimitado por un polígono cuyos vértices con sus respectivas coordenadas se presentan en la **Tabla 12-7** (Resolución 600, pág 117), la espacialización del Bloque licenciado se observa en la **Figura 12-3**.

Tabla 12-7 Coordenadas del Bloque CPO-5 (Licenciadas bajo la Resolución 600 de 2012)

Coordenadas bloque CPO – 5 (Magna Sirgas Origen Bogotá)		
Vértice	Este	Norte
A	1.143.994,88	974.000,20
B	1.144.105,36	972.565,35
Borde Nororiental Límite Municipio Puerto López (Río Meta)		
C	1.175.129,21	971.146,47
D	1.175.204,53	934.240,13

Coordenadas bloque CPO – 5 (Magna Sirgas Origen Bogotá)		
Vértice	Este	Norte
E	1.119.664,43	934.150,34
F	1.119.619,47	966.402,91
G	1.128.873,14	966.416,19
H	1.128.873,14	974.000,21

Fuente: Resolución N° 600 del 31 de julio de 2012

En la **Tabla 12-8** se presenta la proporción de área del Bloque CPO-5 licenciado en relación con cada municipio, tomando como referencia la capa de municipios a escala 1:100.000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC actualizada respecto a la cartografía detallada del proyecto.

Tabla 12-8 Proporción de área de cada municipio en el Bloque CPO-5 (Resolución 600 de 2012).

Departamento	Municipio	Área del municipio (ha)	Área del municipio al interior del bloque (ha)	% de área del municipio dentro del bloque
Meta	Cabuyaro	90.822,94	35.928,81	39,56%
	Puerto López	689.036,97	161.853,85	23,49%
	Barranca de Upía	40.524,41	16,32	0,04%

Fuente: GessiG S.A.S., 2026

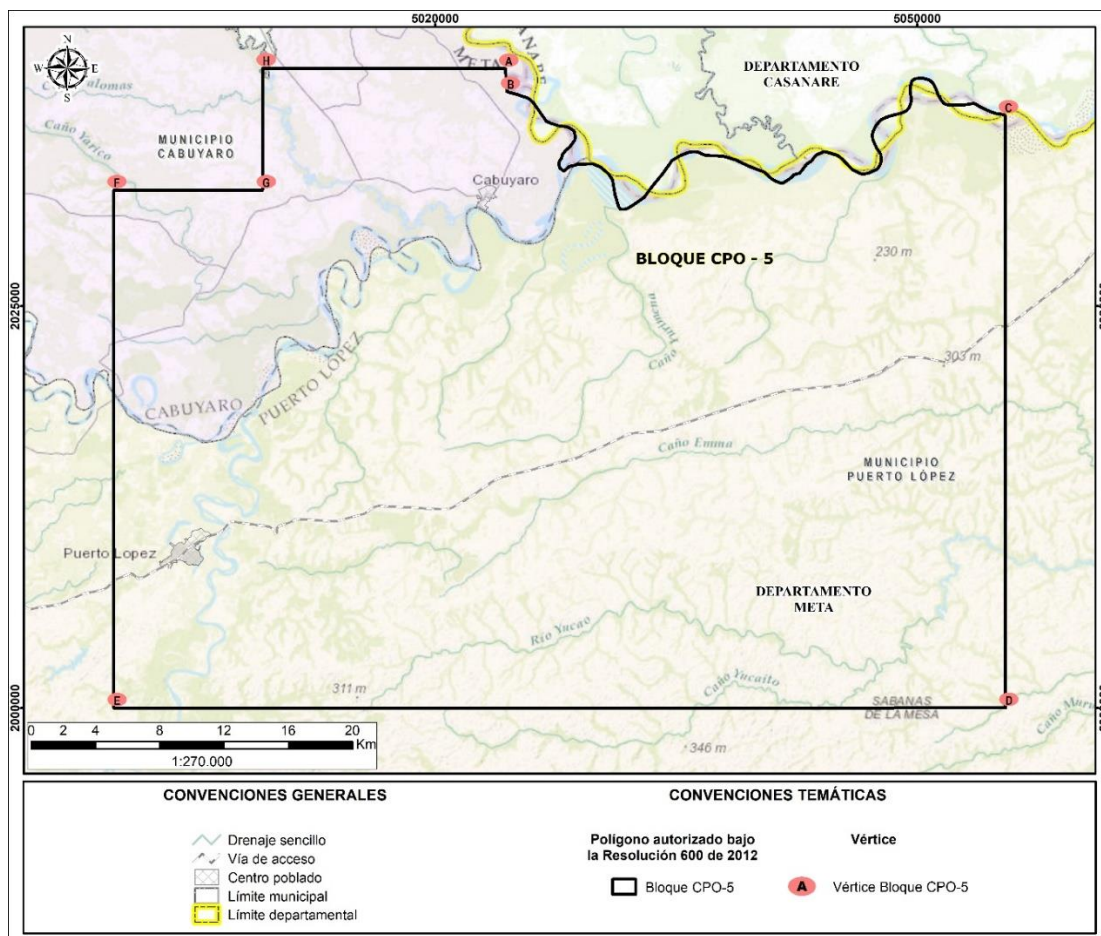


Figura 12-3 Bloque exploratorio licenciado según Resolución 600 del 31 de julio de 2012

Fuente: Fuente: GessiG S.A.S., 2026, con información de referencia del IGAC

Como se mencionó en el Capítulo 1, en concordancia con lo establecido en el Decreto 1076 de 2015, Artículo 2.2.2.3.7.1. Modificación de la licencia ambiental, la solicitud incorpora una reducción o recorte del polígono licenciado de 59.077,1 ha (corresponde al área geográfica calculada bajo el Origen Unico Nacional, Datum Magna Sirgas para el polígono de origen y el de solicitud de modificación), llegando a un área solicitada de 139.749,26 ha.

En la **Figura 12-4** se presenta el polígono licenciado y el polígono objeto de solicitud de modificación. La comparación cartográfica permite evidenciar la reducción del área del proyecto, con la consecuente exclusión del municipio de Barranca de Upía del polígono propuesto.

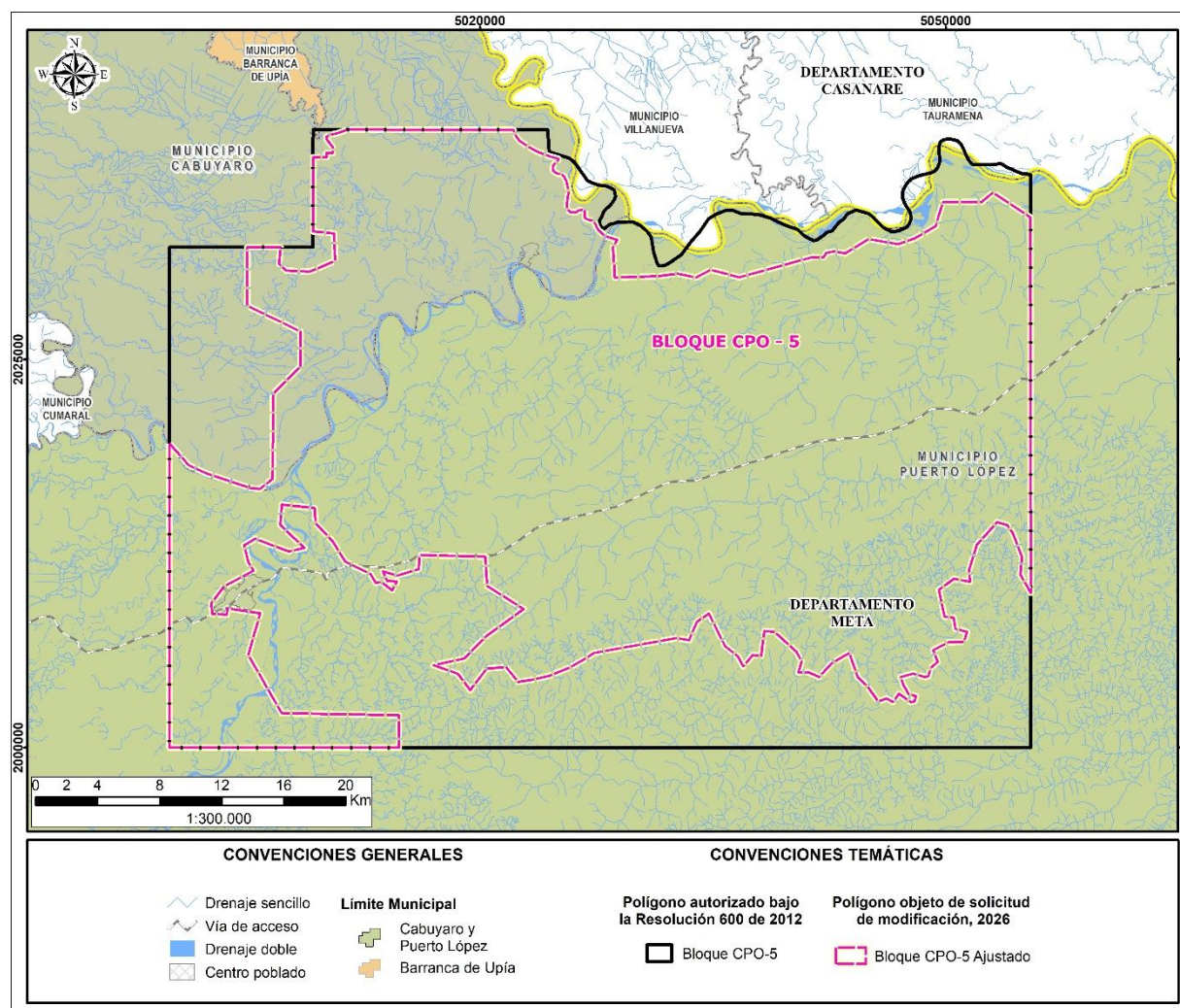


Figura 12-4 Área del Bloque CPO-5 propuesto para la modificación de licencia en relación con el área licenciada según Res. 600 del 31 de julio de 2012

Fuente: GessiG S.A.S., 2026

12.7.2 Actividades constructivas del proyecto

Según lo señalado en el **Capítulo 2. Descripción del proyecto** se realizarán actividades constructivas de tipo puntual y lineal para la modificación de licencia del Bloque CPO 5, de las cuales unas ya se encuentran aprobadas por la Resolución 600 de 2012 y no cuentan con aprovechamiento forestal autorizado, así como actividades nuevas adicionales, necesarias para el desarrollo del bloque. Entre las actividades puntuales se encuentra la construcción de locaciones, facilidades de producción, centrales generadoras de energía; así como las ocupaciones de cauce asociadas a la adecuación y construcción de vías. Por otro lado, las actividades lineales incluyen la adecuación de vías existentes, la construcción de vías, la construcción de líneas de flujo y la construcción e instalación de las líneas eléctricas de media y baja tensión.

Para realizar el cálculo del volumen máximo a remover se consideró la posible superposición de la capa de coberturas con las servidumbres y derechos de vía de los proyectos lineales (construcción de vías, líneas de flujo y líneas eléctricas), por lo que se realizó el cálculo del área a intervenir de acuerdo con un máximo derecho de vía de 15 m, teniendo en cuenta un escenario hipotético en el que puedan coincidir al máximo las tres obras y deban realizarse en paralelo en una longitud de 5 km por cada locación.

A continuación, se presenta una breve descripción de las estrategias de desarrollo que requieren de aprovechamiento forestal el cual es objeto de la presente solicitud:

- **Adecuación y/o mantenimiento de vías existentes:**

Se solicita la adecuación de **273,34 km** de las vías existentes para garantizar de forma eficiente el acceso y movilización de la maquinaria, equipos y personal requeridos para desarrollar las actividades del proyecto. Con un ancho de derecho vía de 15 m. Para esta estrategia en total se requiere la intervención de 410,06 ha; sin embargo, solo **170,31 ha** se encuentran sobre coberturas susceptibles a intervención. En el área de intervención estimada para esta estrategia, se incluye el aprovechamiento forestal requerido para las ocupaciones de cauce proyectadas sobre vías existentes.

- **Construcción de vías:**

Se solicita la Construcción de vías para acceder a las locaciones y Facilidades Centrales de Producción (CPF); estas tendrán una longitud promedio de 5 km por locación y/o CPF y un derecho de vía de 15 m. Es importante considerar que pesar de que se tienen autorizados y se solicita mantener los 15 km por plataforma, con un DDV de 20 m, se estima que en promedio la construcción de las vías a las plataformas y/o CPF proyectadas, no superará los 5 km de longitud, ni un DDV de 15 m, debido a la red vial existente y las distancias que podrían existir a las mismas.

- **Construcción líneas de flujo:**

Construcción, instalación, operación y mantenimiento de líneas de flujo para el transporte de fluidos y/o gas dentro del bloque CPO 5, las cuales contarán con un diámetro de hasta 5 pulgadas, y una longitud promedio de 5 km por locación o facilidades de producción con un derecho de vía máximo de 15 m (compartido). Es importante considerar que pesar de que se tienen autorizados 15 km por plataforma, con un DDV de 10 m (sólo para la línea de flujo), se estima que en promedio la construcción de líneas de flujo no superará los 5 km de longitud, debido a que, para efectos del cálculo del permiso de aprovechamiento forestal, se contempla puedan ir paralelas a las vías y por tanto contenerse en el derecho de vía de 15 m de las mismas (compartido).

Construcción, instalación operación y mantenimiento de líneas eléctricas:

Construcción, instalación, operación y mantenimiento de líneas eléctricas de media y baja tensión no mayores a 56 Kv, con una longitud promedio de 5 km por Locación o Facilidades de Producción ya que para efectos del cálculo del permiso de aprovechamiento forestal se contempla que estas puedan discurrir paralelas a las vías a adecuar y/o construir.

- **Ocupaciones de cauce:**

Si bien la Resolución 600 de 2012 otorga el permiso de ocupación de cauce para 10 puntos referenciados, estos no cuentan con la autorización de permiso de aprovechamiento forestal por lo que el presente complemento solicita mantener la actividad autorizada en los 10 puntos referenciados en la Resolución 600 de 2012 solicitando el permiso de aprovechamiento forestal correspondiente y adicionando 31 ocupaciones de cauce nuevas las cuales se presentan en detalle en el Numeral Ocupaciones de cauce del Capítulo 2. Descripción del proyecto.

- **Locaciones multipozo:**

La Resolución 600 de 2012 autoriza la construcción de 15 locaciones con un área de 5 ha cada una, de las cuales, se han construido 8 y se proyectan construir 2 en el año 2026. Para estas 10 locaciones (8 construidas y 2 proyectadas a 2026) se solicita en la presente solicitud de modificación de licencia ambiental la ampliación del área por locación de 3 ha adicionales, obteniendo así un área total de 30 ha.

Adicionalmente, se solicita la modificación del numeral 2 del artículo segundo de la Resolución 600 de 2012 en el sentido de ampliar el número a 50 locaciones (en donde se incluyen las 8 construidas y 2 proyectadas a 2026), de las cuales 40 plataformas son proyectadas nuevas en la fase de desarrollo. Adicionalmente, se solicita modificación en el sentido de ampliar el área autorizada de 5 ha a un área máxima de hasta 8 ha, tanto para plataformas nuevas como para existentes.

A partir de lo anteriormente establecido, se considera un área de intervención solicitada para **plataformas nuevas de 320 ha**, que, en conjunto, con el área adicional solicitada para locaciones ya construidas y proyectadas, sumaría un total de **350 ha** para locaciones multipozo.

- **Facilidades centrales de producción (CPF):**

Se solicita modificación del numeral 5 del artículo segundo de la Resolución 600 de 2012 en el sentido de ampliar el número de CPF y el área máxima de intervención, la cual se encontraba aprobada para la instalación y operación de máximo dos (2) facilidades tempranas de producción con un área máx. 5 ha.

Se solicita la modificación para realizar la instalación de 10 facilidades de producción en total, entre CPF modulares y facilidades medianas - GGS con un área máxima e intervención de 12 ha, obteniendo así un área máxima de intervención para construcción de Facilidades centrales de producción de **120 ha**.

- **Centrales generadoras de energía:**

Se solicita autorización para tener tres opciones de alimentación de energía para el bloque CPO-5:

- Opción 1: Por medio de unidades de generación local de energía eléctrica mediante generadores con motores de combustible (Diesel o gas).
- Opción 2: Conexión directamente a la red eléctrica de interconexión proveniente de líneas eléctricas adyacentes al bloque y que se encuentran interconectadas al Sistema de transmisión

Nacional, en ambos casos, se plantea que estén acompañadas del uso parcial o total de energías renovables (área fotovoltaica).

- Opción 2b: Centro de generación de energía eléctrica: Conexión de la red eléctrica de interconexión con la(s) subestación(es) para alimentar la infraestructura del proyecto. Se prevé el establecimiento de un (1) centro de generación de energía eléctrica, ubicada dentro del Área del proyecto, que podrá ubicarse adyacente al parque fotovoltaico de existir o en otro espacio aledaño a la fuente de generación en un área de hasta 0,7 ha.

- Opción 3: Se prevé la alimentación de energía a través de un sistema de paneles solares, lo cual hace referencia a la construcción de hasta dos (2) áreas solares fotovoltaicas con capacidad de hasta 10 MWp y extensión de hasta 8 ha cada una.

A partir de las opciones de suministro energético solicitadas, se considera un área máxima de intervención de **16 ha**.

Según lo señalado, en total se requiere la intervención será de máximo **1271,06 ha**, de las cuales **545,31 ha** estarán distribuidas en los proyectos lineales, **486 ha** en proyectos puntuales (incluyendo ocupaciones de cauce) y adicionalmente **239,75 ha** sobre las cuales se solicita la autorización para ser empleadas en los proyectos puntuales (Locaciones, CPF y centrales generadoras de energía) sobre coberturas agrícolas presentes en el Bloque CPO-5 que no presentan un volumen de aprovechamiento forestal relacionado. En la **Tabla 12-10** se muestran las actividades constructivas y de adecuación proyectadas, que implicarán aprovechamiento forestal, junto con el cálculo correspondiente de la máxima área de intervención.

Es importante destacar que existe una diferencia de **239,75 ha** entre el área máxima de intervención y el área real de intervención calculada, razón por la cual, se solicita la autorización de las mencionadas 239,75 ha para ser empleadas en los proyectos puntuales (Locaciones, CPF y centrales generadoras de energía) sobre coberturas agrícolas presentes en el Bloque CPO-5 que no presentan un volumen de aprovechamiento forestal relacionado, las cuales se listan a continuación:

Tabla 12-9 Territorios agrícolas con solicitud de área de intervención – sin aprovechamiento forestal

Código	Cobertura
211	Otros cultivos transitorios
2121	Arroz
2122	Maíz
2134	Soya
2211	Otros cultivos permanentes herbáceos
2212	Caña
2221	Otros cultivos permanentes arbustivos
2231	Otros cultivos permanentes arbóreos
2232	Palma de aceite

Fuente: GessiG S.A.S., 2026

Tabla 12-10 Cálculo de las áreas máximas de intervención en el Bloque CPO5

Obra/actividad	Descripción	Proyectos Lineales		
		Longitud (km)	Ancho (m)	Área Máxima a Intervenir (ha)
Adecuación de vías	Adecuación de 273,34 km de vías con un derecho de vía de 15 m	Anexo: 4.51_Aprovechamiento_F		170,31ha*
Construcción vías	Construcción de vías para acceder a las locaciones y Facilidades Centrales de Procesamiento (CPF); estas tendrán una longitud de 5 km por locación y/o CPF con un derecho de vía de 15 m.	250	15	375 ha
Líneas de Flujo	Construcción, instalación, operación y mantenimiento de líneas de flujo para el transporte de fluidos y/o gas dentro del Bloque CPO5, las cuales contarán con un diámetro de hasta 5 pulgadas, y una longitud de 5 km por locación o Facilidades con un derecho de vía máximo de 15m.			
Líneas eléctricas de media y baja tensión	Construcción, instalación, operación y mantenimiento de líneas eléctricas, con una longitud de 5 km por locación o Facilidades.			
Total área requerida proyectos lineales				545,31 ha
Obra/actividad	Descripción	Proyectos Puntuales		
		Área (ha)	Unidades	Área Máxima a Intervenir (ha)
Ocupaciones de cauces	Permiso de Ocupación de cauces para 41 (10 autorizados y 31 adicionales) posibles sitios donde se implementará puentes en concreto, alcantarillas, box coulvert, cunetas, entre otras.	0**	41	0,00**
Locaciones Multipozo	Construcción de 40 locaciones multipozos con un área de 8 ha cada una	8	40	320
Ampliación Locaciones construidas y proyectadas	Ampliación de 3 ha para las 10 locaciones autorizadas (8 construidas y 2 proyectadas) en el marco de lo autorizado en la Resolución 600 de 2012	3***	10	30***
Facilidades centrales de producción (CPF)	Construcción de 10 facilidades de producción en total, entre CPF modulares y facilidades medianas - GGS con un área máxima e intervención de 12 ha.	12	10	120
centrales generadoras de energía	Construcción de hasta dos (2) áreas solares fotovoltaicas con capacidad de hasta 10 MWp y extensión de hasta 8 ha cada una.	8	2	16
Total, área requerida proyectos puntuales				486****
Total, área requerida por el proyecto				1271.06 ****

*El área máxima a intervenir por adecuación de vías corresponde a 410,06 ha (273,34 km * 15 m); sin embargo, solo se consideran 170,31 ha que se ubican sobre coberturas susceptibles de aprovechamiento.

**El área asociada a las ocupaciones de cauce, no se consideró dentro de la solicitud de intervención, ya que estas obras puntuales se encuentran incluidas dentro de los 15 m de Derecho de vía solicitado para las actividades de Adecuación de vías, Construcción de vías, líneas de flujo y líneas eléctricas.

*** Se solicita la ampliación en 3 ha para 8 plataformas construidas y 2 proyectadas a construir, las cuales fueron autorizadas en la Resolución 600 de 2012.

****Se emplea para el cálculo de aprovechamiento un área máxima de intervención con aprovechamiento forestal relacionado de 486 ha; sin embargo, se solicita la autorización de 239,75 ha adicionales de intervención para proyectos puntuales en las coberturas agrícolas presentes en el Bloque CPO-5, de acuerdo con la solicitud de área a intervenir total.

12.8 ¿QUÉ COMPENSAR?

“¿Qué compensar?” se refiere a la identificación de los ecosistemas afectados por las intervenciones del proyecto, con base en los atributos ecosistémicos caracterizados en la línea base del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), con el propósito de establecer su correspondencia con ecosistemas equivalentes, según lo dispuesto por el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (MADS, 2018).

En el marco de los dos alcances definidos para este plan de compensación, la identificación de lo que debe ser compensado parte de la caracterización biótica de las áreas efectivas y posibles a intervenir, es decir, aquellas superficies sobre las cuales se llevarán a cabo actividades como la remoción de cobertura vegetal, el aprovechamiento forestal y el descapote del suelo, necesarias para la construcción de infraestructura de tipo lineal y puntual. Estas intervenciones están descritas en detalle en el Capítulo 2 – Descripción del Proyecto y el Capítulo 4 – Demanda, Uso y Aprovechamiento de Recursos Naturales.

Las actividades proyectadas se localizan sobre ecosistemas caracterizados en el proceso de modificación de la licencia ambiental, los cuales se encuentran descritos en el Capítulo 3.3.2.1 – Caracterización del Área de Influencia del Proyecto – Medio Biótico. En dicho capítulo se presentan las condiciones bióticas de cada ecosistema, incluyendo su estructura, composición de especies de flora y fauna, y su integridad ecológica. Esta información permite determinar con base técnica los ecosistemas equivalentes en los que se ejecutarán las medidas de compensación, conforme a los atributos de estructura, función y composición, tal como lo establece el Manual del MADS.

La estimación de las áreas a intervenir sobre los ecosistemas presentes en el área de influencia se basó en la totalidad de obras sujetas a licenciamiento contempladas en los alcances del presente plan, así como en la zonificación de manejo ambiental del proyecto. Esta planificación busca, en la medida de lo posible, evitar o reducir la intervención sobre coberturas naturales. Lo anterior se encuentra descrito en el numeral 4.6 – Aprovechamiento Forestal del Capítulo 4.

Para el cálculo del “qué compensar” se incluyeron los ecosistemas clasificados como naturales, seminaturales y transformados presentes en las áreas impactadas, siempre que sean objeto de compensación conforme a los lineamientos del Manual de Compensaciones del Componente Biótico (MADS, 2018).

Como resultado del análisis realizado a partir de la zonificación de manejo ambiental, se estableció la superficie total susceptible de intervención por unidad de ecosistema dentro del polígono del Bloque CPO-5. Esta superficie corresponde a las áreas donde se llevarán a cabo actividades constructivas de carácter puntual y lineal asociadas a la presente modificación de la licencia.

En la Tabla 12-11 se presentan las áreas máximas a intervenir por ecosistema, las cuales corresponden a las obras de tipo puntual y lineal, como se ha mencionado a lo largo del presente plan.

Tabla 12-11 Área máxima de intervención en los ecosistemas naturales y seminaturales presentes en el Bloque CPO-5

ECOSISTEMA	Área (ha) intervención lineal	Área (ha) Puntual	Área (ha)máxima intervención
Arroz del Helobioma Altillanura	18.64	0.00	18.64
Arroz del Helobioma Villavicencio	0.01	0.00	0.01
Arroz del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	8.72	0.00	8.72
Arroz del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	0.22	0.00	0.22
Bosque abierto alto inundable del Helobioma Altillanura	1.13	0.00	1.13
Bosque abierto alto inundable del Helobioma Villavicencio	0.10	0.00	0.10
Bosque abierto alto inundable del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	0.25	0.00	0.25
Bosque de galería del Helobioma Altillanura	61.58	0.00	61.58
Bosque de galería del Helobioma Villavicencio	1.51	0.00	1.51
Bosque de galería del Peinobioma Altillanura	0.02	0.00	0.02
Bosque de galería del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	2.39	0.00	2.39
Bosque de galería del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	0.01	0.00	0.01
Bosque denso alto inundable del Helobioma Altillanura	13.37	0.00	13.37
Bosque denso alto inundable del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	2.44	0.00	2.44
Bosque denso alto inundable del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	0.04	0.00	0.04
Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Helobioma Altillanura	0.44	0.00	0.44
Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Peinobioma Altillanura	0.00	0.00	0.00
Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	0.41	0.00	0.41
Caña del Helobioma Altillanura	0.00	0.00	0.00
Caña del Peinobioma Altillanura	0.15	0.00	0.15
Caña del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	84.76	0.00	84.76
Herbazal denso de tierra firme arbolado del Helobioma Altillanura	0.09	0.25	0.34
Herbazal denso de tierra firme arbolado del Peinobioma Altillanura	9.01	20.11	29.13
Herbazal denso de tierra firme arbolado del Peinobioma Villavicencio	0.20	0.55	0.75
Herbazal denso de tierra firme arbolado del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	1.29	0.98	2.26
Herbazal denso de tierra firme no arbolado del Helobioma Altillanura	0.21	0.26	0.47
Herbazal denso de tierra firme no arbolado del Peinobioma Altillanura	21.47	36.34	57.81
Herbazal denso de tierra firme no arbolado del Peinobioma Villavicencio	0.08	0.22	0.30
Herbazal denso de tierra firme no arbolado del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	0.41	1.03	1.44
Herbazal denso inundable arbolado del Helobioma Altillanura	2.30	0.00	2.30

ECOSISTEMA	Área (ha) intervención lineal	Área (ha) Puntual	Área (ha)máxima intervención
Herbazal denso inundable arbolado del Peinobioma Altillanura	0.48	0.00	0.48
Herbazal denso inundable arbolado del Peinobioma Villavicencio	0.01	0.00	0.01
Herbazal denso inundable no arbolado del Helobioma Altillanura	5.12	0.00	5.12
Herbazal denso inundable no arbolado del Helobioma Villavicencio	0.04	0.00	0.04
Herbazal denso inundable no arbolado del Peinobioma Altillanura	0.07	0.00	0.07
Herbazal denso inundable no arbolado del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	0.86	0.00	0.86
Maíz del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	0.08	0.00	0.08
Otros cultivos permanentes arbóreos del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	18.82	0.00	18.82
Otros cultivos permanentes arbóreos del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	0.20	0.00	0.20
Otros cultivos permanentes herbáceos del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	0.14	0.00	0.14
Otros cultivos transitorios del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	0.05	0.00	0.05
Otros cultivos transitorios del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	0.04	0.00	0.04
Palma de aceite del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	3.33	0.00	3.33
Palma de aceite del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	2.48	0.00	2.48
Palmares del Helobioma Altillanura	2.43	0.00	2.43
Palmares del Helobioma Villavicencio	0.14	0.00	0.14
Pastos arbolados del Helobioma Altillanura	0.57	1.39	1.96
Pastos arbolados del Peinobioma Altillanura	3.36	4.50	7.86
Pastos arbolados del Peinobioma Villavicencio	0.04	0.12	0.16
Pastos arbolados del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	14.22	28.33	42.55
Pastos arbolados del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	0.69	0.48	1.17
Pastos enmalezados del Helobioma Altillanura	0.87	1.03	1.90
Pastos enmalezados del Peinobioma Altillanura	1.19	1.62	2.81
Pastos enmalezados del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	6.99	16.10	23.09
Pastos enmalezados del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	0.32	0.60	0.91
Pastos limpios del Helobioma Altillanura	10.17	19.33	29.50
Pastos limpios del Helobioma Villavicencio	0.01	0.04	0.06
Pastos limpios del Peinobioma Altillanura	12.86	21.78	34.63
Pastos limpios del Peinobioma Villavicencio	0.12	0.33	0.45
Pastos limpios del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	184.87	303.76	488.63
Pastos limpios del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	3.85	5.87	9.72

ECOSISTEMA	Área (ha) intervención lineal	Área (ha) Puntual	Área (ha) máxima intervención
Plantación forestal del Helobioma Altillanura	0.00	0.00	0.00
Plantación forestal del Peinobioma Altillanura	3.26	0.00	3.26
Plantación forestal del Peinobioma Villavicencio	0.14	0.00	0.14
Plantación forestal del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	17.29	0.00	17.29
Soya del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	2.76	0.00	2.76
Tierras desnudas y degradadas del Peinobioma Altillanura	0.04	0.00	0.04
Tierras desnudas y degradadas del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	0.08	0.00	0.08
Vegetación secundaria alta del Helobioma Altillanura	1.27	0.00	1.27
Vegetación secundaria alta del Helobioma Villavicencio	0.05	0.00	0.05
Vegetación secundaria alta del Peinobioma Altillanura	0.68	0.00	0.68
Vegetación secundaria alta del Peinobioma Villavicencio	0.01	0.00	0.01
Vegetación secundaria alta del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	4.30	0.00	4.30
Vegetación secundaria alta del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	0.02	0.00	0.02
Vegetación secundaria baja del Helobioma Altillanura	1.67	4.16	5.83
Vegetación secundaria baja del Helobioma Villavicencio	0.05	0.12	0.17
Vegetación secundaria baja del Peinobioma Altillanura	0.99	1.67	2.66
Vegetación secundaria baja del Peinobioma Villavicencio	0.04	0.11	0.15
Vegetación secundaria baja del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	6.63	14.37	21.00
Vegetación secundaria baja del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	0.27	0.54	0.81
Zonas quemadas del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	0.08	0.00	0.08
Zonas quemadas del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	0.00	0.00	0.00
TOTAL	545.31	486.00	1031.31
Zonas agrícolas sin aprovechamiento relacionado	0.00	239.75	239.75*
TOTAL, ÁREA MÁXIMA DE INTERVENCIÓN			1271.06

*Se emplea para el cálculo de aprovechamiento un área máxima de intervención con aprovechamiento forestal relacionado de 486 ha en obras de tipo puntual; sin embargo, se solicita la autorización de 239,75 ha adicionales de intervención para proyectos puntuales en las coberturas agrícolas presentes en el Bloque CPO-5, de acuerdo con la solicitud de área a intervenir total.

Fuente: Gessig S.A.S., 2026

12.8.1 Zonas de vida

La zona de vida refiere al grupo de asociaciones vegetales dentro de una división natural de clima, que se definen teniendo en cuenta las condiciones edáficas y las etapas de sucesión. Estas asociaciones son reconocidas por tener una fisonomía similar en cualquier parte del mundo, siguiendo el sistema de clasificación de Holdridge (1967), con el cual es posible asociar formaciones vegetales con la temperatura media anual del aire (biotemperatura), la precipitación anual y la tasa de evapotranspiración anual.

El Bosque Húmedo Tropical (bh-T), es una zona de vida caracterizada por un rango altitudinal comprendido entre 0 y 1000 msnm, temperatura media mayor a 24°C y precipitación entre 1000 y 2000 mm/año. El área de influencia físico-biótica del Área de Producción CPO-5 tiene una extensión de 228455,31 hectáreas, cuyos límites climáticos corresponden a una temperatura anual entre 25 - 26°C (piso térmico cálido), un promedio anual de lluvias entre 1200 - 2250 mm, altura sobre el nivel del mar entre 152 – 167 msnm. Teniendo en cuenta estos aspectos se encuentra que según la clasificación de Caldas-Lang, el área de influencia físico-biótica del Área de Producción se encuentra en dos pisos térmicos, Cálido húmedo y Cálido Semihúmedo. Finalmente, de acuerdo con la metodología de clasificación de Holdridge (1967), el área objeto de estudio se encuentra en la zona de vida de **Bosque Húmedo tropical** (bh-T).

Esta zona de vida se caracteriza por ser un ecosistema con alta complejidad estructural y ambiental según lo descrito por Gentry (1995) , por lo que la múltiple oferta bienes y servicios ambientales se da a diferentes niveles los cuales van desde la conservación de la biodiversidad, la regulación de los ciclos hidrológicos y fijación de dióxido de carbono, hasta el aprovisionamiento de productos forestales tanto maderables como no maderables; en esto, es preciso indicar que en Colombia las dinámicas de degradación de esta zona de vida están estrechamente relacionadas con la colonización agropecuaria (Chávez & Arango, 1997).

A nivel nacional, el Bosque Húmedo Tropical (bh-T) alberga una enorme diversidad de flora, en donde la mayor parte de los casos, los individuos de cada especie se encuentran dispersos y un gran número de estos crecen juntos conformando asociaciones. Es así como a pesar de esta heterogeneidad a nivel de especie, que tiene el Bosque Húmedo Tropical (bh-T) tiene una composición muy clara a nivel de familias dentro de las más frecuentes y abundantes se encuentran las Moráceas, Anonáceas, Miristicáceas, Rubiaceae, Melastomataceae y Arecáceas, no obstante, la diversidad taxonómica es significativamente mayor en los bosques altos de las superficies bien drenadas, que en los bosques inundables (Chávez & Arango, 1997).

12.8.2 Biomás

Los biomas son unidades de área en las que, por factores geológicos y climáticos primordialmente, determinarán en gran manera el tipo de vegetación y fauna que allí se desarrollan y son características de cada bioma, su extensión es variable y están representados en los distintos continentes (Valverde et. al, 2005)³.

Según lo establecido por el IDEAM, el IAVH & el IGAC (2017)⁴ en el Mapa de Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia a escala 1:100.000, el mapa de biomas se elaboró empleando insumos de información temática elaboradas para el presente proyecto: geopedología, zonificación climática y la capa de unidades bióticas establecidas por el IDEAM, el IAVH & el IGAC

3 Valverde, T., Meave J., Carabias, J., Cano-Santana, Z. 2005. Ecología y medio ambiente. Primera edición. Pearson education. México.
4 IDEAM, IAVH & IGAC; 2017. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (Instituto Humboldt), Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andréi (INVEMAR) e Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Memoria técnica. Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia (MEC), escala 1:100.000. 170 pp.

(2017). Esta superposición de capas temáticas de suelos y geomorfología dando como resultado la capa de geopedología y a esta última se cruzó con la zonificación climática y la unidad biótica para obtener la capa de biomas. Del cruce de esta información, se registraron ocho (8) biomas para el área de influencia físico-biótica del Área de Producción Bloque CPO-5 los cuales relacionan en la Tabla 12-12.

Tabla 12-12 Biomas presentes en el área de influencia físico-biótica

Gran bioma	Bioma	Área (ha)	Área (%)
Pedobioma del Zonobioma Húmedo Tropical	Helobioma Altillanura	66519,96	29,12
	Helobioma Villavicencio	6310,23	2,76
	Hidrobioma Altillanura	2427,82	1,06
	Hidrobioma Villavicencio	11,22	0,00
	Peinobioma Altillanura	28406,60	12,43
	Peinobioma Villavicencio	5480,26	2,40
Zonobioma Húmedo Tropical	Zonobioma Humedo Tropical Altillanura	103626,91	45,36
	Zonobioma Humedo Tropical Villavicencio	15672,30	6,86
Total		228455.31	100

Fuente: GessiG S.A.S., 2026

Como se puede observar en la Tabla 12-12, el bioma que mayor representatividad tiene dentro del área de influencia físico-biótica del Área de Producción CPO-5 es el Zonobioma húmedo tropical Altillanura con un total de 103626.91 ha que equivales al 45,36%, Por su parte, el Bioma con menor área registrada son el Hidrobioma Villavicencio con 11,22 ha (0,004%)

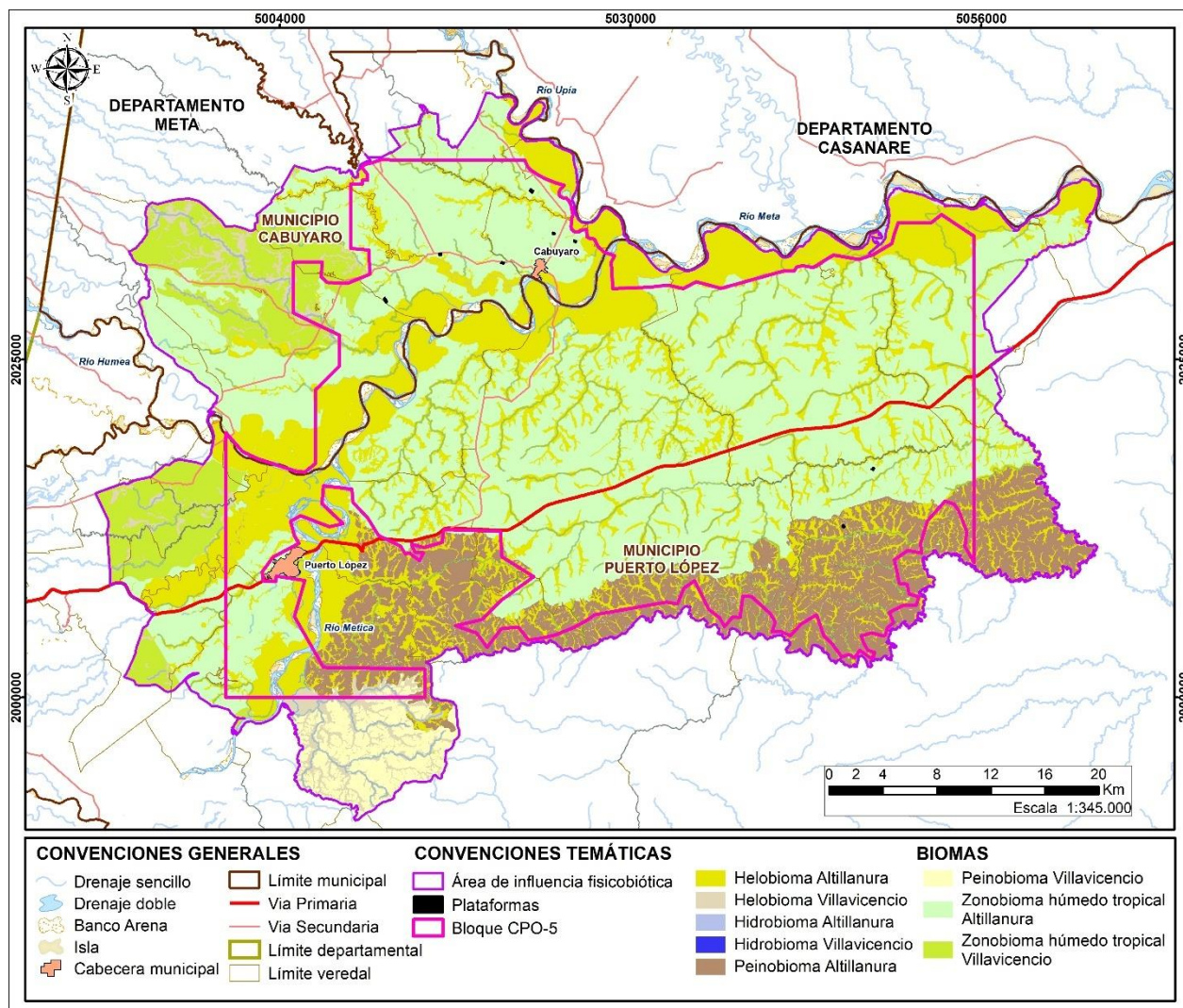


Figura 12-5 Biomas Presentes en el Área de influencia fisicobiótica del Bloque CPO-5

Fuente: GessiG S.A.S., 2026

La clasificación de los biomas presentes en el área de influencia físico-biótica del Área de Producción CPO5-5 se da por las condiciones climáticas, las unidades geomorfológicas y los ambientes edáficos similares que resultan en comunidades bióticas integradas por flora y fauna adaptados a las condiciones específicas. A continuación, se realiza una breve descripción de los biomas identificados en la Figura 12-5.

➤ *Gran Bioma Pedobioma del Zonobioma Húmedo Tropical*

Este gran bioma se caracteriza principalmente por áreas de gran planicie llanera las cuales no sobrepasan los 400 metros sobre el nivel del mar, las precipitaciones medias anuales varían entre

1.000 y 3.000 milímetros, dos periodos de lluviosos con una temperatura entre los 23 a los 26° C y un periodo seco el cual puede llegar hasta cinco meses con una temperatura entre 27 a 30° C⁵.

Para el área de influencia físico-biótica del Área de Producción CPO-5 el Pedobioma del Zonobioma Húmedo Tropical ocupa 109156,10 ha equivalentes al 47,78% del área total las cuales se distribuyen entre los siguientes biomas: Helobioma Altillanura, Helobioma Villavicencio, Hidrobioma Altillanura, Hidrobioma Villavicencio, Peinobioma Altillanura y Peinobioma Villavicencio.

➤ *Gran Bioma Zonobioma Húmedo Tropical*

Este bioma se puede localizar en el piedemonte del departamento entre los 50 y 1.100 metros sobre el nivel del mar, con una precipitación entre 3.000 a los 5.000 milímetros anuales y una temperatura media anual que puede oscilar entre 19 a los 33°C. en cuanto a factores bióticos se caracteriza por su alta diversidad de especies tanto de flora como de fauna que se diferencia en términos de su fisonomía, estructura, formas de vida dominantes y composición de especies, debido a la gran la variedad de sus condiciones abióticas como el relieve, los suelos, la hidrología y la complejidad biogeográfica (Correa et al. 2006)⁶.

Para el área de influencia físico-biótica del Área de Producción CPO-5i el Zonobioma Húmedo Tropical ocupa 119299,21 hectáreas equivalentes al 52,22 % las cuales se distribuyen entre los siguientes biomas: Zonobioma Húmedo Tropical Altillanura y Zonobioma Húmedo Tropical Villavicencio.

12.8.3 Coberturas de la tierra

Las unidades de cobertura permiten identificar y clasificar la ocupación y uso sobre el suelo, generando una idea sobre los procesos que ocurren a diferentes escalas tanto espaciales como temporales. Teniendo en cuenta que si nos enfocamos en las coberturas vegetales estas juegan un papel importante dentro de todo ecosistema donde su principal efecto es la atenuación de la mayor parte de los cambios climáticos, como regulación de temperatura, humedad, vientos y ciclos hidrológicos, por lo que se consideran un instrumento fundamental en la gestión del territorio.

5 Correa, H. D, Ruiz, S. L. y Arévalo, L. M. (eds) 2005. Plan de acción en biodiversidad de la cuenca del Orinoco – Colombia / 2005 - 2015 – Propuesta Técnica. Bogotá D.C.: Corporinoquia, Cormacarena, I.A.v.H, Unitrópico, Fundación Omacha, Fundación Horizonte Verde, Universidad Javeriana, Unillanos, WWF - Colombia, GTZ – Colombia. 273 p.

Romero M, Maldonado J, Bogotá J., Usma J., Umaña A, Murillo J., Restrepo S., Álvarez M., Palacios M., Valbuena M., Mejía S., Aldana J. y Payán E. 2009. Informe sobre el estado de la biodiversidad en Colombia 2007-2008: piedemonte orinoquense, sabanas y bosques asociados al norte del río Guaviare. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C., Colombia. 151 p.

6 Correa, H. D, Ruiz, S. L. y Arévalo, L. M. (eds) 2005. Plan de acción en biodiversidad de la cuenca del Orinoco – Colombia / 2005 - 2015 – Propuesta Técnica. Bogotá D.C.: Corporinoquia, Cormacarena, I.A.v.H, Unitrópico, Fundación Omacha, Fundación Horizonte Verde, Universidad Javeriana, Unillanos, WWF - Colombia, GTZ – Colombia. 273 p.

Las unidades de cobertura fueron ajustadas a partir de la *Metodología Corine Land Cover* adaptada para Colombia (IDEAM, 2010)⁷, elaboradas a partir de un ortomosaico de imágenes satelitales SPOT 6 tomadas entre el 05 de diciembre de 2023 y el 16 de septiembre de 2024 con resolución espacial de 1,5 m, resolución radiométrica de 8 bits y resolución espectral de 4 bandas (Azul, Verde, Rojo, e Infrarrojo cercano). La escala de trabajo fue definida según los términos de referencia para elaboración de coberturas de la tierra 1:10.000 (IGAC, 2021) teniendo como generalidad una unidad mínima de mapeo (UMM) de 1 ha para coberturas naturales y seminaturales y para superficies de agua de 0,5 ha con una escala de trabajo de 1:2.500 y una unidad mínima cartografiable (UMC) de 0,025 ha. En este proceso se evaluaron elementos como tono, textura, color, relieve, forma y tamaño. El resultado de la interpretación fue validado con puntos de referencia tomados en campo y con información secundaria, obteniéndose finalmente una escala de presentación de 1:10.000.

En la **Tabla 12-13** se muestran las unidades de coberturas identificadas para el área de influencia físico-biótica del Área de Producción CPO-5. En donde, fueron cartografiadas 44 unidades de cobertura como se puede observar en la **Figura 12-6** donde se presenta la distribución espacial de estas.

⁷ 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., 72p.

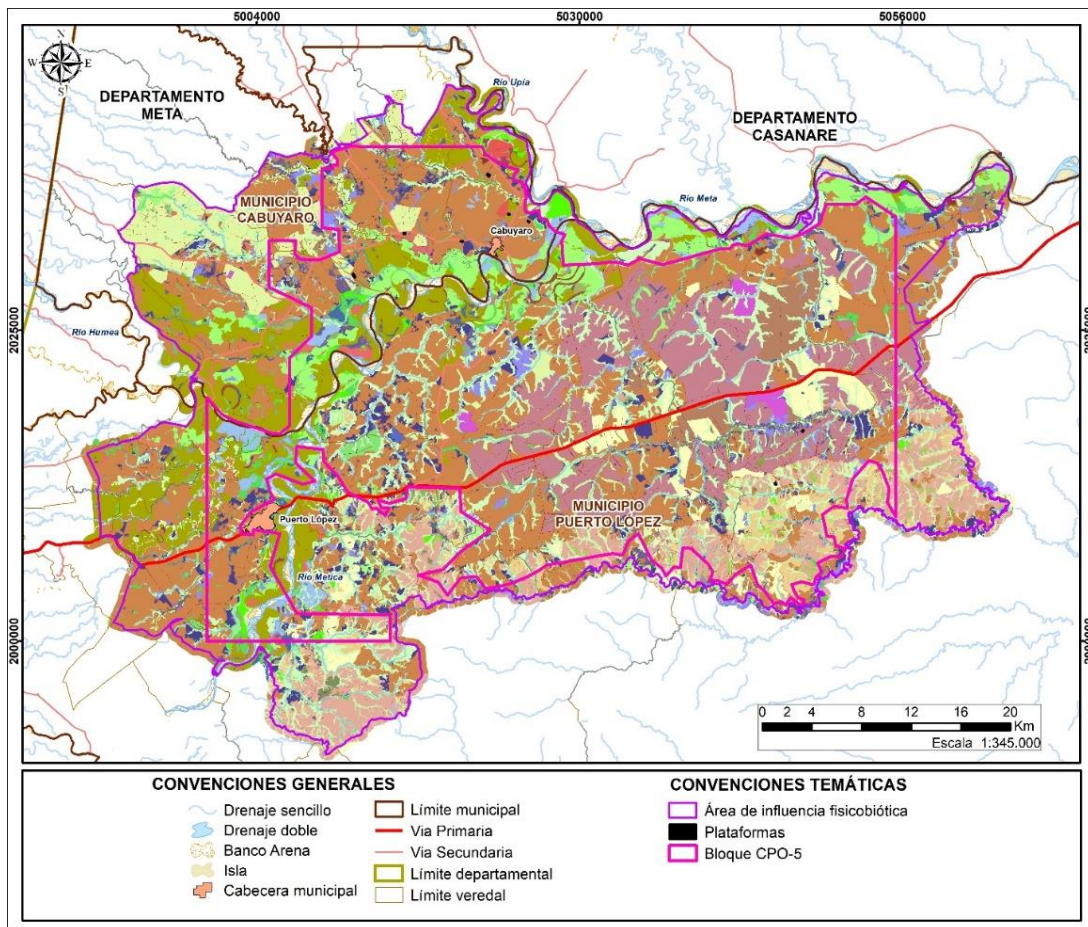


Figura 12-6 Cobertura vegetal existente en el Área de influencia fisicobiótica del Área de Producción CPO-5

Fuente: GessiG S.A.S., 2026



Figura 12-7 Cobertura vegetal existente en el Área de influencia fisicobiótica del Área de Producción CPO-5

Fuente: GessiG S.A.S., 2026

Tabla 12-13 Unidades de Cobertura presentes en el área de influencia físico-biótica

Cobertura de la tierra						Área de influencia		Área Proyecto	
Niv el 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	Área (ha)	Área %	Área (ha)	Área %
TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	1.1. Zonas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo				549.98	0.24	185.01	0.13
		1.1.2. Tejido urbano discontinuo				598.77	0.26	416.89	0.30
	1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	1.2.1. Zonas industriales o comerciales	1.2.1.1. Zonas industriales			211.00	0.09	139.90	0.10
		1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociado	1.2.2.1. Red vial y territorios asociados			1204.43	0.53	784.76	0.56
		1.2.4. Aeropuertos	1.2.4.2. Aeropuerto sin infraestructura asociada			32.71	0.01	21.21	0.02
	1.3. Zonas de extracción minera y escombreras	1.3.1. Zonas de extracción minera	1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos			68.08	0.03	21.73	0.02
	1.4. Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	1.4.1. Zonas verdes urbanas	1.4.1.2. Parques cementerio			12.36	0.01	11.08	0.01
		1.4.2. Instalaciones recreativas				310.80	0.14	258.25	0.18
		1.4.2. Instalaciones recreativas	1.4.2.3. Áreas turísticas			0.86	0.0004	0	0
	2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS	2.1. Cultivos transitorios	2.1.1. Otros cultivos transitorios				99.88	0.04	21.60
2.1.2. Cereales			2.1.2.1. Arroz			20250.72	8.86	8086.75	5.79
			2.1.2.2. Maíz			114.15	0.05	28.01	0.02
2.1.3. Oleaginosas y leguminosas		2.1.3.4. Soya			902.17	0.39	902.17	0.65	
2.2. Cultivos permanentes		2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos			86.96	0.04	50.91	0.04
	2.2.1.2. Caña				20741.73	9.08	19861.96	14.21	

Cobertura de la tierra						Área de influencia		Área Proyecto	
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	Área (ha)	Área %	Área (ha)	Área %
		2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	2.2.2.1. Otros cultivos permanentes arbustivos			3.39	0.00	0	0
		2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos	2.2.3.1. Otros cultivos permanentes arbóreos			4142.97	1.81	3682.35	2.63
			2.2.3.2. Palma de aceite			7252.14	3.17	1133.90	0.81
	2.3. Pastos	2.3.1. Pastos limpios				67529.41	29.56	44276.70	31.68
		2.3.2. Pastos arbolados				7000.34	3.06	4390.99	3.14
		2.3.3. Pastos enmalezados				3478.91	1.52	2440.93	1.75
3. BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES	3.1. Bosques	3.1.1. Bosque denso		3.1.1.1.2. Bosque denso alto inundable		9875.63	4.32	5614.29	4.02
					3.1.1.1.2.3. Palmares	1882.72	0.82	892.50	0.64
		3.1.2. Bosque abierto		3.1.2.1.2. Bosque abierto alto inundable		852.69	0.37	524.63	0.38
		3.1.3. Bosque fragmentado	3.1.3.2. Bosque fragmentado con vegetación secundaria			665.55	0.29	223.30	0.16
		3.1.4. Bosque de galería y ripario	3.1.4.1. Bosque de galería			34814.18	15.24	21308.26	15.25
		3.1.5. Plantación forestal				5944.30	2.60	4772.30	3.41
	3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva		3.2.1.1. Herbazal denso	3.2.1.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado		13831.17	6.05	4773.77	3.42
				3.2.1.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme arbolado		5451.15	2.39	2761.34	1.98

Cobertura de la tierra						Área de influencia		Área Proyecto	
Niv el 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	Área (ha)	Área %	Área (ha)	Área %
				3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado		3208.93	1.40	1913.56	1.37
				3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable arbolado		2132.66	0.93	986.94	0.71
		3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	3.2.3.1. Vegetación secundaria alta		3076.25	1.35	1595.75	1.14	
			3.2.3.2. Vegetación secundaria baja		4395.23	1.92	2644.53	1.89	
	3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	3.3.1. Zonas arenosas naturales			1454.20	0.64	1018.42	0.73	
		3.3.3. Tierras desnudas y degradadas			33.47	0.01	30.02	0.02	
		3.3.4. Zonas quemadas			249.06	0.11	28.98	0.02	
4. ARE	4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.1. Zonas Pantanosas				1879.40	0.82	1243.68	0.89
5. SUPERFICIES DE AGUA	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)				2439.05	1.07	1716.17	1.23
		5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales			918.18	0.40	525.65	0.38	
			5.1.2.4. Madre vieja		613.43	0.27	388.64	0.28	
		5.1.3. Canales			27.90	0.01	6.49	0.005	
		5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	5.1.4.1. Embalses			37.28	0.02	25.87	0.02
			5.1.4.3. Estanques para acuicultura continental			38.84	0.02	23.89	0.02
			5.1.4.4. Jaguey			42.27	0.02	15.18	0.01
TOTAL						228455.3	100.00	139749.2	100.00

Fuente: GessiG S.A.S., 2026

Según lo indicado en la Tabla 12-13 la unidad de cobertura que ocupa la mayor proporción de área son los pastos limpios (231) con un área de 67529,41 que corresponden al 29,56% del área de influencia físico-biótica, seguido por la cobertura Bosque de galería (314) con 34814,18 ha que representa el 15,24% y Caña (2212) con 20741,73 ha que equivale al 9,08 %.

12.8.4 Ecosistemas

Según lo descrito en el Convenio sobre Diversidad Biológica, se puede entender un ecosistema como “el complejo dinámico de comunidades donde interactúa toda la biota adaptada a un medio no viviente que a través de diferentes relaciones directas e indirectas se integran como una unidad funcional materializada en un territorio, la cual se caracteriza por presentar una homogeneidad, en sus condiciones biofísicas y antrópicas” (IAvH, 2003).

Tomando como referencia el esquema metodológico del Mapa de Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia a escala 1:100.000 (IDEAM, IAVH & IGAC; 2017) y empleando insumos de información temática elaboradas para el presente proyecto: geopedología, zonificación climática y la capa de unidades bióticas establecidas por el IDEAM, el IAVH & el IGAC (2017), se realiza la clasificación de los ecosistemas presentes en el área de influencia físico-biótica Bloque CPO-5 cuya distribución espacial se muestra en la **Figura 12-9**.

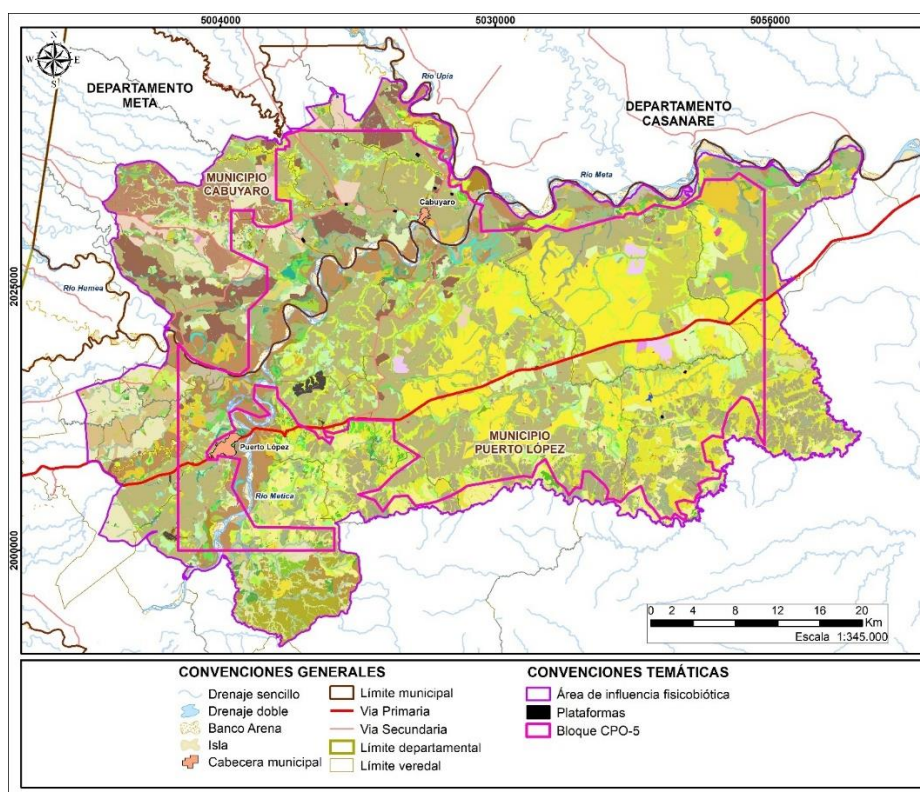


Figura 12-8 Ecosistemas Presentes en el Área de influencia fisicobiótica del Bloque CPO-5

Fuente: GessiG S.A.S, 2026

ECOSISTEMAS		
- Aeropuerto sin infraestructura asociada del Zonobioma húmedo tropical Altillanura - Aeropuerto sin infraestructura asociada del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio - Arroz del Helobioma - Arroz del Helobioma Villavicencio - Arroz del Zonobioma húmedo tropical Altillanura - Arroz del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio - Bosque abierto alto inundable del Helobioma Altillanura - Bosque abierto alto inundable del Helobioma Villavicencio - Bosque abierto alto inundable del Zonobioma húmedo tropical Altillanura - Bosque abierto alto inundable del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio - Bosque de galería del Helobioma Villavicencio - Bosque de galería del Helobioma Villavicencio - Bosque de galería del Peinobioma Villavicencio - Bosque de galería del Zonobioma húmedo tropical Altillanura - Bosque de galería del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio - Bosque denso alto inundable del Helobioma Altillanura - Bosque denso alto inundable del Helobioma Villavicencio - Bosque denso alto inundable del Peinobioma Altillanura - Bosque denso alto inundable del Zonobioma húmedo tropical Altillanura - Bosque denso alto inundable del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio - Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Helobioma Altillanura - Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Peinobioma Altillanura - Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Zonobioma húmedo tropical Altillanura - Canales del Zonobioma húmedo tropical Altillanura - Canales del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio - Caña del Helobioma - Caña del Peinobioma - Caña del Zonobioma húmedo tropical Altillanura - Embalses del Helobioma - Embalses del Helobioma Villavicencio - Estanques para acuicultura continental del Helobioma Altillanura - Explotación de hidrocarburos del Zonobioma húmedo tropical Altillanura - Explotación de hidrocarburos del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio - Herbazal denso de tierra firme arbolado del Helobioma Altillanura - Herbazal denso de tierra firme arbolado del Peinobioma Altillanura - Herbazal denso de tierra firme arbolado del Peinobioma Villavicencio - Herbazal denso de tierra firme arbolado del Zonobioma húmedo tropical Altillanura - Herbazal denso de tierra firme no arbolado del Helobioma Altillanura - Herbazal denso de tierra firme no arbolado del Peinobioma Altillanura - Herbazal denso de tierra firme no arbolado del Peinobioma Villavicencio - Herbazal denso de tierra firme no arbolado del Zonobioma húmedo tropical Altillanura - Herbazal denso inundable arbolado del Helobioma Altillanura	- Herbazal denso inundable arbolado del Peinobioma Altillanura - Herbazal denso inundable arbolado del Peinobioma Villavicencio - Herbazal denso inundable no arbolado del Helobioma Altillanura - Herbazal denso inundable no arbolado del Helobioma Villavicencio - Herbazal denso inundable no arbolado del Peinobioma Altillanura - Herbazal denso inundable no arbolado del Zonobioma húmedo tropical Altillanura - Instalaciones recreativas del Zonobioma húmedo tropical Altillanura - Instalaciones recreativas del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio - Jagüey del Helobioma - Jagüey del Helobioma Villavicencio - Lagunas, lagos y ciénagas naturales del Helobioma Altillanura - Lagunas, lagos y ciénagas naturales del Helobioma Villavicencio - Madrevieja del Helobioma - Madrevieja del Helobioma Villavicencio - Maíz del Helobioma - Maíz del Zonobioma húmedo tropical Altillanura - Otros cultivos permanentes arbustivos del Zonobioma húmedo tropical Altillanura - Otros cultivos permanentes arbóreos del Helobioma Altillanura - Otros cultivos permanentes arbóreos del Helobioma Villavicencio - Otros cultivos permanentes arbóreos del Peinobioma Altillanura - Otros cultivos permanentes arbóreos del Zonobioma húmedo tropical Altillanura - Otros cultivos permanentes arbóreos del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio - Otros cultivos permanentes herbáceos del Helobioma Altillanura - Otros cultivos permanentes herbáceos del Peinobioma Altillanura - Otros cultivos permanentes herbáceos del Zonobioma húmedo tropical Altillanura - Otros cultivos transitorios del Helobioma Altillanura - Otros cultivos transitorios del Zonobioma húmedo tropical Altillanura - Otros cultivos transitorios del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio - Palma de aceite del Helobioma Villavicencio - Palma de aceite del Zonobioma húmedo tropical Altillanura - Palma de aceite del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio - Palmares del Helobioma - Palmares del Helobioma Villavicencio - Parques cementerios del Zonobioma húmedo tropical Altillanura - Pastos arbolados del Helobioma Villavicencio - Pastos arbolados del Peinobioma Villavicencio - Pastos arbolados del Zonobioma húmedo tropical Altillanura - Pastos arbolados del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio - Pastos enmalezados del Helobioma Altillanura - Pastos enmalezados del Peinobioma Altillanura - Pastos enmalezados del Zonobioma húmedo tropical Altillanura - Pastos enmalezados del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio - Pastos limpios del Helobioma	- Pastos limpios del Helobioma Villavicencio - Pastos limpios del Peinobioma Villavicencio - Pastos limpios del Zonobioma húmedo tropical Altillanura - Pastos limpios del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio - Plantación forestal del Helobioma - Plantación forestal del Peinobioma Villavicencio - Plantación forestal del Zonobioma húmedo tropical Altillanura - Red vial y territorios asociados del Zonobioma húmedo tropical Altillanura - Red vial y territorios asociados del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio - Ríos del Hidrobioma - Ríos del Hidrobioma Villavicencio - Soya del Zonobioma húmedo tropical Altillanura - Tejido urbano continuo del Zonobioma húmedo tropical Altillanura - Tejido urbano discontinuo del Zonobioma húmedo tropical Altillanura - Tejido urbano discontinuo del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio - Tierras desnudas y degradadas del Helobioma Altillanura - Tierras desnudas y degradadas del Peinobioma Altillanura - Tierras desnudas y degradadas del Zonobioma húmedo tropical Altillanura - Vegetación secundaria alta del Helobioma Altillanura - Vegetación secundaria alta del Helobioma Villavicencio - Vegetación secundaria alta del Peinobioma Altillanura - Vegetación secundaria alta del Peinobioma Villavicencio - Vegetación secundaria alta del Zonobioma húmedo tropical Altillanura - Vegetación secundaria alta del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio - Vegetación secundaria baja del Helobioma Altillanura - Vegetación secundaria baja del Helobioma Villavicencio - Vegetación secundaria baja del Peinobioma Altillanura - Vegetación secundaria baja del Peinobioma Villavicencio - Vegetación secundaria baja del Zonobioma húmedo tropical Altillanura - Vegetación secundaria baja del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio - Zonas arenosas naturales del Helobioma Altillanura - Zonas arenosas naturales del Helobioma Villavicencio - Zonas industriales del Zonobioma húmedo tropical Altillanura - Zonas industriales del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio - Zonas pantanosas del Helobioma Villavicencio - Zonas quemadas del Peinobioma Villavicencio - Zonas quemadas del Zonobioma húmedo tropical Altillanura - Zonas quemadas del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio - Áreas turísticas del Zonobioma húmedo tropical Altillanura

Figura 12-9 Ecosistemas Presentes en el Área de influencia fisicobiótica del Área de Producción CPO-5

Fuente: GessiG S.A.S, 2026

En total se identificaron 131 ecosistemas pertenecientes a ocho (8) biomas (ver Tabla 12-14), donde predominan los ecosistemas de Pastos limpios del Zonobioma húmedo tropical Altillanura con una representatividad del 21,15 % del total del área, Bosque de galería del Helobioma Altillanura con 12,95 % y Caña del Zonobioma húmedo tropical Altillanura con 9,07%. Es importante destacar que el área de influencia físico-biótica del Área de Producción CPO-5, se encuentra en una región donde las actividades como la ganadería y la agricultura son un pilar económico dentro de las dinámicas sociales que generan un impacto significativo en la composición y estructura de los ecosistemas.

Tabla 12-14 Ecosistemas presentes en el área de influencia físico-biótica

Bioma	Ecosistema	Área (ha)	Área (%)
Helobioma Altillanura	Arroz del Helobioma Altillanura	11051,53	4.84
	Bosque abierto alto inundable del Helobioma Altillanura	574,56	0.25
	Bosque de galería del Helobioma Altillanura	29582,84	12.95
	Bosque denso alto inundable del Helobioma Altillanura	7882,84	3.45
	Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Helobioma Altillanura	466,14	0.20
	Caña del Helobioma Altillanura	1,13	0.00
	Embalses del Helobioma Altillanura	34,91	0.02
	Estanques para acuicultura continental del Helobioma Altillanura	38,84	0.02
	Herbazal denso de tierra firme arbolado del Helobioma Altillanura	84,93	0.04
	Herbazal denso de tierra firme no arbolado del Helobioma Altillanura	69,65	0.03
	Herbazal denso inundable arbolado del Helobioma Altillanura	1681,97	0.74
	Herbazal denso inundable no arbolado del Helobioma Altillanura	2534,79	1.11
	Jagüey del Helobioma Altillanura	39,12	0.02
	Lagunas, lagos y ciénagas naturales del Helobioma Altillanura	800,45	0.35
	Madrevieja del Helobioma Altillanura	604,02	0.26
	Maíz del Helobioma Altillanura	78,23	0.03
	Otros cultivos permanentes arbóreos del Helobioma Altillanura	29,45	0.01
	Otros cultivos permanentes herbáceos del Helobioma Altillanura	8,66	0.00
	Otros cultivos transitorios del Helobioma Altillanura	57,30	0.03
	Palmares del Helobioma Altillanura	1351,19	0.59
	Pastos arbolados del Helobioma Altillanura	377,37	0.17
	Pastos enmalezados del Helobioma Altillanura	177,54	0.08
	Pastos limpios del Helobioma Altillanura	3858,44	1.69
	Plantación forestal del Helobioma Altillanura	243,24	0.11
	Tierras desnudas y degradadas del Helobioma Altillanura	0,46	0.00
	Vegetación secundaria alta del Helobioma Altillanura	958,07	0.42
	Vegetación secundaria baja del Helobioma Altillanura	803,74	0.35
	Zonas arenosas naturales del Helobioma Altillanura	1452,58	0.64
	Zonas pantanosas del Helobioma Altillanura	1675,97	0.73
Helobioma Villavicencio	Arroz del Helobioma Villavicencio	117,09	0.05
	Bosque abierto alto inundable del Helobioma Villavicencio	147,82	0.06
	Bosque de galería del Helobioma Villavicencio	4552,79	1.99
	Bosque denso alto inundable del Helobioma Villavicencio	275,09	0.12
	Embalses del Helobioma Villavicencio	2,37	0.00
	Herbazal denso inundable no arbolado del Helobioma Villavicencio	49,98	0.02
	Jagüey del Helobioma Villavicencio	3,15	0.00
	Lagunas, lagos y ciénagas naturales del Helobioma Villavicencio	117,72	0.05
	Madrevieja del Helobioma Villavicencio	9,41	0.00
	Otros cultivos permanentes arbóreos del Helobioma Villavicencio	0,13	0.00

Bioma	Ecosistema	Área (ha)	Área (%)
	Palma de aceite del Helobioma Villavicencio	4,75	0.00
	Palmares del Helobioma Villavicencio	531,53	0.23
	Pastos arbolados del Helobioma Villavicencio	43,27	0.02
	Pastos limpios del Helobioma Villavicencio	80,32	0.04
	Vegetación secundaria alta del Helobioma Villavicencio	89,70	0.04
	Vegetación secundaria baja del Helobioma Villavicencio	80,02	0.04
	Zonas arenosas naturales del Helobioma Villavicencio	1,63	0.00
	Zonas pantanosas del Helobioma Villavicencio	203,44	0.09
Hidrobioma Altillanura	Ríos del Hidrobioma Altillanura	2427,82	1.06
Hidrobioma Villavicencio	Ríos del Hidrobioma Villavicencio	11,22	0.00
Peinobioma Altillanura	Bosque de galería del Peinobioma Altillanura	197,32	0.09
	Bosque denso alto inundable del Peinobioma Altillanura	66,32	0.03
	Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Peinobioma Altillanura	101,09	0.04
	Caña del Peinobioma Altillanura	15,74	0.01
	Herbazal denso de tierra firme arbolado del Peinobioma Altillanura	4602,51	2.01
	Herbazal denso de tierra firme no arbolado del Peinobioma Altillanura	10141,77	4.44
	Herbazal denso inundable arbolado del Peinobioma Altillanura	420,58	0.18
	Herbazal denso inundable no arbolado del Peinobioma Altillanura	291,74	0.13
	Otros cultivos permanentes arbóreos del Peinobioma Altillanura	2,93	0.00
	Otros cultivos permanentes herbáceos del Peinobioma Altillanura	22,56	0.01
	Pastos arbolados del Peinobioma Altillanura	1557,36	0.68
	Pastos enmalezados del Peinobioma Altillanura	517,25	0.23
	Pastos limpios del Peinobioma Altillanura	7493,25	3.28
	Plantación forestal del Peinobioma Altillanura	1665,31	0.73
	Tierras desnudas y degradadas del Peinobioma Altillanura	8,09	0.00
	Vegetación secundaria alta del Peinobioma Altillanura	454,59	0.20
	Vegetación secundaria baja del Peinobioma Altillanura	823,83	0.36
	Zonas quemadas del Peinobioma Altillanura	24,36	0.01
	Bosque de galería del Peinobioma Villavicencio	41,31	0.02
	Herbazal denso de tierra firme arbolado del Peinobioma Villavicencio	573,78	0.25
	Herbazal denso de tierra firme no arbolado del Peinobioma Villavicencio	3135,84	1.37
Peinobioma Villavicencio	Herbazal denso inundable arbolado del Peinobioma Villavicencio	30,10	0.01
	Pastos arbolados del Peinobioma Villavicencio	268,18	0.12
	Pastos limpios del Peinobioma Villavicencio	822,89	0.36
	Plantación forestal del Peinobioma Villavicencio	290,49	0.13
	Vegetación secundaria alta del Peinobioma Villavicencio	49,18	0.02
	Vegetación secundaria baja del Peinobioma Villavicencio	106,42	0.05
	Zonas quemadas del Peinobioma Villavicencio	162,06	0.07
	Aeropuerto sin infraestructura asociada del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	25,31	0.01
	Áreas turísticas del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	0,86	0.00
Zonobioma húmedo tropical Altillanura	Arroz del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	6747,74	2.95
	Bosque abierto alto inundable del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	102,07	0.04
	Bosque de galería del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	383,14	0.17
	Bosque denso alto inundable del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	1360,86	0.60
	Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	98,33	0.04
	Canales del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	26,66	0.01
	Caña del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	20724,88	9.07

Bioma	Ecosistema	Área (ha)	Área (%)
	Explotación de hidrocarburos del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	43,95	0.02
	Herbazal denso de tierra firme arbolado del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	189,93	0.08
	Herbazal denso de tierra firme no arbolado del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	483,89	0.21
	Herbazal denso inundable no arbolado del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	332,38	0.15
	Instalaciones recreativas del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	300,67	0.13
	Maíz del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	35,92	0.02
	Otros cultivos permanentes arbóreos del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	3988,82	1.75
	Otros cultivos permanentes arbustivos del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	3,39	0.00
	Otros cultivos permanentes herbáceos del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	55,74	0.02
	Otros cultivos transitorios del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	18,68	0.01
	Palma de aceite del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	2681,97	1.17
	Parques cementerios del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	12,36	0.01
	Pastos arbolados del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	4434,99	1.94
	Pastos enmalezados del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	2558,83	1.12
	Pastos limpios del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	48317,55	21.15
	Plantación forestal del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	3745,23	1.64
	Red vial y territorios asociados del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	1026,50	0.45
	Soya del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	902,17	0.39
	Tejido urbano continuo del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	549,98	0.24
	Tejido urbano discontinuo del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	549,22	0.24
	Tierras desnudas y degradadas del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	24,93	0.01
	Vegetación secundaria alta del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	1287,01	0.56
	Vegetación secundaria baja del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	2353,36	1.03
	Zonas industriales del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	198,04	0.09
	Zonas quemadas del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	61,56	0.03
Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	Aeropuerto sin infraestructura asociada del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	7,40	0.00
	Arroz del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	2334,34	1.02
	Bosque abierto alto inundable del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	28,23	0.01
	Bosque de galería del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	56,84	0.02
	Bosque denso alto inundable del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	290,50	0.13
	Canales del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	1,24	0.00
	Explotación de hidrocarburos del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	24,12	0.01
	Instalaciones recreativas del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	10,13	0.00
	Otros cultivos permanentes arbóreos del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	121,63	0.05
	Otros cultivos transitorios del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	23,90	0.01
	Palma de aceite del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	4565,43	2.00
	Pastos arbolados del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	319,15	0.14
	Pastos enmalezados del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	225,31	0.10
	Pastos limpios del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	6956,95	3.05
	Red vial y territorios asociados del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	177,98	0.08
	Tejido urbano discontinuo del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	49,55	0.02
	Vegetación secundaria alta del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	237,76	0.10
	Vegetación secundaria baja del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	227,77	0.10

Bioma	Ecosistema	Área (ha)	Área (%)
	Zonas industriales del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	12,97	0.01
	Zonas quemadas del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	1,08	0.00
Total		228455,31	100,00

Fuente: GessiG S.A.S, 2026

12.9 ¿CUÁNTO COMPENSAR?

El cálculo de “cuánto compensar” corresponde a la determinación del área total que debe ser objeto de compensación, considerando la superficie afectada por las actividades del proyecto “Bloque CPO-5” y la aplicación de los factores de compensación establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (MADS, 2018).

Este cálculo parte de la identificación y cuantificación de los impactos residuales que no pudieron ser prevenidos, mitigados o corregidos, y se expresa en términos de superficie de ecosistemas naturales, seminaturales y transformados afectados en el área de intervención.

La superficie por compensar está directamente asociada a los ecosistemas presentes en las áreas intervenidas y por intervenir del Bloque CPO-5. Para su determinación, se parte del tamaño del área impactada, el cual es multiplicado por un factor de compensación que actúa como un multiplicador de acuerdo con la vulnerabilidad y características de los ecosistemas afectados.

El factor de compensación (FC) se calcula a partir de la suma de cuatro criterios, cada uno de los cuales se relaciona con las condiciones ecológicas del bioma–unidad biótica identificada en las áreas impactadas. Los criterios considerados son⁸:

1. Representatividad del ecosistema en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP): este criterio depende de la proporción del bioma – unidad biótica que se encuentre bajo alguna categoría de conservación del SINAP.
2. Rareza: este criterio identifica los niveles de rareza del bioma – unidad biótica, en razón a su irreplicabilidad y singularidad en cuanto a la composición de especies.
3. Remanencia: determina cuanta área del bioma – unidad biótica permanece en condiciones naturales, a través de variables como coberturas y su grado de transformación.
4. Tasa de transformación anual: este criterio se basa en la determinación de los cambios en las coberturas naturales del bioma – unidad biótica mediante el cálculo de la tasa de pérdida de cobertura.

El cálculo del factor de compensación corresponde a la sumatoria de los criterios anteriores mediante la siguiente ecuación:

$$FC = Crp + Cra + Crm + Ctt$$

Ecuación 12-1 Cálculo del factor de compensación

Fuente: Manual de compensaciones del componente biótico (MADS, 2018).

⁸ MADS. 2018. Manual de compensaciones del componente biótico.

Dónde:

Crp = Valor del criterio de representatividad. Expresado entre 1 – 3

Cra = Valor del criterio de rareza. Expresado entre 1 – 2

Crm = Valor del criterio de remanencia. Expresado entre 1 – 3

Ctt = Valor del criterio de tasa de transformación. Expresado entre 1 – 2

De acuerdo con la metodología establecida en el Manual de Compensaciones (MADS, 2018), los pasos para determinar el área a compensar son los siguientes:

1. Definición del tamaño del área impactada: Se realiza con base en la información obtenida en el Estudio de Impacto Ambiental, una vez aplicados los principios de la jerarquía de mitigación.

El área máxima de intervención corresponde a **1271,06 ha.**

2. Identificación de los ecosistemas impactados y asignación de biomas: En el numeral 12.8.4 se detallan los ecosistemas identificados en las áreas de intervención del proyecto. De acuerdo con su naturaleza, se clasifican en:

Ecosistemas naturales:

Bosque abierto alto inundable del Helobioma Altillanura
 Bosque abierto alto inundable del Helobioma Villavicencio
 Bosque abierto alto inundable del Zonobioma húmedo tropical Altillanura
 Bosque de galería del Helobioma Altillanura
 Bosque de galería del Helobioma Villavicencio
 Bosque de galería del Peinobioma Altillanura
 Bosque de galería del Zonobioma húmedo tropical Altillanura
 Bosque de galería del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio
 Bosque denso alto inundable del Helobioma Altillanura
 Bosque denso alto inundable del Zonobioma húmedo tropical Altillanura
 Bosque denso alto inundable del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio
 Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Helobioma Altillanura
 Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Peinobioma Altillanura
 Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Zonobioma húmedo tropical Altillanura
 Palmares del Helobioma Altillanura
 Palmares del Helobioma Villavicencio
 Herbazal denso de tierra firme arbolado del Helobioma Altillanura
 Herbazal denso de tierra firme arbolado del Peinobioma Altillanura
 Herbazal denso de tierra firme arbolado del Peinobioma Villavicencio
 Herbazal denso de tierra firme arbolado del Zonobioma húmedo tropical Altillanura
 Herbazal denso de tierra firme no arbolado del Helobioma Altillanura
 Herbazal denso de tierra firme no arbolado del Peinobioma Altillanura
 Herbazal denso de tierra firme no arbolado del Peinobioma Villavicencio
 Herbazal denso de tierra firme no arbolado del Zonobioma húmedo tropical Altillanura

Herbazal denso inundable arbolado del Helobioma Altillanura
 Herbazal denso inundable arbolado del Peinobioma Altillanura
 Herbazal denso inundable arbolado del Peinobioma Villavicencio
 Herbazal denso inundable no arbolado del Helobioma Altillanura
 Herbazal denso inundable no arbolado del Helobioma Villavicencio
 Herbazal denso inundable no arbolado del Peinobioma Altillanura
 Herbazal denso inundable no arbolado del Zonobioma húmedo tropical Altillanura
 Vegetación secundaria alta del Helobioma Altillanura
 Vegetación secundaria alta del Helobioma Villavicencio
 Vegetación secundaria alta del Peinobioma Altillanura
 Vegetación secundaria alta del Peinobioma Villavicencio
 Vegetación secundaria alta del Zonobioma húmedo tropical Altillanura
 Vegetación secundaria alta del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio
 Vegetación secundaria baja del Helobioma Altillanura
 Vegetación secundaria baja del Helobioma Villavicencio
 Vegetación secundaria baja del Peinobioma Altillanura
 Vegetación secundaria baja del Peinobioma Villavicencio
 Vegetación secundaria baja del Zonobioma húmedo tropical Altillanura
 Vegetación secundaria baja del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio

Ecosistemas transformados:

Arroz del Helobioma Altillanura
 Arroz del Helobioma Villavicencio
 Arroz del Zonobioma húmedo tropical Altillanura
 Arroz del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio
 Caña del Helobioma Altillanura
 Caña del Peinobioma Altillanura
 Caña del Zonobioma húmedo tropical Altillanura
 Maíz del Zonobioma húmedo tropical Altillanura
 Otros cultivos permanentes arbóreos del Zonobioma húmedo tropical Altillanura
 Otros cultivos permanentes arbóreos del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio
 Otros cultivos permanentes herbáceos del Zonobioma húmedo tropical Altillanura
 Otros cultivos transitorios del Zonobioma húmedo tropical Altillanura
 Otros cultivos transitorios del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio
 Palma de aceite del Zonobioma húmedo tropical Altillanura
 Palma de aceite del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio
 Pastos arbolados del Helobioma Altillanura
 Pastos arbolados del Peinobioma Altillanura
 Pastos arbolados del Peinobioma Villavicencio
 Pastos arbolados del Zonobioma húmedo tropical Altillanura
 Pastos arbolados del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio
 Pastos enmalezados del Helobioma Altillanura
 Pastos enmalezados del Peinobioma Altillanura
 Pastos enmalezados del Zonobioma húmedo tropical Altillanura

Pastos enmalezados del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio
 Pastos limpios del Helobioma Altillanura
 Pastos limpios del Helobioma Villavicencio
 Pastos limpios del Peinobioma Altillanura
 Pastos limpios del Peinobioma Villavicencio
 Pastos limpios del Zonobioma húmedo tropical Altillanura
 Pastos limpios del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio
 Plantación forestal del Helobioma Altillanura
 Plantación forestal del Peinobioma Altillanura
 Plantación forestal del Peinobioma Villavicencio
 Plantación forestal del Zonobioma húmedo tropical Altillanura
 Soya del Zonobioma húmedo tropical Altillanura
 Tierras desnudas y degradadas del Peinobioma Altillanura
 Tierras desnudas y degradadas del Zonobioma húmedo tropical Altillanura
 Zonas quemadas del Zonobioma húmedo tropical Altillanura
 Zonas quemadas del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio

Los ecosistemas identificados se agrupan bajo los biomas descritos en el numeral 12.8.2, conforme a la clasificación del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).

Helobioma Altillanura
 Helobioma Villavicencio
 Zonobioma húmedo Tropical Altillanura
 Zonobioma húmedo tropical Villavicencio
 Peinobioma Villavicencio
 Peinobioma Altillanura

3. Identificar el valor del factor correspondiente a la unidad impactada.

De acuerdo con lo anterior, y con la Ecuación 12-1 para los biomas identificados se tiene los siguientes factores de compensación:

Tabla 12-15 Factor de compensación de los biomas identificados en el área de intervención

Bioma	CRP	CRA	CRM	CTT	FC
Helobioma Altillanura	2	1	1,5	1	5,5
Helobioma Villavicencio	2,5	1	2	1,5	7
Zonobioma húmedo Tropical Altillanura	2,5	1,25	2	1,25	7
Zonobioma húmedo Tropical Villavicencio	2,5	1,5	3	1,75	8,75
Peinobioma Altillanura	1,5	1,75	1	1	5,25
Peinobioma Villavicencio	3	1,75	1,5	1	7,25

Fuente: MADS, Manual de compensaciones del componente biótico, 2018.

4. Multiplicar el valor del área impactada por el factor de compensación, de acuerdo con la siguiente formula:

$$Ac = Ai \times Fc$$

Ecuación 12-2 Calculo del área a compensar para ecosistemas naturales.

Fuente: Manual de compensaciones del componente biótico (MADS, 2018).

Dónde:

Ac = Área a compensar por Pérdida de Biodiversidad

Ai

= Área potencialmente impactada del ecosistema natural por el desarrollo del proyecto, obra o actividad.

Fc = Factor de compensación

Para los casos de vegetación secundaria baja, el factor de compensación a aplicar comprende la sumatoria de los criterios de compensación individuales, dividido en dos:

$$Acvs = Ai \times (\sum Fc/2)$$

Ecuación 12-3 Calculo del área a compensar para ecosistemas de vegetación secundaria baja.

Fuente: Manual de compensaciones del componente biótico (MADS, 2018).

Dónde:

$Acvs$

= Área a compensar por Pérdida de Biodiversidad en vegetación secundaria menor a 15 años

Ai = Área a impactar de la vegetación secundaria

Fc = Factor de compensación total

= Sumatoria de los criterios de compensación individuales, dividido en dos.

Teniendo en cuenta lo expuesto, se detallan a continuación las áreas para la compensación del componente biótico correspondientes a los alcances del presente plan. Estas áreas comprenden tres tipos de ecosistemas: naturales, vegetación secundaria y transformados. A continuación, se especifican las áreas por compensar:

12.9.1 Áreas por compensar en ecosistemas naturales

En la **Tabla 12-16**, se presenta el área a compensar discriminada por ecosistema y por tipo de intervención del proyecto.

Tabla 12-16 Área por compensar por la intervención en ecosistemas naturales

ECOSISTEMA	Área (ha) intervención	Factor de compensación	Área (ha) por compensar
Bosque abierto alto inundable del Helobioma Altillanura	1.13	5.5	6.22
Bosque abierto alto inundable del Helobioma Villavicencio	0.10	7	0.72
Bosque abierto alto inundable del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	0.25	7	1.73
Bosque de galería del Helobioma Altillanura	61.58	5.5	338.67
Bosque de galería del Helobioma Villavicencio	1.51	7	10.58
Bosque de galería del Peinobioma Altillanura	0.02	5.25	0.09

ECOSISTEMA	Área (ha) intervención	Factor de compensación	Área (ha) por compensar
Bosque de galería del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	2.39	7	16.73
Bosque de galería del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	0.01	8.75	0.07
Bosque denso alto inundable del Helobioma Altillanura	13.37	5.5	73.56
Bosque denso alto inundable del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	2.44	7	17.10
Bosque denso alto inundable del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	0.04	8.75	0.35
Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Helobioma Altillanura	0.44	5.5	2.41
Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Peinobioma Altillanura	0.00	5.25	0.01
Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	0.41	7	2.86
Herbazal denso de tierra firme arbolado del Helobioma Altillanura	0.34	5.5	1.88
Herbazal denso de tierra firme arbolado del Peinobioma Altillanura	29.13	5.25	152.92
Herbazal denso de tierra firme arbolado del Peinobioma Villavicencio	0.75	7.25	5.45
Herbazal denso de tierra firme arbolado del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	2.26	7	15.85
Herbazal denso de tierra firme no arbolado del Helobioma Altillanura	0.47	5.5	2.58
Herbazal denso de tierra firme no arbolado del Peinobioma Altillanura	57.81	5.25	303.50
Herbazal denso de tierra firme no arbolado del Peinobioma Villavicencio	0.30	7.25	2.21
Herbazal denso de tierra firme no arbolado del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	1.44	7	10.07
Herbazal denso inundable arbolado del Helobioma Altillanura	2.30	5.5	12.67
Herbazal denso inundable arbolado del Peinobioma Altillanura	0.48	5.25	2.50
Herbazal denso inundable arbolado del Peinobioma Villavicencio	0.01	7.25	0.04
Herbazal denso inundable no arbolado del Helobioma Altillanura	5.12	5.5	28.14
Herbazal denso inundable no arbolado del Helobioma Villavicencio	0.04	7	0.27
Herbazal denso inundable no arbolado del Peinobioma Altillanura	0.07	5.25	0.36
Herbazal denso inundable no arbolado del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	0.86	7	6.02
Palmares del Helobioma Altillanura	2.43	5.5	13.39
Palmares del Helobioma Villavicencio	0.14	7	0.98
Vegetación secundaria alta del Helobioma Altillanura	1.27	5.5	6.97
Vegetación secundaria alta del Helobioma Villavicencio	0.05	7	0.35
Vegetación secundaria alta del Peinobioma Altillanura	0.68	5.25	3.57
Vegetación secundaria alta del Peinobioma Villavicencio	0.01	7.25	0.08

ECOSISTEMA	Área (ha) intervención	Factor de compensación	Área (ha) por compensar
Vegetación secundaria alta del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	4.30	7	30.09
Vegetación secundaria alta del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	0.02	8.75	0.15
TOTAL	193.96		1071.11

Fuente: GessiG S.A.S, 2026.

El área de intervención del proyecto en ecosistemas naturales corresponde a **193,96 ha**, para los cuales el área a compensar es de **1071,11 ha** de acuerdo con la información de la **Tabla 12-16**.

12.9.2 Áreas por compensar en ecosistemas de vegetación secundaria baja

En la siguiente tabla (**Tabla 12-17**), se presenta el área a compensar por la intervención del proyecto en ecosistemas de vegetación secundaria.

Tabla 12-17 Área por compensar por la intervención en ecosistemas de vegetación secundaria

ECOSISTEMA	Área (ha) intervención	Factor de compensación	Área (ha) por compensar
Vegetación secundaria baja del Helobioma Altillanura	5.83	2.75	16.04
Vegetación secundaria baja del Helobioma Villavicencio	0.17	3.5	0.59
Vegetación secundaria baja del Peinobioma Altillanura	2.66	2.625	6.98
Vegetación secundaria baja del Peinobioma Villavicencio	0.15	3.625	0.55
Vegetación secundaria baja del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	21.00	3.5	73.51
Vegetación secundaria baja del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	0.81	4.375	3.55
TOTAL	30.63		101.22

Fuente: GessiG S.A.S, 2026.

El área de intervención del proyecto en ecosistemas de vegetación secundaria baja corresponde a **30,63 ha**, con un área a compensar de **101,22ha** de acuerdo con la información de la **Tabla 12-17**.

12.9.3 Áreas por Compensar en Ecosistemas transformados

En el caso de los ecosistemas transformados, dentro del análisis realizado para la evaluación de impactos, en efecto no se obtiene una pérdida de biodiversidad, teniendo en cuenta su alto grado de transformación; no obstante, de acuerdo con lo consignado en la en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (MADS, 2018), "En ecosistemas transformados, si como parte del análisis y la aplicación de la jerarquía de la mitigación se identifican impactos bióticos que tengan que ser compensados, la autoridad ambiental competente establecerá una

compensación 1:1 cuantificada en hectáreas. Estas áreas serán añadidas a la acción de compensación por pérdida de biodiversidad seleccionada para el proyecto, obra o actividad sujeto al proceso de licenciamiento ambiental.” En la tabla a continuación (**Tabla 12-18**), se relacionan las áreas por compensar por intervención de ecosistemas transformados.

Tabla 12-18 Área por compensar por la intervención del proyecto en ecosistemas transformados

ECOSISTEMA	Área (ha) intervención	Factor de compensación	Área (ha) por compensar
Arroz del Helobioma Altillanura	18.64	1	18.64
Arroz del Helobioma Villavicencio	0.01	1	0.01
Arroz del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	8.72	1	8.72
Arroz del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	0.22	1	0.22
Caña del Helobioma Altillanura	0.00	1	0.00
Caña del Peinobioma Altillanura	0.15	1	0.15
Caña del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	84.76	1	84.76
Maíz del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	0.08	1	0.08
Otros cultivos permanentes arbóreos del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	18.82	1	18.82
Otros cultivos permanentes arbóreos del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	0.20	1	0.20
Otros cultivos permanentes herbáceos del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	0.14	1	0.14
Otros cultivos transitorios del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	0.05	1	0.05
Otros cultivos transitorios del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	0.04	1	0.04
Palma de aceite del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	3.33	1	3.33
Palma de aceite del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	2.48	1	2.48
Pastos arbolados del Helobioma Altillanura	1.96	1	1.96
Pastos arbolados del Peinobioma Altillanura	7.86	1	7.86
Pastos arbolados del Peinobioma Villavicencio	0.16	1	0.16
Pastos arbolados del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	42.55	1	42.55
Pastos arbolados del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	1.17	1	1.17
Pastos enmalezados del Helobioma Altillanura	1.90	1	1.90
Pastos enmalezados del Peinobioma Altillanura	2.81	1	2.81
Pastos enmalezados del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	23.09	1	23.09
Pastos enmalezados del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	0.91	1	0.91
Pastos limpios del Helobioma Altillanura	29.50	1	29.50
Pastos limpios del Helobioma Villavicencio	0.06	1	0.06
Pastos limpios del Peinobioma Altillanura	34.63	1	34.63

ECOSISTEMA	Área (ha) intervención	Factor de compensación	Área (ha) por compensar
Pastos limpios del Peinobioma Villavicencio	0.45	1	0.45
Pastos limpios del Zonobioma húmedo tropical Altilanura	488.63	1	488.63
Pastos limpios del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	9.72	1	9.72
Plantación forestal del Helobioma Altilanura	0.00	1	0.00
Plantación forestal del Peinobioma Altilanura	3.26	1	3.26
Plantación forestal del Peinobioma Villavicencio	0.14	1	0.14
Plantación forestal del Zonobioma húmedo tropical Altilanura	17.29	1	17.29
Soya del Zonobioma húmedo tropical Altilanura	2.76	1	2.76
Tierras desnudas y degradadas del Peinobioma Altilanura	0.04	1	0.04
Tierras desnudas y degradadas del Zonobioma húmedo tropical Altilanura	0.08	1	0.08
Zonas quemadas del Zonobioma húmedo tropical Altilanura	0.08	1	0.08
Zonas quemadas del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	0.00	1	0.00
Zonas agrícolas (Intervención puntual) sin aprovechamiento forestal relacionado	239.75	1	239.75*
TOTAL	1046.47		1046.47

*Se emplea para el cálculo de aprovechamiento un área máxima de intervención con aprovechamiento forestal relacionado de 486 ha en proyectos puntuales; sin embargo, se solicita la autorización de 239,75 ha adicionales de intervención para proyectos puntuales en las coberturas agrícolas presentes en el Bloque CPO-5, de acuerdo con la solicitud de área a intervenir total.

Fuente: GessiG S.A.S, 2026.

Considerando la información presentada en la **Tabla 12-18** las áreas por compensar en ecosistemas transformados son de **1046,47 ha**.

12.9.4 Área máxima a compensar

A continuación, en la Tabla 12-19, se ofrece un resumen detallado de las áreas a compensar por tipo de ecosistema (Ver Anexo 9.1_Calculo_compensacion). De acuerdo con esta tabla el máximo de área a compensar es de **2218,81 ha**.

Tabla 12-19 Área máxima a compensar

Tipo Ecosistema	Área (ha) intervención	Área (ha) por compensar
Ecosistemas naturales	193.96	1071.11
Ecosistemas de vegetación secundaria baja	30.63	101.22
Ecosistemas transformados	1046.47	1046.47
Total	1271.06	2218.81

Fuente: GessiG S.A.S, 2026.

12.10 ¿DÓNDE COMPENSAR?

La determinación del “dónde compensar” se fundamenta en la identificación de ecosistemas ecológicamente equivalentes, con el fin de focalizar las acciones de compensación en áreas que ofrezcan las mejores condiciones para la conservación efectiva de la biodiversidad. Esta selección considera variables como el tamaño de las áreas, su estado de conservación, conectividad ecológica y el contexto paisajístico en el que se insertan.

La elección de las zonas propicias para la implementación del plan de compensación se basa en los cuatro criterios espaciales establecidos por el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (MADS, 2018):

1. **Ámbito geográfico de compensación:** Las compensaciones deberán localizarse preferentemente en el siguiente orden de prioridad:
 - a) En la subzona hidrográfica en la que se desarrolla el proyecto, obra o actividad, o en las subzonas hidrográficas circundantes.
 - b) En la zona hidrográfica correspondiente al área del proyecto.
2. **Complementariedad ecológica:** Si las áreas seleccionadas presentan una superficie menor al área impactada, según el tipo de ecosistema equivalente, se deberán incluir áreas adicionales o franjas de conectividad con potencial para procesos de restauración y uso sostenible, como medida complementaria.
3. **Coincidencia con instrumentos de conservación y ordenamiento:** Se dará prioridad a las áreas identificadas en el Plan Nacional de Restauración, los portafolios regionales o nacionales de compensación, las áreas protegidas que incluyan acciones de conservación en sus planes de manejo o documentos técnicos de declaratoria, y aquellas definidas en instrumentos de ordenamiento del territorio o ambiental.
4. **Adyacencia a acciones de compensación previas:** Se podrá priorizar la selección de áreas contiguas a otras donde se hayan implementado compensaciones previas, identificadas en el Registro Único de Ecosistemas y Áreas Ambientales (REEA), siempre que contribuyan a ampliar el ecosistema intervenido o a fortalecer su conectividad ecológica.

Criterios de selección:

Con el fin de identificar y priorizar las áreas potenciales para la implementación de las medidas de compensación del componente biótico, se aplicaron criterios técnicos específicos alineados con los lineamientos del Manual de Compensaciones del Componente Biótico (MADS, 2018). Estos criterios permitieron garantizar la pertinencia ecológica, viabilidad espacial y coherencia normativa de las zonas seleccionadas, asegurando que las acciones de conservación y restauración ecológica se desarrollen en áreas estratégicas que maximicen los beneficios ambientales y funcionales.

Los criterios aplicados fueron los siguientes:

- Criterio 1: Áreas con ecosistemas equivalentes, definidas de acuerdo con la subzona hidrográfica. Biomas de mayor proporción directamente afectados por el proyecto dentro de la subzona hidrográfica con mayor representación en el área del proyecto.
- Criterio 2: Áreas que cuenten con declaratoria de áreas protegidas, consideradas como importantes para la conservación de los recursos, cuyo uso y manejo se encuentre reglamentado, entre otras. Se incluyen, entre otras:
 - o Áreas registradas en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), en sistemas regionales o en el Registro Único Nacional de Áreas Protegidas (RUNAP), incluyendo figuras municipales y de orden local.
 - o Áreas Importantes para la Conservación de las Aves (AICAS).
 - o Humedales de importancia internacional (Sitios RAMSAR).
 - o Zonas clasificadas como de conservación y protección ambiental en los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas (POMCA).
- Criterio 3: Áreas presentes en el Registro Único de Ecosistemas y Áreas Ambientales (REEA) y áreas en el Portafolio del Plan Nacional de Restauración (PNR), incluyendo:
 - o Áreas registradas en el Registro Único de Ecosistemas y Áreas Ambientales (REEA).
 - o Áreas incorporadas en el Portafolio del Plan Nacional de Restauración (PNR) por su importancia para la recuperación de servicios ecosistémicos y la conectividad ecológica.
- Criterio 4: Áreas de importancia y sensibilidad ecológica, identificadas con base en su nivel de conectividad y fragmentación, según la zonificación ambiental del proyecto.

Herramientas e insumos consultados:

La identificación y validación de las áreas potenciales para implementar acciones de compensación se fundamentó en la revisión de marcos normativos, fuentes oficiales y plataformas de información ambiental, que sirvieron como base para la toma de decisiones técnicas y espaciales. Entre los insumos consultados se encuentran:

- Ley 165 de 1994, mediante la cual se aprueba el Convenio sobre la Diversidad Biológica.
- Decreto 2372 de 2010, por el cual se reglamenta el SINAP y se establecen las categorías de manejo y directrices para la conservación.
- Consulta del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) y del Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC).
- Consulta del Registro Único de Ecosistemas y Áreas Ambientales (REEA).
- Consulta de información de áreas protegidas a nivel nacional e internacional como Reservas de la biosfera, Humedales RAMSAR, AICAS, bancos de hábitat, entre otros.
- Consulta de información cartográfica de las Corporaciones Autónomas Regionales en cuanto a áreas prioritarias para la conservación.

- Zonificación hidrográfica nacional elaborada por el IDEAM, empleada para definir el ámbito geográfico de compensación con base en subzonas hidrográficas.

Adicionalmente, las áreas seleccionadas fueron contrastadas con los ecosistemas estratégicos identificados en el Capítulo 3.3.1 – Ecosistemas Estratégicos, lo que permitió asegurar la coherencia ecológica y funcional entre las zonas impactadas y las áreas propuestas para la compensación.

Proceso de selección:

Con base en los criterios técnicos establecidos y en la información obtenida durante la caracterización del componente biótico, se desarrolló un proceso de análisis espacial y técnico, orientado a la identificación de las áreas con mayor viabilidad ecológica, funcional y jurídica para la implementación de las medidas de compensación. Este análisis se realizó mediante una metodología de análisis multicriterio, que permitió integrar diversas variables biofísicas, normativas y territoriales para priorizar los sitios más adecuados.

El proceso se estructuró en las siguientes etapas:

1. Cruce de información geoespacial del polígono del proyecto con las unidades hidrográficas y los ecosistemas equivalentes definidos en el Manual de Compensaciones, con el fin de garantizar que las áreas seleccionadas estén dentro del ámbito geográfico permitido y cumplan con criterios de equivalencia ecosistémica.
2. Consulta de áreas priorizadas en instrumentos de planificación ambiental a nivel nacional y regional, como el Plan Nacional de Restauración (PNR), el Registro Único de Ecosistemas y Áreas Ambientales (REEA) y los portafolios regionales de compensación definidos por las autoridades ambientales competentes.
3. Evaluación de la conectividad ecológica, a través del análisis de fragmentación del paisaje, continuidad de coberturas naturales, corredores existentes y su posible articulación con las áreas propuestas para compensación. Se consideraron también las sinergias y complementariedades con acciones de conservación ya implementadas en el territorio.
4. Priorización de zonas que presenten condiciones técnicas favorables (accesibilidad, ausencia de restricciones legales), y ecológicas (estado de conservación, resiliencia) con el objetivo de asegurar la viabilidad de implementación de las medidas compensatorias.

12.10.1 Criterio 1: Áreas con ecosistemas equivalentes, definidas de acuerdo con la subzona hidrográfica

El proyecto Bloque CPO-5 se ubica dentro de 7 subzonas hidrográficas: Directos al Río Meta entre ríos Humea y Upia, Directos Río Metica entre ríos Guayuriba y Yucao, Río Guatiquía, Río Humea, Río Negro (Meta), Río Upía, Río Yucao Y Río Guatiquía, tal como se ilustra en la **Figura 12-10**.

De acuerdo con lo establecido en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (MADS, 2018), las compensaciones deben priorizarse dentro del ámbito geográfico más cercano al sitio de afectación, comenzando por la subzona hidrográfica donde se localiza el proyecto o en las subzonas adyacentes. En concordancia con este lineamiento, la selección de áreas con ecosistemas equivalentes se orientó a estas dos subzonas, garantizando así la pertinencia ecológica, espacial y funcional de las medidas de compensación.

Para los efectos del presente plan, y considerando los alcances definidos (áreas efectivamente intervenidas y áreas susceptibles de intervención), la proporción de superficie a compensar por subzona hidrográfica se determinó en función del porcentaje de presencia del polígono del Área de influencia físico-biótica del Bloque CPO-5 en cada una de dichas subzonas, tal como se resume en la **Tabla 12-20**.

Esta distribución proporcional permite mantener una relación directa entre el sitio de impacto y el sitio de compensación, fortaleciendo el principio de equivalencia ecológica y favoreciendo la eficiencia ecológica de las acciones de restauración, rehabilitación y/o preservaciones previstas en este plan.

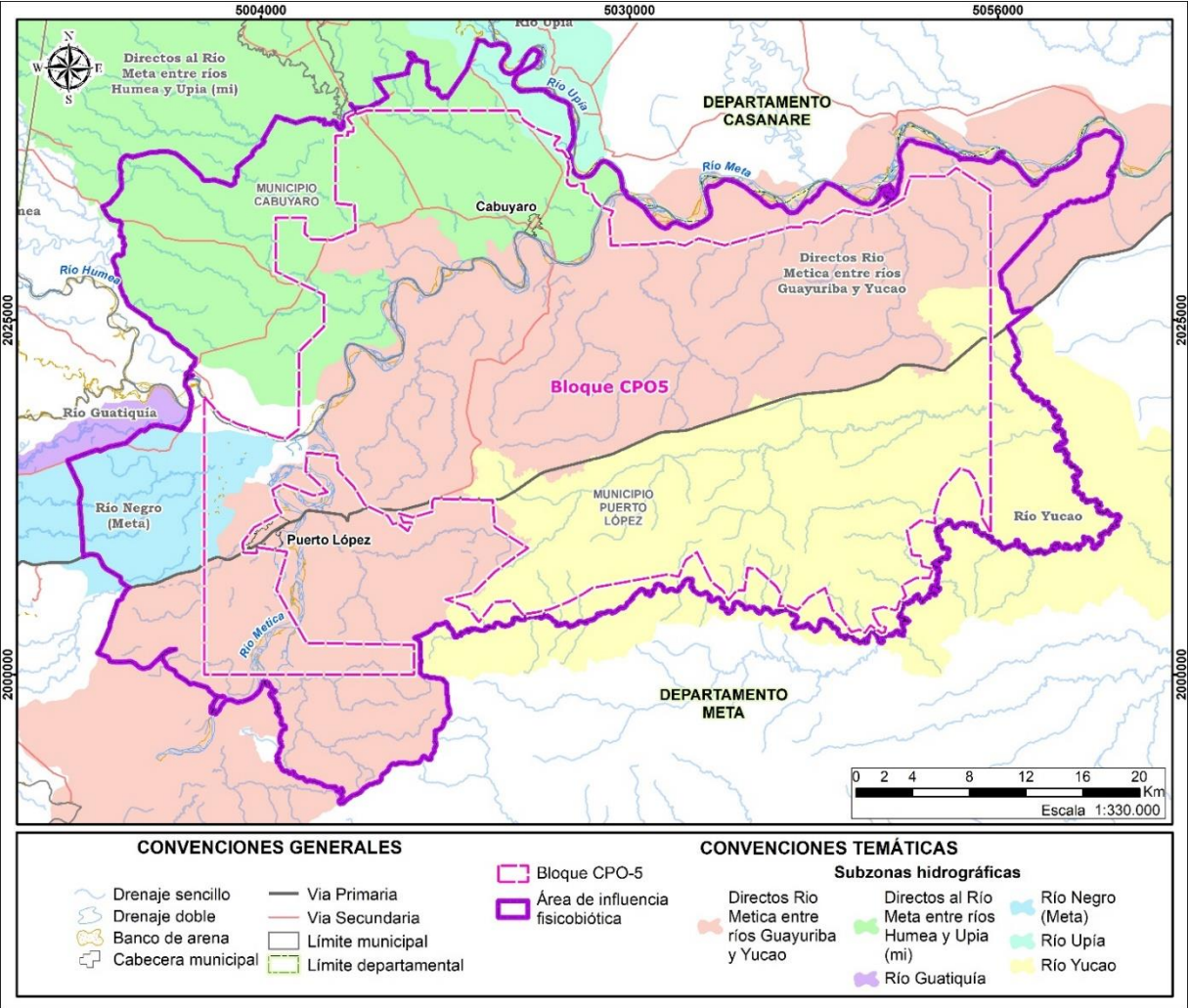


Figura 12-10 Localización de subzonas hidrográficas del proyecto Bloque CPO-5
Fuente: GessiG S.A.S., 2026

Tabla 12-20 Unidades hidrológicas en el área del proyecto

Área Hidrográfica	Zona Hidrográfica	Subzona Hidrográfica	Área (ha)	Área (%)
ORINOCO (3)	META (35)	Río Upía	2524.29	1.10
		Río Humea	3679.01	1.61
		Río Guatiquia	29.56	0.01
		Directos al Río Meta entre ríos Guatiquía y Upia	42067.79	18.41
		Río Negro	10843.12	4.75
		Río Yucao	57601.06	25.21
		Directos al Meta entre ríos Guayuriba y Yucao	111709.27	48.90
Total			228454.11	100

Fuente: GessiG S.A.S., 2026

A partir de esta distribución proporcional, se procedió a la selección de ecosistemas equivalentes a compensar que se encuentran dentro de las subzonas hidrográficas descritas, con énfasis en aquellas áreas que cumplen con los criterios de equivalencia ecosistémica, estado de conservación y viabilidad ecológica.

Los biomas posibles para implementar las acciones de compensación corresponden a aquellos que presentan posibles intervenciones por el proyecto de acuerdo con el ítem de **¿Cuánto compensar?:**

Tabla 12-21 Biomas con áreas efectivas y posibles a intervenir de acuerdo con los Alcances del presente plan de compensación del proyecto Bloque CPO-5

Biomas	Área (ha)	Área (%)
Helobioma Altillanura	65002.60	29.37
Helobioma Villavicencio	6177.58	2.79
Peinobioma Altillanura	28406.60	12.83
Peinobioma Villavicencio	5480.26	2.48
Zonobioma húmedo tropical Altillanura	100893.39	45.58
Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	15388.94	6.95
Total	221349.37	100

Fuente: GessiG S.A.S., 2026

Por lo anterior, y teniendo en cuenta que los biomas Zonobioma Húmedo Tropical de la Altillanura, Helobioma Altillanura y Peinobioma Altillanura presentan la mayor proporción de área intervenida por el proyecto, se priorizará su selección para la implementación de las acciones de compensación.

12.10.2 Criterio 2: Áreas que cuenten con declaratoria de áreas protegidas, consideradas como importantes para la conservación de los recursos, cuyo uso y manejo se encuentre reglamentado, entre otras, y Áreas presentes en el Registro Único de Ecosistemas y Áreas Ambientales (REEA) y áreas en el Portafolio del Plan Nacional de Restauración (PNR).

Con base en la revisión y análisis de la información geoespacial disponible para el área del proyecto Bloque CPO-5, se llevó a cabo un ejercicio de traslape espacial con diversas áreas de interés identificadas en instrumentos de planificación y conservación a nivel nacional, regional e internacional. Este análisis permitió identificar coincidencias entre el área de influencia del proyecto y zonas priorizadas para la conservación, restauración y gestión ambiental, facilitando la identificación de áreas potenciales para la implementación de las medidas de compensación.

En la

Tabla 12-22 a continuación, se relaciona el traslape del área del proyecto con áreas con categoría de protección o de interés nacional, regional e internacional.

Tabla 12-22 Relación de Áreas estratégicas con categoría de protección o de interés de planificación nacional, regional e internacional en el AIFB Bloque CPO-5

Clasificación			Traslape con el Área de Interés (SI/NO)
Categorías de protección especial ambiental	Áreas protegidas del SINAP (Decreto 1076 de 2015)	Parques Nacionales Naturales	NO
		Reservas Forestales Protectoras	NO
		Parques Naturales Regionales	NO
		Distritos de Manejo Integrado	NO
		Distritos de Conservación de Suelos	NO
		Reservas Naturales de la Sociedad Civil	SI
	Reservas Forestales de Ley 2da de 1959		NO
	Área de Manejo Especial de La Macarena - AMEM		NO
	Denominaciones internacionales	RAMSAR	NO
		AICAS	NO
Reservas de Biosfera		NO	
Sitios de Patrimonio UNESCO		NO	
Ecosistemas estratégicos y prioridades	Estratégicos	Humedales	SI
		Páramos	NO
		Mapa de Prioridades CONPES 3680 de 2010	
	Portafolio de Áreas prioritarias para la conservación		SI
	Áreas susceptibles a procesos de restauración ecológica	Recuperación	SI
		Rehabilitación	SI
		Restauración	NO
	Bosques de Paz		NO

Fuente: GessiG S.A.S., 2026

De acuerdo con lo anterior, se identificaron traslapes entre el área de influencia físico-biótica del Bloque CPO-5 y diversas áreas de interés ambiental a nivel nacional, tales como humedales, áreas prioritarias para la conservación establecidas en el documento CONPES 3680 de 2010, zonas susceptibles a procesos de restauración ecológica, particularmente aquellas clasificadas como áreas de rehabilitación.

Adicionalmente, se evidenció la presencia de otras figuras de conservación relevantes, entre las que se destacan ecosistemas incluidos en la Lista Roja de Ecosistemas, de acuerdo con la información generada y sistematizada por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). En la **Figura 12-11** se relacionan las áreas identificadas en el área del proyecto.

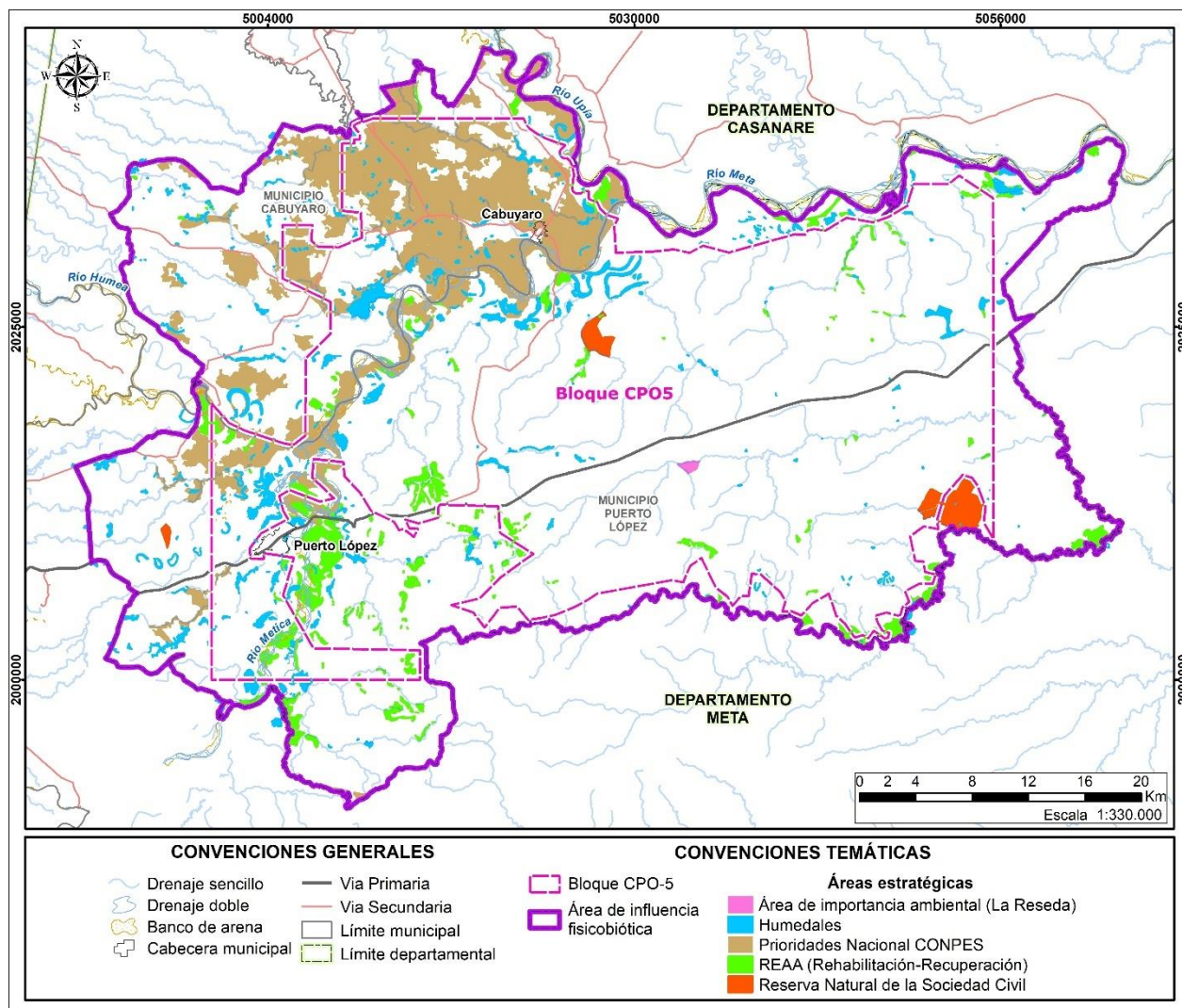


Figura 12-11 Áreas presentes en el Registro Único de Ecosistemas y Áreas Ambientales (REEA) y áreas en el Portafolio del Plan Nacional de Restauración (PNR)

Fuente: GessiG S.A.S., 2026

En cuanto a las áreas estratégicas a nivel local, se identificaron las rondas de protección de cuerpos de agua lóticos presentes dentro del área de influencia del proyecto, las cuales se muestran en la **Figura 12-12**.

Estas zonas fueron priorizadas como áreas potenciales para la implementación de medidas de compensación, debido a su proximidad e interrelación directa con los impactos generados por las actividades del proyecto. Se considera que la intervención en estas áreas ofrece una respuesta más inmediata y eficaz frente a los efectos ecológicos ocasionados por las fases de construcción y operación, además de contribuir a la restauración de funciones hidrológicas, a la conectividad ecológica y a la provisión de servicios ecosistémicos clave.

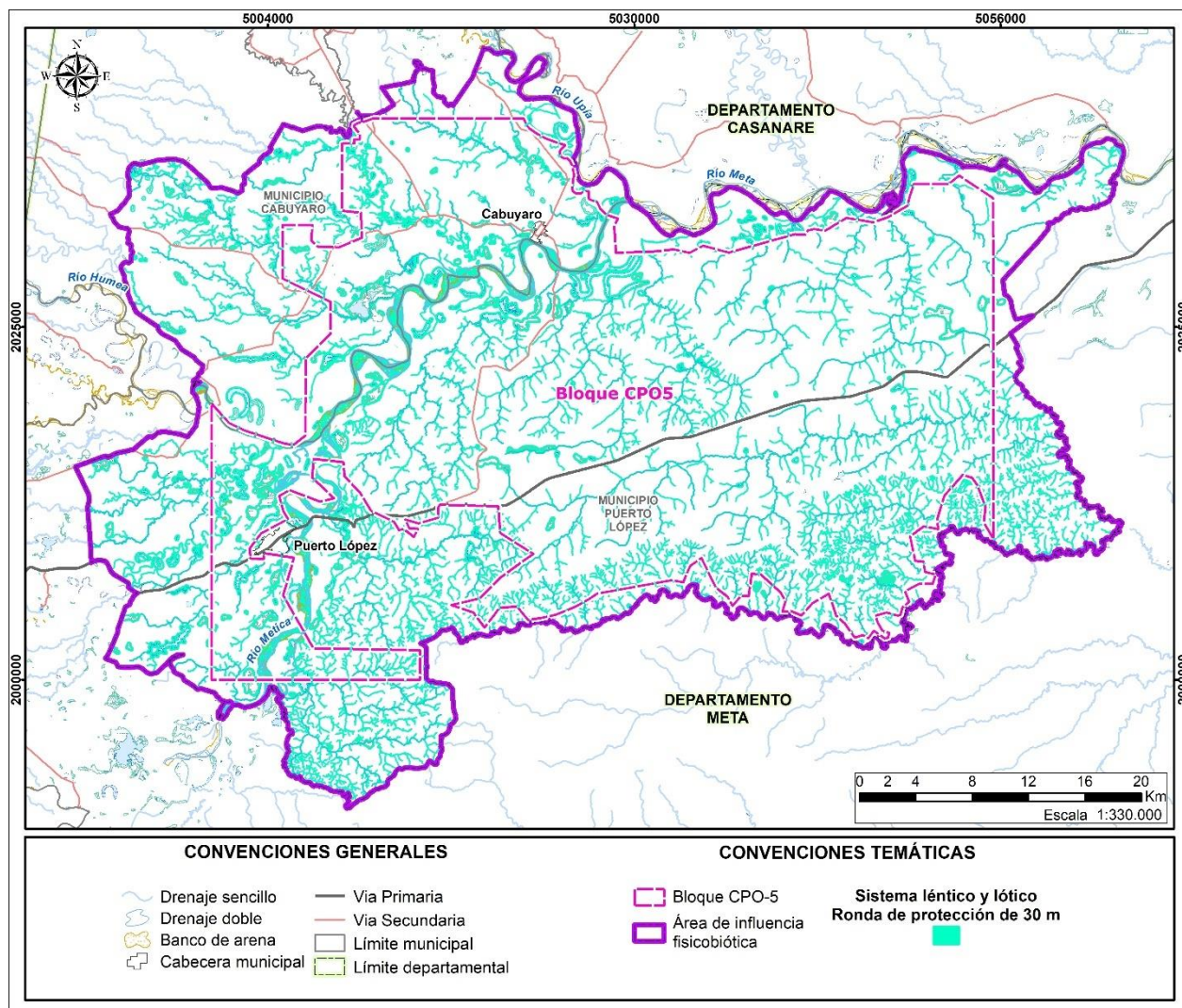


Figura 12-12 Áreas estratégicas de orden local

Fuente: GessiG S.A.S., 2026

12.10.3 Criterio 3: Áreas de importancia ecológica, identificadas mediante el análisis de fragmentación por medio de áreas Núcleo-Core

El área núcleo o área core, es la superficie interior del fragmento que no está afectada por los bordes, es decir, que no está o está muy poco afectada por las perturbaciones exteriores. En términos generales el número de áreas core disminuye en la medida que la intervención aumenta. El índice de área core es una proporción de las áreas núcleo en el total del paisaje y es igual a cero cuando no existen parches o fragmentos en las coberturas que posean áreas núcleo. Representa el porcentaje del parche que es área núcleo.

Un estudio sobre la estructura y composición de la vegetación en bosques tropicales sugiere que la mayoría de los árboles dentro de los primeros 100 m desde el borde pertenecen al gremio

pionero. Se encontró que la disimilitud florística era mayor entre los hábitats interiores de diferentes fragmentos que entre las áreas de borde correspondientes o entre diferentes fragmentos pequeños. La diversidad de especies aumentó a lo largo del gradiente borde-interior 1,5 veces dentro de los primeros 250 m. (Thier & Wesenberg, 2016).

Laurance (1998), señala que los efectos de borde pueden influir en la regeneración natural y comprobó que, dentro de la zona de 100 m desde el borde, las plántulas de un árbol forestal nativo, maduro y tolerante a la sombra mostraron un mayor incremento en altura, número de hojas y supervivencia cerca del interior del bosque. Lo que también se confirmó en el estudio sobre los efectos de la fragmentación en el reclutamiento de las especies en bosques, encontrando que después de 100 m del borde las tasas de reclutamiento aumentaron significativamente (Laurance, y otros, 1998).

En este contexto, se usó de un parámetro de borde de 100 metros como umbral para delimitar el área núcleo, teniendo en cuenta que diversos estudios han demostrado que los efectos ecológicos del borde —como cambios en microclima, composición vegetal y dinámica de especies— se atenúan significativamente a partir de esta distancia, en donde se observa una mayor estabilidad ecológica y predominancia de especies de interior. La profundidad del efecto de borde depende de múltiples factores como la orientación, altitud, tipo de vegetación y nivel de perturbación, siendo 100 metros una distancia ampliamente utilizada en estudios de vegetación para garantizar la representatividad ecológica del área núcleo. Ver **Figura 12-13**.

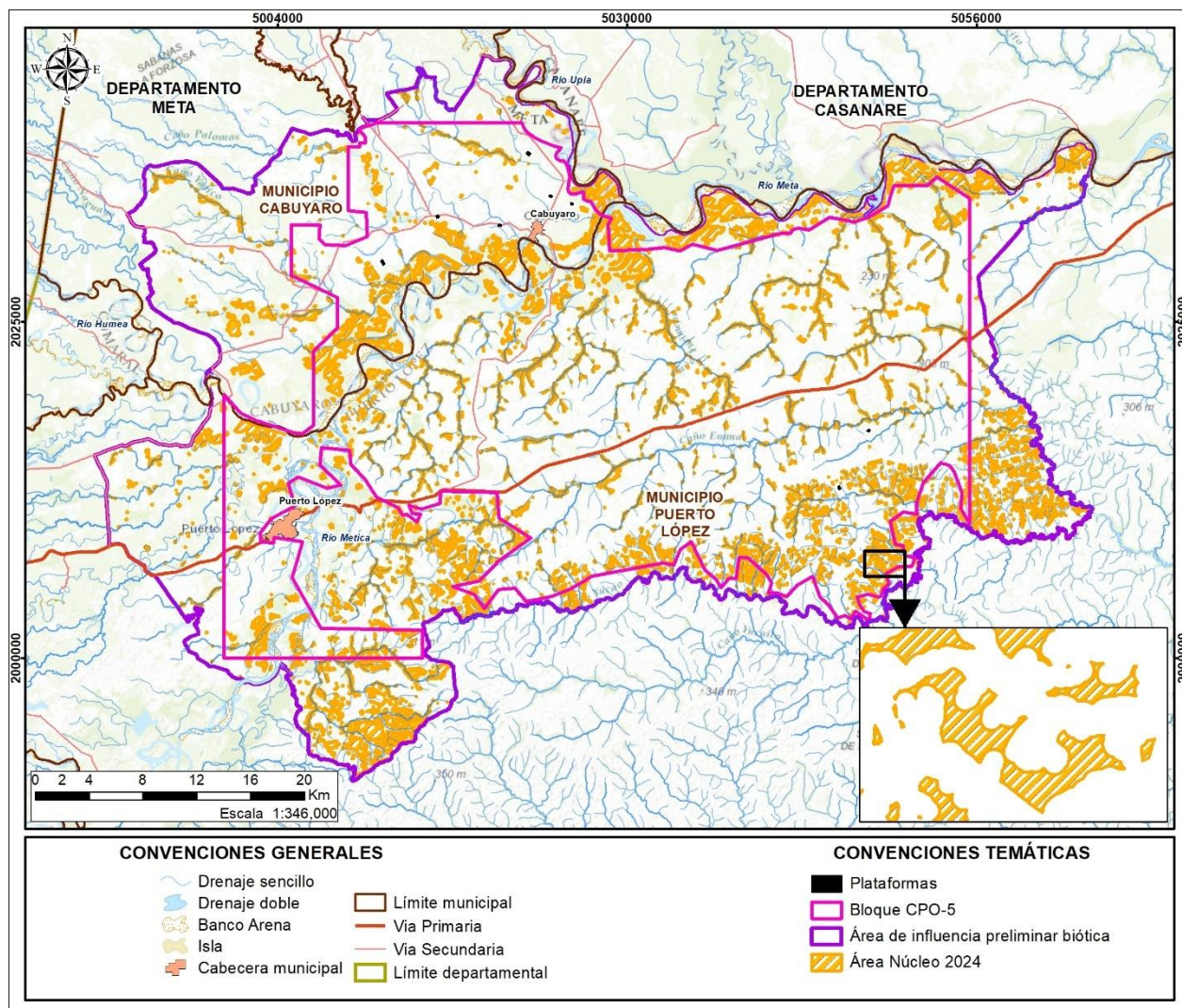


Figura 12-13 Áreas Núcleo

Fuente: GessiG S.A.S., 2026

12.10.4 Definición del mapa de priorización de áreas para compensación

A partir de los criterios anteriormente mencionados, se presentan a continuación 7709,62 ha priorizadas, de las cuales 3044,11 ha corresponden a acciones de preservación y 4665,50 para acciones de rehabilitación. Ver **Figura 12-14**.

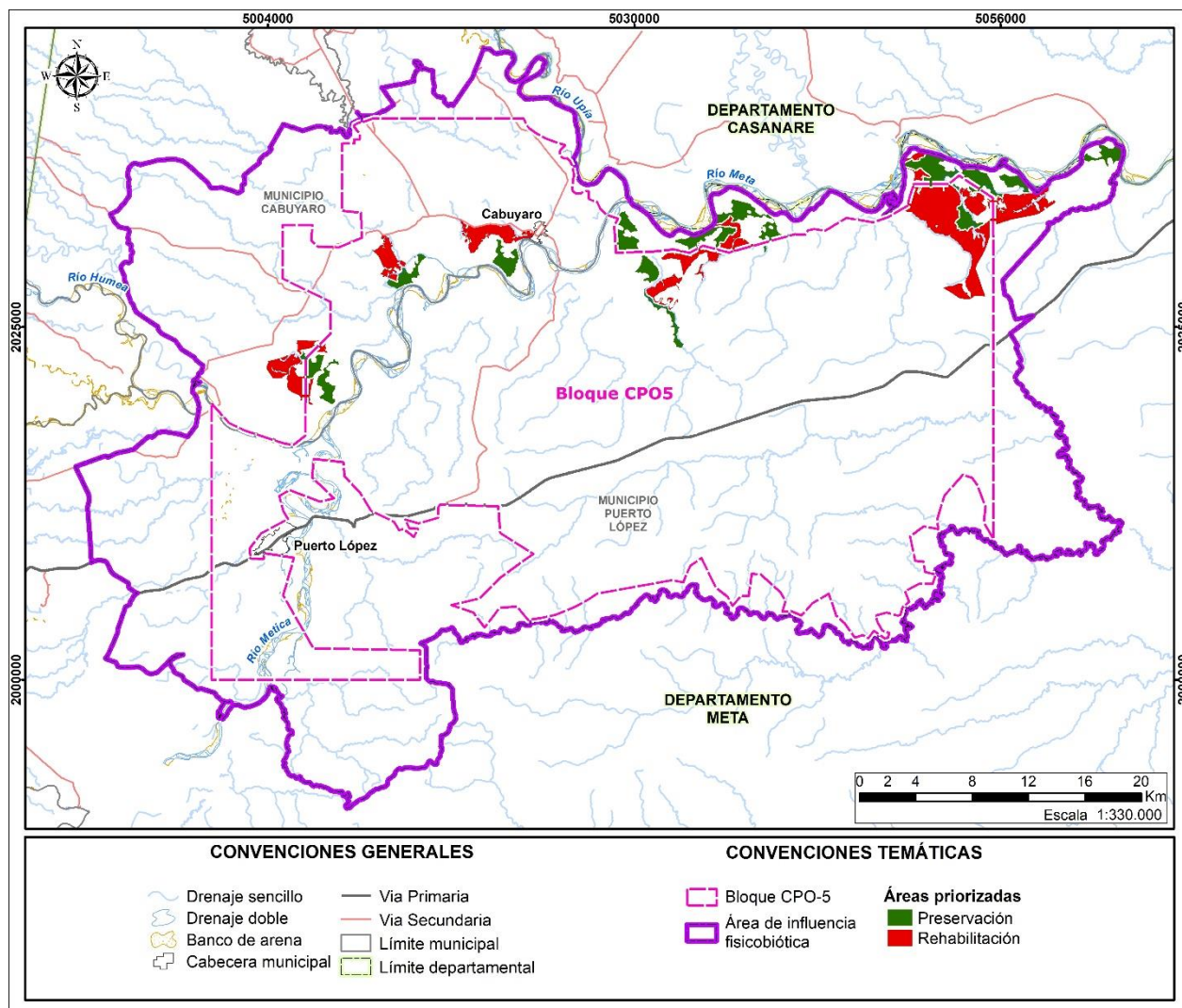


Figura 12-14 Áreas prioritizadas para acciones de rehabilitación y preservación

Fuente: GessiG S.A.S., 2026

12.10.5 Caracterización área final de compensación

Una vez identificadas las áreas potenciales de compensación dentro del área del proyecto, se llevará a cabo una caracterización detallada de estos espacios. No obstante, dado que dichas áreas se encuentran dentro del área de influencia definida para la evaluación del componente biótico en el marco de la modificación de la licencia ambiental del proyecto, la información relacionada con las coberturas y ecosistemas de referencia ya ha sido documentada en el Capítulo 3 Caracterización del Área de Influencia – Numeral 3.3 Medio biótico.

En dicho capítulo se describe el tipo de ecosistema presente, su estructura, estado de conservación, así como la composición y riqueza de especies de flora y fauna registradas. Esta

caracterización se fundamentó tanto en fuentes secundarias como en información primaria, obtenida a través de campañas de campo realizadas durante la evaluación biótica de la modificación de licencia. Los datos recopilados incluyen aspectos cuantitativos y cualitativos de los componentes bióticos y abióticos del territorio.

No obstante, como parte de las acciones de preservación y restauración definidas en el presente Plan de Compensación, se llevará a cabo la identificación y caracterización de relictos naturales y ecosistemas en sucesión ecológica que serán objeto de intervención. Esta caracterización tendrá como objetivo establecer una línea base técnica y ecológica que permita evaluar la efectividad de las medidas compensatorias, mediante el seguimiento de variables asociadas a la composición, estructura y funcionalidad de los ecosistemas priorizados.

La metodología de muestreo biológico estará de acuerdo con el Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (2004) entre otros manuales verificados, garantizando así la comparabilidad de los datos a lo largo del tiempo. Se aplicarán protocolos de evaluación específicos para flora y fauna, lo que permitirá monitorear el estado ecológico de los relictos, así como detectar cambios atribuibles a las acciones de aislamiento y manejo de tensionantes.

Adicionalmente, se realizará una caracterización espacial detallada de las áreas seleccionadas, con el fin de:

- Identificar fuentes de presión tales como actividades antrópicas, presencia de especies invasoras o procesos de deforestación;
- Determinar las amenazas ecológicas específicas que afectan la integridad de los ecosistemas; y
- Orientar de manera más precisa la implementación de las medidas de manejo, control y seguimiento adaptativo.

Esta caracterización, tanto biofísica como espacial, constituirá un insumo clave para la planificación técnica y adaptativa del Plan de Compensación, permitiendo ajustar las intervenciones conforme a los resultados obtenidos en el proceso de seguimiento ambiental periódico, el cual será diseñado con una frecuencia adecuada para evidenciar las tendencias positivas en la recuperación de la biodiversidad y funcionalidad ecológica local.

12.11 ¿CÓMO COMPENSAR?

La determinación del “cómo compensar” parte de la aplicación de cuatro componentes fundamentales que buscan asegurar la efectividad, legitimidad y sostenibilidad de las acciones compensatorias propuestas. Estos pilares, tal como se presenta en la **Figura 12-15**, corresponden a:

1. Las acciones de compensación específicas a implementar,
2. Los modos de compensación o enfoques de manejo,

3. Los mecanismos de implementación y administración, y
4. Las formas de presentación y ejecución de las compensaciones.

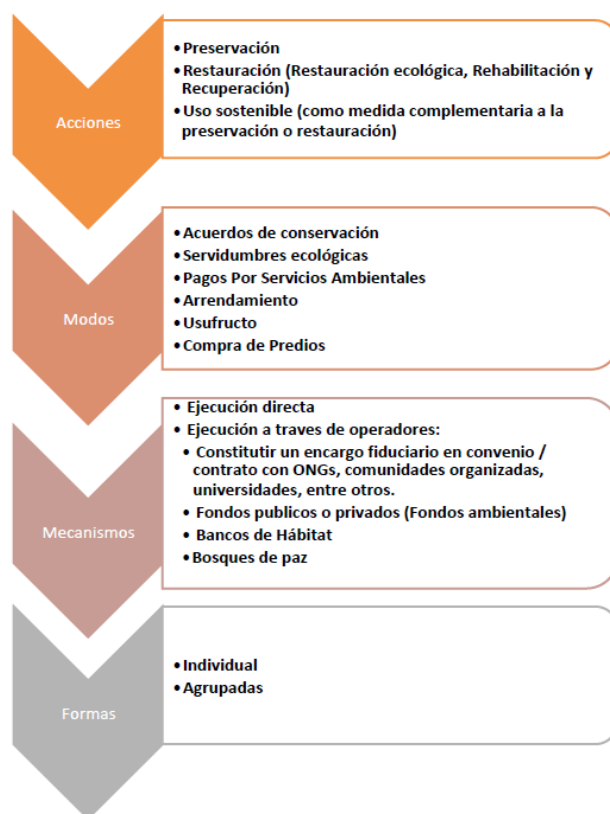


Figura 12-15 Acciones, modos, mecanismos y formas para el cómo compensar

Fuente: Manual de compensaciones del componente biótico (MAIDS, 2018)

Acciones de compensación:

Conforme al MADS (2018), las acciones de compensación se enmarcan en tres grandes categorías:

- Preservación: protección permanente de ecosistemas naturales o seminaturales en buen estado de conservación.
- Restauración ecológica: recuperación de la estructura, función y composición de los ecosistemas afectados, mediante enfoques de rehabilitación, restauración activa o pasiva.
- Uso sostenible de la biodiversidad: implementación de prácticas productivas compatibles con la conservación del ecosistema.

Modos de compensación:

Los modos hacen referencia a las estrategias de intervención territorial mediante las cuales se implementan las acciones anteriores. Estas deben garantizar la equivalencia ecológica y asegurar

que la intervención se lleve a cabo en áreas con condiciones similares a las zonas impactadas por el proyecto.

Mecanismos de implementación y administración:

Los mecanismos determinan quién y cómo se ejecutarán las acciones de compensación. Pueden desarrollarse directamente por el usuario (ONGC-VL), o a través de terceros mediante:

- Operadores especializados (ONGs, universidades, institutos de investigación, comunidades organizadas),
- Encargos fiduciarios, convenios o contratos de administración,
- Fondos públicos o privados, como mecanismos financieros para garantizar la ejecución,
- Bancos de hábitat o figuras como “Bosques de Paz”, siempre que estén enmarcadas en la normatividad ambiental vigente.

Estos mecanismos buscan asegurar la trazabilidad, permanencia y sostenibilidad de las medidas compensatorias a mediano y largo plazo.

Formas de presentación y ejecución:

Las compensaciones pueden presentarse de manera individual o agrupada, según lo permita la autoridad ambiental y las características del proyecto. Las compensaciones agrupadas pueden implementarse siempre que exista compatibilidad espacial y ecológica entre las áreas a intervenir, y se cumpla con los principios de equivalencia y adicionalidad.

La ejecución de estas acciones estará orientada a conservar ecosistemas equivalentes a los impactados por el proyecto, garantizar la continuidad funcional de los servicios ecosistémicos, especialmente los asociados al recurso hídrico, y fortalecer la conectividad ecológica del territorio intervenido.

12.11.1 Acciones de compensación

Las acciones de compensación corresponden a las intervenciones directas orientadas a la conservación, restauración y uso sostenible de los ecosistemas, en respuesta a los impactos residuales generados por un proyecto. Según lo dispuesto en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (MADS, 2018), estas acciones pueden implementarse de forma individual o agrupadas, y deben mantenerse hasta que se evidencie el cumplimiento de los objetivos del plan, con base en indicadores definidos y resultados derivados del seguimiento y monitoreo.

Para el presente Plan de Compensación, se han priorizado dos tipos de acciones: preservación y restauración, esta última a través del enfoque de rehabilitación ecológica. Las acciones de compensación propuestas buscan generar adicionalidad de las acciones a establecer para el mejoramiento de la conectividad funcional. La rehabilitación y preservación de ecosistemas

permitirá el establecimiento de áreas de conectividad que servirán de corredores para especies de importancia ambiental.

Una vez seleccionado el tipo de manejo o intervención, es necesario tener en cuenta otros factores como el fomento y la participación a largo plazo de la población local, de tal forma que las decisiones colectivas tengan más probabilidad de éxito. Es importante considerar que las intervenciones en el proceso de restauración varían de un proyecto a otro y dependen de la extensión, duración de las perturbaciones pasadas, condiciones culturales que han transformado el paisaje, oportunidades y limitaciones actuales (SER, 2004a)⁹. Estas variaciones hacen que el proceso ocurra en un plazo indefinido, por lo que las metas tienden a un desarrollo a largo plazo, vinculando procesos de monitoreo adaptativo según las necesidades que surjan en el tiempo (MINAMBIENTE, 2015)¹⁰.

➤ *Preservación*

Las acciones de preservación se desarrollarán sobre ecosistemas naturales o seminaturales con bajo o moderado grado de intervención, priorizando áreas con alto valor ecológico, funcional y de conectividad dentro del paisaje. Su propósito es reducir las presiones antrópicas mediante estrategias de aislamiento, control del acceso y protección física.

Estas acciones podrán implementarse en predios públicos o privados que alberguen remanentes de vegetación nativa, siempre que cumplan con los principios de:

- Equivalencia ecosistémica,
- Adicionalidad (la conservación no se realizaría sin la compensación), y
- Permanencia (sostenibilidad en el tiempo de las acciones implementadas).

Actividades principales de preservación:

- Cerramiento perimetral mediante infraestructura física o natural (cercas vivas o muertas) para evitar el ingreso de semovientes o intervenciones antrópicas.
- Mantenimiento y vigilancia de la cobertura vegetal, priorizando la no intervención y la conservación del estado actual.
- Monitoreo periódico de atributos ecológicos como la estructura, composición y funcionalidad de la vegetación.
- Acciones de sensibilización ambiental y participación comunitaria, orientadas a promover la apropiación social del proceso de conservación.

La adicionalidad de la acción de preservación se sustenta en que:

⁹ SER. (2004). Principios de SER international sobre la restauración ecológica. Society for Ecological Restoration International, 10. https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER_Primer/ser-primer-spanish.pdf

¹⁰ MINAMBIENTE. (2015). Plan Nacional de Restauración.

- Las áreas seleccionadas no se encuentran bajo esquemas formales de conservación, ni hacen parte de planes de manejo ambiental previos, ni cuentan con medidas de protección vigentes.
- Las intervenciones propuestas (aislamiento físico, control de presiones antrópicas, señalización y acuerdos voluntarios con propietarios) no habrían ocurrido sin la ejecución del presente plan.
- Se trata de áreas susceptibles a procesos de transformación (cambio de uso del suelo, sobrepastoreo, fragmentación), por lo cual la acción de preservación constituye una medida adicional real y verificable, conforme al numeral 4.3 del Manual de Compensaciones del Componente Biótico (MADS, 2018).

Las áreas seleccionadas para la acción de preservación corresponden a bosques abiertos, bosques fragmentados y zonas con vegetación secundaria, las cuales presentan:

- Un buen estado de conservación, con estructuras vegetales maduras y baja intervención antrópica.
- La presencia de núcleos de hábitat significativos para la fauna silvestre y especies focales.
- Un papel relevante en la conectividad ecológica, al estar integradas al paisaje y no ser parches aislados.

Estas áreas aportan al mantenimiento funcional del paisaje al complementarse con zonas a rehabilitar y con corredores ecológicos proyectados. Las acciones de preservación se enfocarán en el cerramiento físico y monitoreo, para evitar su uso agropecuario y garantizar su conservación a largo plazo.

➤ *Restauración ecológica bajo el enfoque de rehabilitación*

El presente Plan de Compensación tiene como objetivo alcanzar la restauración ecológica de los ecosistemas impactados, mediante la implementación de estrategias basadas en el enfoque de rehabilitación ecológica. Este enfoque permite restablecer progresivamente la estructura, composición y función ecológica del ecosistema, promoviendo la recuperación de sus atributos funcionales y generando condiciones que favorezcan su resiliencia y regeneración natural a largo plazo.

El enfoque de rehabilitación ecológica, adoptado en este plan, se considera el más adecuado dadas las características de las coberturas presentes en las áreas a compensar, el nivel de degradación identificado y los objetivos planteados para la recuperación funcional del paisaje.

Este enfoque busca restablecer los servicios ecosistémicos clave en los sitios intervenidos, tales como la provisión de hábitat para fauna silvestre, la regulación hídrica, la protección de suelos y la mejora de la conectividad ecológica, sin exigir la restauración completa de la composición original del ecosistema.

Las acciones de rehabilitación se desarrollarán principalmente sobre coberturas transformadas, como pastos arbolados, pastos limpios y pastos enmalezados, así como en ecosistemas seminaturales como la vegetación secundaria, priorizando aquellas áreas con mayor potencial de

recuperación, que cumplen criterios de equivalencia ecosistémica, y que fomenten la conectividad del del paisaje.

La implementación de estas estrategias considerará las siguientes variables clave:

- El grado de transformación y degradación del sitio,
- La resiliencia del ecosistema,
- La presencia de tensionantes o limitantes ambientales (como compactación del suelo, especies invasoras o presión antrópica), y
- La disponibilidad de recursos financieros, técnicos y humanos.

Las estrategias se desarrollarán bajo el enfoque de restauración funcional, lo cual permite combinar intervenciones activas y pasivas según las condiciones de cada sitio. Estas incluirán:

- Aislamiento y control de accesos para favorecer la regeneración natural,
- Enriquecimiento con especies nativas seleccionadas estratégicamente,
- Manejo de especies invasoras o exóticas,
- Educación ambiental y participación comunitaria para asegurar la sostenibilidad de las acciones.

En la **Tabla 12-23** se presentan las principales acciones de compensación incluidas en el plan, organizada por tipo, objetivo, coberturas intervenidas, actividades y criterios clave.

Tabla 12-23 Acciones De Compensación

Tipo de acción	Objetivo principal	Coberturas objetivo	Actividades principales	Criterios clave
Preservación	Proteger ecosistemas naturales y seminaturales con bajo grado de intervención, evitando su deterioro mediante aislamiento y control de presiones antrópicas.	Bosques inundables y bosques de galería	Cerramiento, monitoreo, educación ambiental, vigilancia.	Equivalencia ecosistémica, adicionalidad, permanencia.
Rehabilitación ecológica	Restablecer la funcionalidad ecológica de ecosistemas transformados o degradados, mediante la recuperación progresiva de su estructura, composición y función.	Pastos arbolados, pastos limpios y pastos enmalezados	Aislamiento, enriquecimiento con especies nativas, control de especies invasoras, educación ambiental.	Potencial de recuperación, resiliencia, disponibilidad de recursos y ausencia de limitantes severos.

Fuente: GessiG S.A.S., 2026.

12.11.1.1 Acciones de preservación

A continuación, se presenta una compilación general de las actividades contempladas para la implementación de la acción de preservación, en el marco de las estrategias definidas en el presente Plan de Compensación. Estas acciones estarán orientadas a garantizar la protección física

y funcional de los relictos de vegetación natural o seminatural, contribuyendo a su conservación a largo plazo.

Las actividades incluyen:

- Identificación de remanentes de vegetación natural de porte alto, con base en los criterios de representatividad, singularidad, conectividad ecológica y estado de conservación.
- Verificación cartográfica y de campo de la distribución de las áreas seleccionadas dentro de las unidades prediales propuestas para la implementación de la medida.
- Selección y delimitación de las áreas objeto de preservación, priorizando aquellas con mayor integridad ecológica y vulnerabilidad frente a presiones antrópicas.
- Identificación de los propietarios o poseedores de los predios y gestión para la formulación y suscripción de acuerdos de conservación voluntaria, en los que se definan los compromisos mutuos y mecanismos de implementación.
- Caracterización biofísica y ecológica de las áreas seleccionadas, incluyendo la identificación de presiones actuales, desafíos de conservación, amenazas y oportunidades, así como la elaboración de una línea base de referencia.
- Instalación de cercamientos físicos (postes y alambre de púas o liso) para el aislamiento de las superficies naturales, con el fin de evitar el ingreso de ganado, el tránsito no autorizado y otras presiones antrópicas.
- Señalización de las áreas preservadas, mediante avisos informativos visibles que indiquen el carácter de conservación de las zonas, las restricciones de uso y los objetivos ecológicos del plan. Esta señalización también servirá como herramienta de sensibilización y control social.
- Monitoreo y seguimiento periódico, orientado a evaluar el estado de conservación, la efectividad de las acciones implementadas, y la necesidad de ajustes. Este proceso incluirá recorridos de verificación, monitoreo ecológico de flora y fauna, y mantenimiento del cerramiento.

A continuación, se detallan las actividades de aislamiento y señalización, las cuales serán transversales para las acciones de preservación y restauración ecológica con enfoque de rehabilitación.

12.11.1.1.1 Aislamiento de áreas de compensación

Como parte de las acciones de preservación y restauración ecológica establecidas en el presente Plan de Compensación del Componente Biótico, se contempla la implementación de cercamientos físicos en las áreas naturales y seminaturales priorizadas, así como en las zonas donde se llevarán a cabo actividades de rehabilitación. El propósito de esta medida es reducir o eliminar las presiones antrópicas que comprometen el equilibrio ecológico de estos ecosistemas, tales como el pastoreo, la extracción de productos forestales, el tránsito de personas o ganado y otras formas de uso no compatible con los objetivos de conservación.

Las superficies objeto de preservación y rehabilitación deberán ser identificadas, delimitadas y cercadas en campo, de manera que se garantice su protección y se favorezca la recuperación funcional de sus atributos ecológicos.

Se propone el uso de cercas de postes y alambre galvanizado calibre 12,5, con tres o cuatro líneas, diseñadas para permitir el paso de fauna silvestre de talla pequeña y mediana, pero restringir el acceso de ganado, especialmente en áreas donde predomina la actividad ganadera. Esta medida sigue las recomendaciones de Peña González (2017).

a) Instalación del cercado

- Los postes deberán tener una longitud mínima de 2 metros y un diámetro no menor a 8 cm.
- Se utilizará madera inmunizada proveniente de plantaciones forestales certificadas, garantizando el cumplimiento de la normativa ambiental y evitando el uso de especies nativas sin autorización.
- La distancia de instalación entre postes será de 3 metros, y se incluirá un pie de amigo cada 30 metros para mejorar la estabilidad estructural.
- De acuerdo con la topografía del terreno, se podrá considerar la instalación de templetes adicionales.
- Cada poste se hincará en un hoyo de al menos 0,5 metros de profundidad, con el diámetro mayor hacia abajo. Los postes deberán quedar alineados por el lado en el que se instalará el alambre.
- Se deberá garantizar la correcta alineación y nivelación, así como respetar accesos naturales, senderos y cuerpos de agua.

b) Trazado y ahoyado

- El trazado del cercado se adaptará a la morfología del terreno, con el fin de optimizar los recursos e insumos.
- Se realizará una limpieza inicial del terreno (manual, con machete o guadaña) para facilitar la visibilidad del trazo y la excavación de los hoyos.
- Los ahoyados se ajustarán a la pendiente, orientación y características físicas del terreno.

c) Hincado, templado y grapado

- Una vez ubicados los postes, se procederá con la instalación y templado del alambre, fijándolo mediante grapas galvanizadas.
- La cuerda inferior del alambre se ubicará a una altura suficiente para permitir el paso de la fauna de talla menor.

- Las líneas superiores cumplirán una función disuasiva para prevenir el ingreso de ganado u otras amenazas externas.
- Todo el sistema de cerramiento debe ser resistente a la intemperie y funcional como barrera perimetral sin obstaculizar procesos ecológicos clave como el desplazamiento de fauna silvestre.

Monitoreo y seguimiento:

Durante la fase de seguimiento del plan de compensación, se implementará un protocolo específico para verificar el estado físico y funcional de los cercamientos, mediante las siguientes acciones:

- Recorridos de inspección periódicos, previamente programados y georreferenciados.
- Identificación de puntos críticos donde se haya perdido continuidad o se presenten daños visibles.
- Registro fotográfico y técnico de las afectaciones detectadas.
- Mantenimiento correctivo y preventivo, incluyendo reposición de postes, reemplazo de alambre o reajuste de templado, en coherencia con los lineamientos técnicos definidos para la instalación inicial.

Estas acciones permitirán asegurar la efectividad del aislamiento físico como medida de protección de los ecosistemas compensados, así como su sostenibilidad en el tiempo, conforme a los objetivos ecológicos del presente plan.

12.11.1.1.2 Señalización

La señalización son herramientas fundamentales para la protección, conservación y manejo de las áreas destinadas a la compensación. Estas acciones brindan orientación, información, identificación e interpretación a los actores involucrados, incluidos pobladores, visitantes y otros usuarios que inciden directa o indirectamente en dichas áreas. Además, cumplen un papel disuasivo frente a prácticas no compatibles con los objetivos de conservación.

Como parte de las estrategias de preservación y restauración, se instalarán vallas informativas en las áreas de compensación. Estas permitirán visibilizar el objeto de conservación, las restricciones de uso y los beneficios ambientales del proyecto, promoviendo así la apropiación social del territorio y la vigilancia comunitaria.

Los lineamientos para su instalación se basan en los parámetros técnicos definidos por LOS (2018)¹¹, los cuales se detallan a continuación:

- Rótulo: Elemento visual (letrero o inscripción) mediante el cual se comunica el contenido, objetivo o uso de un área determinada. Los rótulos estarán diseñados para informar sobre las

¹¹ LOS, G. D. L. R. D. N. M. D. A. Y. DE. (2018). "Normas para la rotulación, señalización ambiental y turística en las áreas protegidas del sistema nacional de áreas protegidas SINAP."

actividades de compensación en curso y sensibilizar sobre la importancia ecológica del ecosistema intervenido.

- Panel del rótulo: Superficie frontal del letrero que contendrá la información principal, incluyendo mensajes educativos, mapas esquemáticos, zonificación del proyecto, pictogramas y referencias a beneficios ecológicos o sociales asociados a la compensación.
- Características del panel: Los materiales podrán ser madera, cemento, elementos reciclables u otros materiales locales disponibles en la zona, siempre y cuando garanticen durabilidad. Se recomienda un espesor entre 1.25 cm y 2.2 cm, con dimensiones aproximadas entre 1.60 m y 2.62 m de largo y 1.10 m a 1.50 m de altura.
- Postes de soporte: La madera utilizada deberá provenir de fuentes certificadas o autorizadas por la autoridad ambiental competente. Los postes tendrán una longitud de 371 cm, con 77 cm empotrados en el suelo, reforzados con mortero de 10 cm de altura. La distancia entre el borde inferior del último panel y el suelo deberá oscilar entre 110 cm y 165 cm.
- Ubicación estratégica: Las vallas serán instaladas alrededor de los perímetros aislados, priorizando sitios con alta visibilidad para maximizar su impacto comunicativo. Su distribución responderá a un análisis previo de accesos, puntos de riesgo y uso del entorno, con el fin de disuadir presiones antrópicas y fomentar el respeto por los procesos ecológicos en curso.

Estas estructuras se consideran parte integral del proceso de implementación de medidas de preservación y restauración, especialmente en aquellas áreas donde las acciones de rehabilitación ecológica requieran de protección frente a amenazas externas.

12.11.1.2 Acciones de restauración ecológica con enfoque de rehabilitación ecológica

La rehabilitación ecológica tiene como objetivo recuperar la funcionalidad y productividad ecológica de áreas degradadas, promoviendo la restauración de atributos estructurales y funcionales esenciales para la sostenibilidad de los ecosistemas. Este enfoque permite transformar un sistema alterado, con pérdida significativa de biodiversidad y estructura original, en un ecosistema funcionalmente equivalente, capaz de sostener procesos ecológicos clave, conservar especies nativas y proveer servicios ecosistémicos (MADS, 2015).

En ese sentido, las superficies seleccionadas para llevar a cabo actividades de rehabilitación corresponden a ecosistemas seminaturales intervenidos por diversas actividades humanas (como pastoreo, deforestación o uso agropecuario intensivo), que han generado pérdida parcial o total de sus atributos ecológicos, y ecosistemas transformados. No obstante, estas áreas conservan potencial de recuperación, lo que permite implementar intervenciones que favorezcan la oferta de servicios ecosistémicos, el restablecimiento de especies nativas y la mejora de la conectividad ecológica entre remanentes de vegetación natural.

Estas acciones tienen como fin restablecer la integridad ecológica y garantizar la sostenibilidad a largo plazo de los ecosistemas rehabilitados, facilitando procesos de regeneración natural y promoviendo condiciones adecuadas para el desplazamiento y establecimiento de la fauna y la flora nativa.

Para la implementación de las estrategias de rehabilitación ecológica, se contempla la ejecución de las siguientes actividades mínimas, las cuales serán detalladas técnica y operativamente en los planes específicos de intervención que se elaborarán para cada área compensada:

- Caracterización ecológica de las áreas intervenidas, incluyendo diagnóstico del grado de degradación, análisis del potencial de regeneración natural, tensión antrópica y estado de conectividad.
- Definición de objetivos de restauración por unidad de intervención, de acuerdo con el tipo de cobertura, bioma y grado de transformación.
- Diseño e implementación de medidas de aislamiento (cercado) para reducir presiones externas.
- Preparación del terreno, eliminación selectiva de especies invasoras y manejo de residuos o elementos contaminantes.
- Enriquecimiento vegetal con especies nativas, seleccionadas con base en criterios de funcionalidad, resiliencia y disponibilidad de material vegetal.
- Manejo adaptativo, con monitoreo de indicadores ecológicos y ajustes según resultados obtenidos.

Para las áreas efectivas de compensación (Alcance 1, literal i), ya intervenidas por actividades del proyecto, se proponen intervenciones concretas que serán implementadas de forma inmediata. Estas estrategias podrán ser replicadas y adaptadas en las áreas potenciales de compensación correspondientes al Alcance 1, literal ii, y al Alcance 2, una vez estas áreas entren en proceso de intervención y se elaboren los respectivos planes técnicos específicos.

A continuación, se detallan las estrategias de rehabilitación que se implementarán para la compensación.

12.11.1.2.1 Selección de especies clave

Selección de especies nativas:

La restauración ecológica con enfoque de rehabilitación será efectiva en la medida en que se evalúe correctamente el potencial de regeneración del ecosistema y se seleccionen adecuadamente las especies nativas a utilizar. Esta selección considera tanto el estado de degradación como las condiciones del sitio (climáticas, edáficas, ecológicas).

Para este fin, se adoptó el enfoque de especies marco, el cual consiste en seleccionar entre 20 y 30 especies nativas que, en conjunto, contribuyan a:

- Recuperar procesos ecológicos clave,
- Promover la regeneración natural,

- Proveer sombra y recursos tróficos para la fauna desde etapas tempranas,
- Establecerse con rapidez y tolerar condiciones adversas del sitio.

Este enfoque ha sido validado en experiencias de restauración tropical (Jalonen & Elliott, 2014)¹², y se complementa con recomendaciones desde la biología de la restauración (D'Antonio & Meyerson, 2002)¹³, que sugieren el uso de especies:

- De rápido crecimiento,
- Con alta capacidad de adaptación,
- Que mejoren las condiciones del entorno degradado,
- Y que incluyan una mezcla de especies pioneras, de sucesión intermedia y avanzada.

Los criterios técnicos para la selección de especies, según Calle & Bloomfield (2014)¹⁴, son los siguientes:

- Funciones ecológicas clave: mejorar suelos, controlar erosión, facilitar la regeneración, proveer alimento, actuar como árboles nodriza.
- Adaptabilidad: tolerancia a estrés hídrico, alta radiación solar, características del suelo.
- Disponibilidad: acceso a semillas o plántulas viables para su propagación.

La correcta aplicación de estos criterios garantizará una restauración funcional efectiva, con mayor probabilidad de éxito ecológico y social en las áreas intervenidas como parte del presente plan de compensación.

A continuación, se presenta la lista preliminar de especies clave propuestas para la compensación del componente biótico. La selección de estas especies se fundamenta en tres criterios principales: (i) su disponibilidad en viveros locales o regionales, lo cual facilita su integración en el proceso de implementación; (ii) su presencia registrada en el área de influencia del proyecto y en las zonas priorizadas para la compensación, de acuerdo con los resultados obtenidos en la caracterización florística (ver Capítulo 3.3.2.1. Caracterización del área de influencia – Componente biótico); y (iii) su idoneidad ecológica, es decir, su capacidad para establecerse y desarrollarse exitosamente bajo las condiciones ambientales de la región, contribuyendo a la recuperación funcional del ecosistema.

¹² Jalonen, R., & Elliott, S. (2014). 12.2. Framework species method. GENETIC CONSIDERATIONS IN ECOSYSTEM RESTORATION USING NATIVE TREE SPECIES, 144.

¹³ D'antonio, C. A. R. L. A., & Meyerson, L. A. (2002). Exotic plant species as problems and solutions in ecological restoration: a synthesis. Restoration ecology, 10(4), 703-713

¹⁴ Calle, Z., Bloomfield, G. S., Santamaría, S., Brancalion, P., Ribeiro-Pinto, S., González, G., ... & Estrada, C. (2016). Experiencias de fortalecimiento de capacidades para la restauración ecológica en América Latina. Más allá de la Ecología de la Restauración: Perspectivas Sociales en América Latina y el Caribe, 355-367

Con base en la información obtenida del ecosistema de referencia, se propone una lista preliminar de especies de hábito arbustivo y arbóreo (**Tabla 12-24**), que servirá como guía para la selección inicial en el proceso de diseño técnico del establecimiento forestal. Esta lista no debe considerarse definitiva, sino orientativa, y estará sujeta a evaluación y priorización durante la formulación de los planes específicos de compensación.

La selección final de especies se definirá teniendo en cuenta criterios como las trayectorias sucesionales del ecosistema a restaurar, su estructura ecológica, las metas establecidas para cada unidad de intervención, así como la disponibilidad de material vegetal en viveros locales o regionales.

Tabla 12-24 Lista potencial preliminar de especies clave para restauración

Especie	Familia	Hábito	Gremio ecológico
<i>Centrolobium paraense</i>	Fabaceae	Árbol	Clímax, tolerante a sombra
<i>Clidemia capitellata</i>	Melastomataceae	Arbusto	Pionera
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Bixaceae	Árbol caducifolio	Pionera
<i>Copaifera pubiflora</i>	Fabaceae	Árbol	Clímax, sombra tolerante
<i>Cordia bicolor</i>	Boraginaceae	Árbol	Secundaria temprana
<i>Coussapoa asperifolia</i>	Urticaceae	Árbol	Pionera
<i>Cupania glabra</i>	Sapindaceae	Árbol	Secundaria tardía
<i>Dendropanax arboreus</i>	Araliaceae	Árbol	Secundaria
<i>Didymopanax morototoni</i>	Araliaceae	Árbol	Pionera
<i>Duguetia lepidota</i>	Annonaceae	Árbol	Clímax
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Fabaceae	Árbol	Secundaria temprana
<i>Enterolobium schomburgkii</i>	Fabaceae	Árbol	Secundaria temprana
<i>Erythroxylum macrophyllum</i>	Erythroxylaceae	Arbusto / árbol pequeño	Secundaria
<i>Eugenia florida</i>	Myrtaceae	Árbol	Clímax
<i>Euterpe precatoria</i>	Arecaceae	Palma	Clímax, sombra tolerante
<i>Faramea orinocensis</i>	Rubiaceae	Arbusto	Secundaria
<i>Ficus mathewsii</i>	Moraceae	Árbol	Clímax, sombra tolerante
<i>Ficus maxima</i>	Moraceae	Árbol	Clímax, sombra tolerante
<i>Garcinia madruno</i>	Clusiaceae	Árbol	Clímax
<i>Genipa americana</i>	Rubiaceae	Árbol	Pionera
<i>Inga sp.</i>	Fabaceae	Arbolito	Pionera
<i>Myrcia sp.</i>	Myrtaceae	Árbol	Pionera
<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae	Árbol	Pionera
<i>Vismia baccifera</i>	Hypericaceae	Árbol	Pionera
<i>Vismia tomentosa</i>	Hypericaceae	Árbol	Pionera
<i>Miconia resima</i>	Melastomataceae	Árbol - Arbusto	Pionera, secundaria
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Malvaceae	Árbol	Pionera
<i>Inga edulis</i>	Fabaceae	Árbol	Pionera
<i>Inga psittacorum</i>	Fabaceae	Árbol	Pionera
<i>Inga thibaudiana</i>	Fabaceae	Árbol	Pionera
<i>Jacaranda caucana</i>	Bignoniaceae	Árbol	Pionera, secundaria
<i>Jacaranda copaia</i>	Bignoniaceae	Árbol	Pionera, secundaria

Especie	Familia	Hábito	Gremio ecológico
<i>Bellucia pentamera</i>	Melastomataceae	Árbol	Pionera, secundaria
<i>Cecropia engleriana</i>	Urticaceae	Árbol	Pionera
<i>Cecropia ficifolia</i>	Urticaceae	Árbol	Pionera
<i>Cecropia peltata</i>	Urticaceae	Árbol	Pionera
<i>Samanea saman</i>	Fabaceae	Árbol	Secundaria
<i>Tabebuia rosea</i>	Bignoniaceae	Árbol	Secundaria
<i>Byrsonima crassifolia</i>	Malpighiaceae	Árbol	Secundaria
<i>Calophyllum brasiliense</i>	Calophyllaceae	Árbol	Clímax, sombra tolerante
<i>Caraipa llanorum</i>	Calophyllaceae	Árbol	Secundaria
<i>Caryocar glabrum</i>	Caryocaraceae	Árbol	Secundaria
<i>Casearia silvestris</i>	Salicaceae	Árbol	Secundaria
<i>Cassia moschata</i>	Fabaceae	Árbol	Pionera

Fuente: GessiG S.A.S., 2026

12.11.1.2.2 Diseño de estrategias de restauración con enfoque de rehabilitación

De acuerdo con la caracterización de las coberturas de la tierra presentes en el área de influencia del proyecto, descrita en el numeral *12.8.3 Coberturas de la tierra*, se identificaron aquellas unidades de cobertura que presentan un nivel de transformación o degradación susceptible de ser intervenido mediante estrategias de rehabilitación ecológica.

Las intervenciones de restauración se orientarán específicamente a estas coberturas, priorizando aquellas que, si bien han perdido parte de su funcionalidad ecológica original, aún conservan condiciones que permiten su recuperación. Entre estas se incluyen pastos limpios, pastos arbolados, pastos enmalezados, y vegetación secundaria.

Estas coberturas serán objeto de implementación de medidas que promuevan la recuperación progresiva de los atributos estructurales y funcionales de los ecosistemas, tales como la composición florística, la heterogeneidad vertical y horizontal, la conectividad ecológica, la retención de suelo y la oferta de hábitat para la fauna nativa.

12.11.1.2.3 Nucleación y/o arreglos florísticos

Para el presente Plan de Compensación del Componente Biótico, y en concordancia con los alcances definidos, se propone la implementación de arreglos florísticos y/o núcleos de nucleación orientados al enriquecimiento de las coberturas vegetales existentes. Estas estrategias se enmarcan en un enfoque de rehabilitación ecológica y preservación, priorizando el uso de especies nativas adaptadas a los biomas presentes en el área del proyecto. El objetivo principal es fortalecer la estructura, composición y diversidad florística de los ecosistemas intervenidos, contribuyendo a su resiliencia y funcionalidad ecológica.

Adicionalmente, esta estrategia permitirá intervenir zonas clave para la conectividad ecológica, mediante la creación de corredores ecológicos en áreas estratégicas identificadas en el estudio de conectividad estructural y funcional realizado como parte de la modificación de la licencia

ambiental. Estas intervenciones contribuirán a mejorar la continuidad del paisaje y facilitar el desplazamiento de especies, especialmente aquellas con requerimientos específicos de hábitat.

La selección de especies se ha basado en su disponibilidad local, presencia en el ecosistema de referencia y valor ecológico, considerando aspectos como su papel en procesos sucesionales, la provisión de hábitat y alimento para fauna, y su capacidad de adaptación a condiciones locales. La presenta un listado preliminar de especies sugeridas, el cual será ajustado en la etapa de diseño técnico, teniendo en cuenta la disponibilidad en vivero, así como las condiciones edáficas y climáticas de cada sitio.

Los arreglos florísticos se establecerán conforme al tipo de cobertura existente en las áreas de intervención, asegurando su adaptabilidad a las condiciones biofísicas específicas de cada predio. Se recomienda emplear diseños hexagonales u ovalados, aunque estos podrán ajustarse en campo en función de las características topográficas, espaciales y operativas de cada sitio. La implementación de estos arreglos busca:

- Promover una mayor diversidad estructural y funcional.
- Favorecer la interacción entre individuos vegetales y procesos ecológicos naturales.
- Generar sombra temprana para el control de especies invasoras.
- Facilitar la regeneración natural y acelerar procesos sucesionales.

Las especies seleccionadas serán organizadas en núcleos de siembra distribuidos de forma estratégica y alternada, con el objetivo de maximizar la diversidad florística, favorecer la interacción funcional entre especies, promover el soporte mutuo entre individuos y asegurar una cobertura eficiente del espacio intervenido. Esta disposición también contribuirá a reducir la competencia con especies invasoras o no deseadas, facilitando un establecimiento exitoso y acelerando los procesos de sucesión ecológica.

El diseño de los núcleos florísticos será una adaptación de la propuesta metodológica de Sachún (2016), y contempla la clasificación de las especies en tres grupos funcionales, según su rol ecológico, gremio sucesional y características morfofisiológicas, como se describe a continuación:

- Grupo 1 – Heliófitas efímeras o pioneras:

Especies de rápido crecimiento, con copas amplias y alta capacidad de colonización. Estas especies pertenecen al gremio de las heliófitas efímeras (Finegan, 1996) y se ubican en el centro del núcleo, donde su crecimiento acelerado permite generar sombra, regular la humedad y crear microhábitats que faciliten el establecimiento de especies más exigentes en cuanto a condiciones edáficas y de luz.

- Grupo 2 – Hemiesciófitas o secundarias parciales:

Comprende especies adaptadas a condiciones de sombra parcial o sucesión intermedia, clasificadas como hemiesciófitas (Finegan, 1996). Se priorizarán especies nativas con importancia ecológica, incluyendo aquellas en estado de amenaza o de interés para la

conservación, aunque no hayan sido registradas en la caracterización florística del área de intervención.

- Grupo 3 – Heliófitas durables (especies clímax):

Este grupo incluye especies propias de etapas sucesionales avanzadas, con tasas de crecimiento más lentas, pero con funciones clave en la dinámica del ecosistema, como el enriquecimiento del suelo mediante la fijación de nitrógeno o el reciclaje de materia orgánica. Su inclusión refuerza la estabilidad del sistema ecológico y complementa las funciones del grupo 2.

Cada núcleo estará compuesto por:

- Cuatro individuos del grupo 2, plantados en disposición circular a 2,5 metros entre sí.
- Un individuo del grupo 1 ubicado en el centro del círculo.
- Alrededor del perímetro del núcleo, se plantarán individuos del grupo 3, con una distancia de separación acorde con sus requerimientos espaciales, buscando una composición heterogénea por gremio.

Estos núcleos serán replicados con una separación aproximada de 10 metros entre sí, permitiendo cobertura progresiva del área a rehabilitar. La variabilidad en la selección de especies por núcleo garantizará una mayor heterogeneidad estructural y funcional en el sitio de intervención.

En la **Figura 12-16** se presenta el esquema gráfico del diseño de los núcleos de plantación propuestos para ser replicados en el área objeto de rehabilitación ecológica.

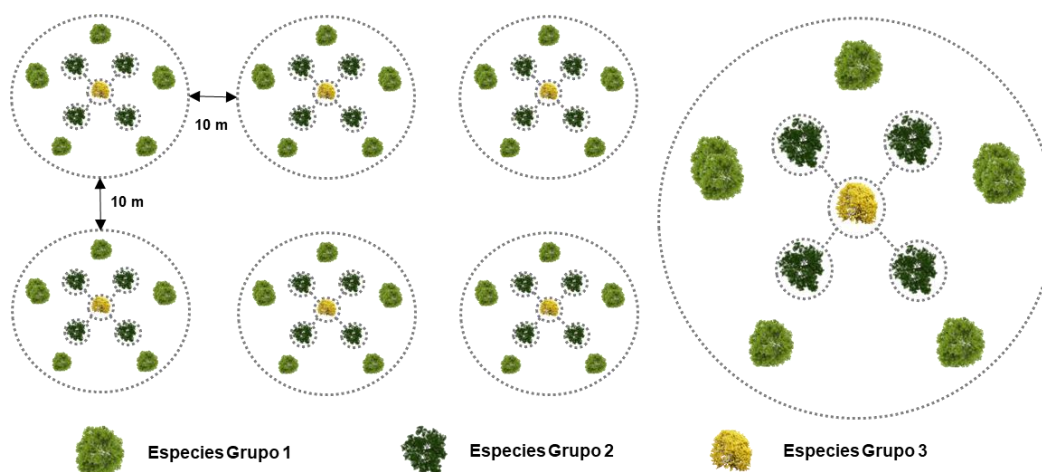


Figura 12-16 Diseño para implementar estrategia de nucleación

Fuente: GessiG S.A.S., 2026.

Se proyecta un establecimiento de mínimo 15 núcleos por ha, para un total de 150 individuos, sin embargo, la densidad final será definida al momento de conocer las áreas donde se realizará la implementación.

12.11.1.2.4 Ampliación de borde

Como estrategia complementaria a las acciones de restauración ecológica y en búsqueda de favorecer los procesos de sucesión natural, se implementará el manejo ecológico de bordes mediante la delimitación y enriquecimiento de franjas adyacentes a relictos de vegetación natural. Esta medida busca ampliar las áreas de protección y reducir los efectos de borde, priorizando aquellas zonas marginales o franjas protectoras actualmente desprovistas de cobertura vegetal densa o continua.

La estrategia consiste en establecer núcleos de siembra en bordes de parches boscosos, con el objetivo de incrementar progresivamente el área boscosa, mejorar su estructura vertical y horizontal, y crear condiciones que favorezcan la regeneración natural y el movimiento de fauna entre fragmentos. Esta acción también contribuirá a la conformación de corredores ecológicos y al fortalecimiento de la conectividad estructural y funcional del paisaje.

De acuerdo con la **Tabla 12-24** que presenta el listado preliminar de especies potenciales clave para procesos de restauración con enfoque de rehabilitación, se priorizarán aquellas especies de crecimiento rápido, preferiblemente de estratos pioneros e intermedios, capaces de establecerse en condiciones de borde y facilitar la sucesión hacia estados de mayor madurez ecológica.

Esta estrategia se aplicará sobre coberturas vegetales con alta relación borde-núcleo, particularmente en vegetación secundaria y bosques de galería, hábitats que presentan formas alargadas y están más expuestos a presiones externas. Su implementación se integrará de manera articulada con las configuraciones de arreglos florísticos, reforzando los procesos de rehabilitación y conservación.

Para esta estrategia, se propone el establecimiento de módulos rectangulares de siembra de 50 m² (ver **Figura 12-17**), separados cada 5 m, con una densidad por hectárea de 133 módulos, con 2.261 individuos/ha, con las siguientes especificaciones técnicas:

- Especies por módulo: 5 especies arbóreas.
- Número total de individuos por módulo: 17 plántulas.
- Distancia entre individuos: 2 metros.
- Número de líneas de siembra: 3.
- Disposición de los módulos: paralela al borde de los parches priorizados, adaptándose a su longitud y forma.

Estos módulos serán replicados de forma secuencial según las dimensiones de los bordes seleccionados y las condiciones ecológicas del sitio. La selección de especies se mantendrá

constante entre módulos para asegurar homogeneidad estructural y facilitar la evaluación del desempeño de la estrategia a lo largo del tiempo.

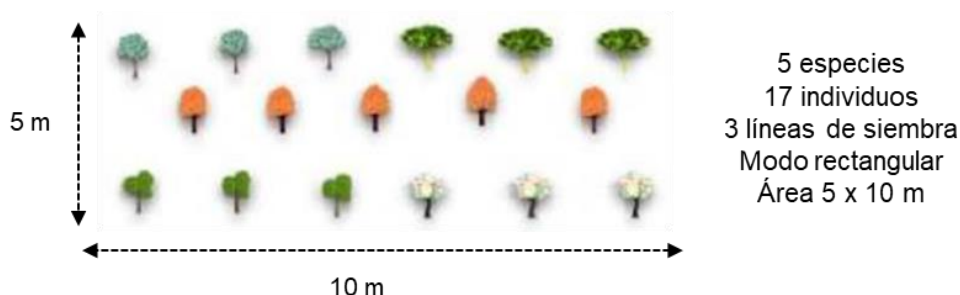


Figura 12-17 Diseño para implementar estrategia de ampliaciones de borde

Fuente: Adaptado de Torres-Rodríguez, et al. (2019).

12.11.1.3 Aspectos relevantes sobre las acciones de compensación

Una vez aprobado el presente Plan de Compensación del Componente Biótico, se procederá a su implementación conforme a los lineamientos establecidos para cada uno de los alcances definidos. Para el Alcance 1, literal i, correspondiente a las áreas efectivamente intervenidas, la ejecución de las acciones de compensación se realizará de manera inmediata, siguiendo las disposiciones técnicas descritas en el presente documento. Estas actividades incluirán la delimitación, aislamiento, restauración y preservación ecológica de las áreas identificadas, con base en las estrategias y metas formuladas.

Por su parte, para el Alcance 1, literal ii, y el Alcance 2, cuyas áreas aún no han sido intervenidas, la implementación de las acciones de compensación estará sujeta a la formulación y aprobación de los respectivos Planes de Compensación Específicos. Estos planes detallarán, para cada caso, los aspectos técnicos y operativos necesarios para su ejecución, tales como:

- Levantamiento de la línea base de los predios seleccionados.
- Diagnóstico de condiciones fisiográficas, ecológicas y sociales.
- Selección definitiva de predios y áreas de intervención.
- Definición de especies nativas y su distribución espacial.
- Diseño técnico del marco de plantación o nucleación ecológica.
- Programación de actividades de mantenimiento, monitoreo y seguimiento.

La formulación de estos planes específicos permitirá ajustar y optimizar las medidas de compensación propuestas, en función de las características reales del terreno y de las condiciones ambientales y sociales del contexto en el momento de su ejecución, garantizando así la efectividad y sostenibilidad de las acciones. No obstante, lo planteado en el presente plan para el Alcance 1, literal i, se podrá replicar para los demás alcances.

12.11.2 Síntesis de propuesta de compensación

En el marco del presente Plan de Compensación del Componente Biótico, se plantean diversas áreas de intervención orientadas a dar cumplimiento a los alcances definidos para el proyecto, mediante estrategias diferenciadas de restauración con enfoque de rehabilitación y de preservación, según el tipo de cobertura vegetal y el estado de conservación de los ecosistemas presentes en las zonas priorizadas.

Estas propuestas tienen como objetivos principales:

- Rehabilitar y preservar ecosistemas de alto valor ecológico.
- Mitigar los impactos residuales ocasionados por las actividades del proyecto.
- Potenciar la conectividad ecológica a escala local y regional.
- Mejorar la disponibilidad y calidad del hábitat para la fauna silvestre.
- Asegurar la sostenibilidad ecológica y funcional del territorio intervenido en el largo plazo.

Las áreas seleccionadas para la compensación han sido definidas a partir del análisis integrado de factores como: el estado actual de las coberturas vegetales, la existencia de ecosistemas equivalentes al impactado y el grado de transformación del paisaje. Esta selección técnica responde a los lineamientos establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (MADS, 2018), garantizando la coherencia normativa y ecológica de las acciones planteadas.

Se identificaron y priorizaron varios polígonos con alta potencialidad para la implementación de las medidas de compensación. En la **Tabla 12-25** se presentan las áreas (polígonos) seleccionadas para las acciones de **restauración con enfoque de rehabilitación**, y en la **Tabla 12-26** se detallan las áreas destinadas a las acciones de **preservación**. La priorización de estos polígonos consideró criterios como la viabilidad de acceso, la disposición de los propietarios, la conectividad con otras zonas de conservación y el cumplimiento de los principios de equivalencia ecosistémica. Las condiciones prediales asociadas a estos polígonos se describen en el ítem 12.10.5 Caracterización área final de compensación.

Se aclara que, para el presente plan, se ha definido una bolsa ampliada de áreas potenciales de intervención dentro del área de influencia físico biótica (ver **Figura 12-18, Tabla 12-25 y Tabla 12-26**), con el propósito de contar con una mayor flexibilidad en la selección final de los sitios a compensar. Esta estrategia busca garantizar la disponibilidad de áreas que cumplan con los objetivos técnicos y ecológicos del plan, y, al mismo tiempo, mitigar riesgos asociados a factores sociales, prediales, operativos o logísticos que puedan surgir durante la fase de implementación.

Tabla 12-25 Áreas propuestas con potencialidad alta para las acciones de rehabilitación

Acción	cobertura	Ecosistema	Área
Rehabilitación	Pastos arbolados	Pastos arbolados del Helobioma Altillanura	65.92

Acción	cobertura	Ecosistema	Área
		Pastos arbolados del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	283.36
	Pastos enmalezados	Pastos enmalezados del Helobioma Altillanura	46.83
		Pastos enmalezados del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	99.12
	Pastos limpios	Pastos limpios del Helobioma Altillanura	1383.25
		Pastos limpios del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	2786.98
Total			4665.46

Fuente: GessiG S.A.S., 2026.

Tabla 12-26 Áreas propuestas con potencialidad alta para las acciones de preservación

Acción	cobertura	Ecosistema	Área
Preservación	Bosque de galería	Bosque de galería del Helobioma Altillanura	360.84
		Bosque de galería del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	1.02
	Bosque denso alto inundable	Bosque denso alto inundable del Helobioma Altillanura	2480.28
		Bosque denso alto inundable del Zonobioma húmedo tropical Altillanura	201.97
Total			3044.12

Fuente: GessiG S.A.S., 2026.

Fuente: GessiG S.A.S., 2026.

A continuación, en la **Figura 12-18** y en el Anexo 10.1_GDB (Compensacion), se presenta la propuesta de compensación asociada a los alcances definidos en el presente Plan, en la cual se destacan espacialmente las áreas seleccionadas para la implementación de las acciones compensatorias. Esta figura permite visualizar la distribución geográfica de las zonas propuestas para la compensación, diferenciadas según el tipo de acción, preservación o rehabilitación.

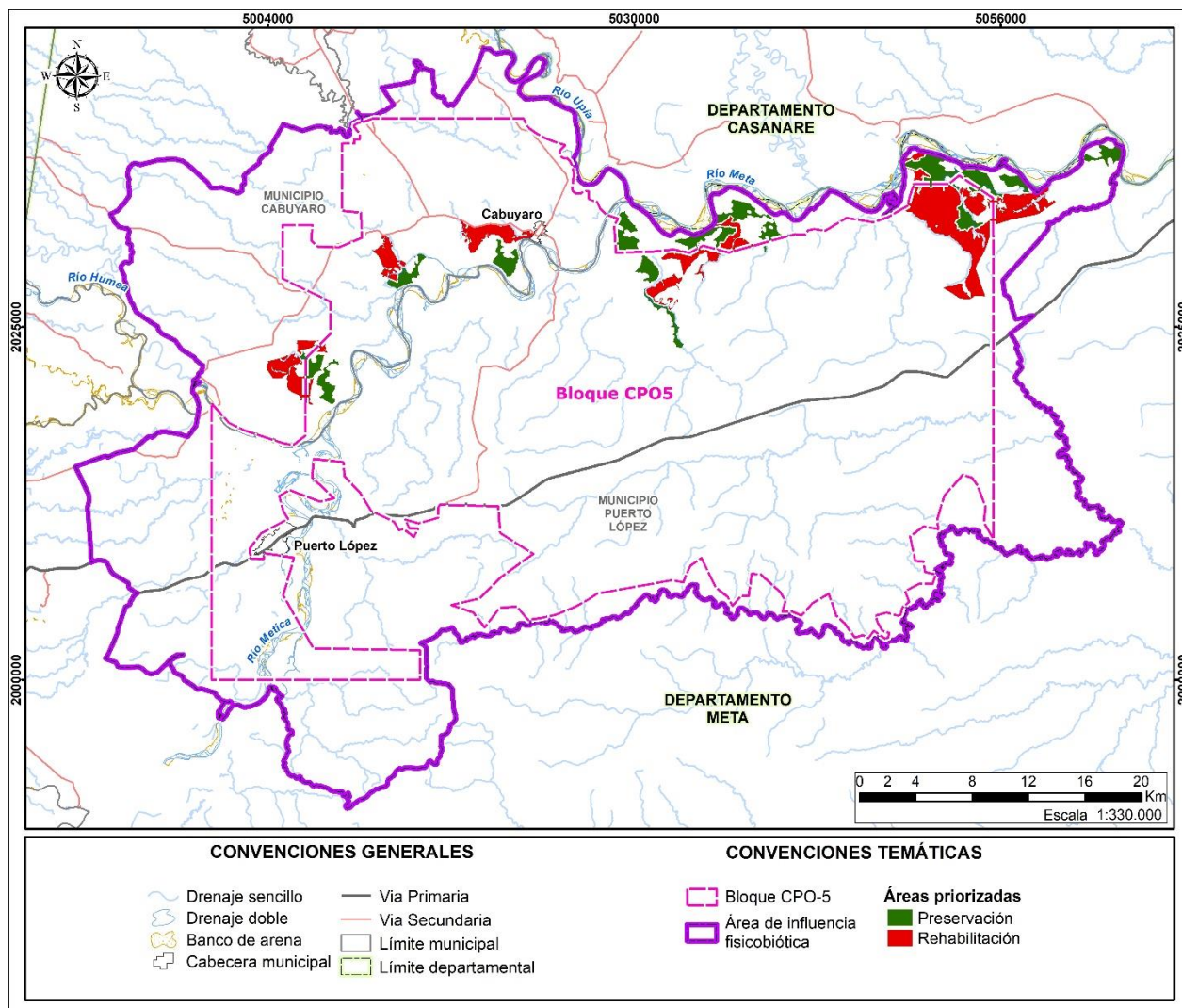


Figura 12-18 Síntesis de acciones de compensación del plan de compensación del componente biótico del proyecto Bloque CPO-5

Fuente: GessiG S.A.S., 2026

12.11.3 Modo de compensación

El establecimiento de cualquier mecanismo de compensación será suscrito entre el titular del plan de compensación y el responsable o administrador del mecanismo seleccionado. Dichos acuerdos deberán establecer de forma clara los términos y condiciones en que se implementarán las acciones a realizar, mediante la realización de contrato civil.

Teniendo en cuenta lo anterior, los modos de compensación aplicables a los planes de compensación según el Manual de compensaciones del componente biótico (MADS, 2018) son los siguientes:

Acuerdos de conservación, que incluyen incentivos a la conservación y limitaciones de uso de los ecosistemas, así como sanciones y otros aspectos acordados entre las partes (MADS 2018).

Servidumbres ecológicas, que constituyen acuerdos formales en donde se acepta limitar el uso de una parte o la totalidad de su predio a favor de cualquier persona natural o jurídica para los fines de conservación y protección de los recursos (MADS 2018).

Pagos por servicios ambientales – PSA, que representa el incentivo económico en dinero o en especie que reconocen los interesados de los servicios ambientales a los propietarios y poseedores de buena fe por las acciones de preservación y restauración en áreas y ecosistemas estratégicos, mediante la celebración de acuerdos voluntarios entre los interesados y beneficiarios de los servicios ambientales (MADS 2018).

12.11.3.1 Propuesta de modo de compensación

Considerando las alternativas previamente descritas para las áreas potenciales de compensación, se identifican diversas posibilidades de implementación, adaptables a las condiciones biofísicas, sociales y jurídicas del territorio. Estas opciones deberán ser validadas y ajustadas mediante procesos de concertación directa con los propietarios, comunidades o actores involucrados, garantizando la incorporación de sus intereses y expectativas en el diseño y ejecución de las acciones de compensación.

Una vez aprobada la propuesta por parte de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), se iniciará el proceso de concertación formal con los propietarios, con el objetivo de definir el modo de implementación de las medidas compensatorias. No obstante, desde un enfoque técnico, social y operativo, se propone enfocar el presente plan en acuerdos de conservación y en esquemas de pago por servicios ambientales (PSA) como los mecanismos prioritarios para viabilizar la compensación biótica.

➤ Acuerdos de conservación

Los acuerdos de conservación son instrumentos jurídicos de carácter voluntario, celebrados entre personas naturales, comunidades organizadas o instituciones públicas o privadas, que buscan promover la conservación, el uso sostenible y el manejo responsable de los recursos naturales. Estas acciones se desarrollan bajo principios de sostenibilidad, corresponsabilidad y gobernanza territorial.

Cada acuerdo será formalizado mediante un contrato de derecho privado que establecerá con claridad:

- Los compromisos de conservación asumidos por las partes.
- Las restricciones en el uso del suelo y de los ecosistemas.
- Los incentivos económicos, técnicos o materiales que se otorgarán como contraprestación.
- Los mecanismos de seguimiento, verificación, y las sanciones en caso de incumplimiento.

La implementación de estos acuerdos permitirá al operador del proyecto formalizar las acciones de preservación y restauración con enfoque de rehabilitación en predios privados, con el consentimiento y participación de sus propietarios. Como resultado, se espera mitigar los principales riesgos que comprometen los ecosistemas, fortalecer la conectividad ecológica y promover cambios sostenibles en las prácticas de uso del suelo.

El modelo de acuerdo de conservación proyectado se encuentra en el **Anexo 9.4_Modelo_Acuerdo_Conservación**

➤ *Pago por servicios ambientales (PSA)*

El pago por servicios ambientales (PSA) es un instrumento económico voluntario que consiste en la entrega de incentivos en dinero o en especie a propietarios, poseedores u ocupantes legales, a cambio de su compromiso con la conservación, restauración y mantenimiento de ecosistemas estratégicos. Estos acuerdos se establecen entre quienes se benefician de los servicios ecosistémicos (como agua, regulación climática o biodiversidad) y quienes los proveen mediante acciones de manejo y protección ambiental.

La implementación del esquema PSA en el marco de este plan se desarrollará conforme a los lineamientos establecidos por el Decreto 1007 de 2018, específicamente el Artículo 2.2.9.8.2.5. Estimación del valor del incentivo de PSA, el cual orienta la determinación del costo de oportunidad y la definición del monto de compensación a otorgar.

Estos mecanismos permitirán avanzar de forma efectiva en la ejecución de las medidas compensatorias, reconociendo el papel activo de las comunidades locales en la conservación de la biodiversidad y asegurando la sostenibilidad de las acciones en el tiempo.

A continuación, se describen las actividades a desarrollar para la implementación del pago por servicios ambientales.

✓ *Costo de Oportunidad*

El costo de oportunidad se refiere al valor que debe reconocerse a las personas o comunidades vinculadas al proyecto, como contraprestación por cesar de forma total o parcial las prácticas que generan afectaciones a los recursos naturales. Este valor refleja los beneficios asociados a los servicios ecosistémicos que se perderían si no se implementaran medidas de conservación.

La determinación del costo de oportunidad debe ser un proceso participativo y transparente, divulgándose claramente con los propietarios de los predios o comunidades involucradas. Su propósito es evidenciar que, a largo plazo, la pérdida de recursos y servicios ecosistémicos resulta más costosa que mantener prácticas productivas insostenibles que degradan el ambiente.

Desde esta perspectiva, el costo de oportunidad representa la diferencia entre los beneficios que ofrece la conservación de los ecosistemas (como la provisión de agua, regulación climática, biodiversidad), frente a los beneficios que se generarían por usos alternativos del suelo, como la agricultura extensiva, la ganadería o el aprovechamiento forestal no sostenible (Malky, Leguía & Ledezma, 2012).

La metodología para calcular el costo de oportunidad deberá considerar, como mínimo, los siguientes aspectos:

- Características productivas: tipo de actividades que se realizan (agrícolas, ganaderas, forestales, etc.), su escala, los actores involucrados y las condiciones biofísicas y socioeconómicas bajo las cuales se desarrollan.
- Enfoque espacial: contexto geográfico, demográfico, físico, institucional y económico de la región, que influye en la viabilidad y sostenibilidad de las actividades productivas.
- Temporalidad: reconocimiento de que los procesos productivos varían en el tiempo. Es necesario diferenciar entre cultivos transitorios y permanentes, así como identificar las trayectorias o secuencias de uso del suelo aplicadas por los diferentes actores en el territorio.

Con base en los criterios anteriores, se deben adelantar las siguientes actividades:

1. Caracterización de estructuras de costos e ingresos: identificar los costos operativos y los ingresos generados por cada actividad productiva que se desarrolla en las áreas objetivo.
2. Identificación de trayectorias productivas: establecer cómo ha sido históricamente el uso del suelo en el área, con el fin de estimar su valor económico futuro si no se implementa la compensación.
3. Cálculo del valor económico de los usos alternativos: determinar cuánto se deja de ganar por renunciar a estas prácticas productivas.
4. Estimación del costo de oportunidad asociado a la deforestación evitada: establecer cuánto cuesta evitar que un ecosistema sea transformado o degradado.
5. Análisis e interpretación espacial: utilizar herramientas SIG para representar geográficamente las áreas, usos y beneficios comparativos.

La **Figura 12-19** presenta un ejemplo ilustrativo de cómo se estructuran los ingresos según el tipo de actividad productiva (agricultura, ganadería, sistemas forestales y agroforestales), lo que permite visualizar con mayor claridad la diferencia de beneficios entre prácticas extractivas y conservacionistas.

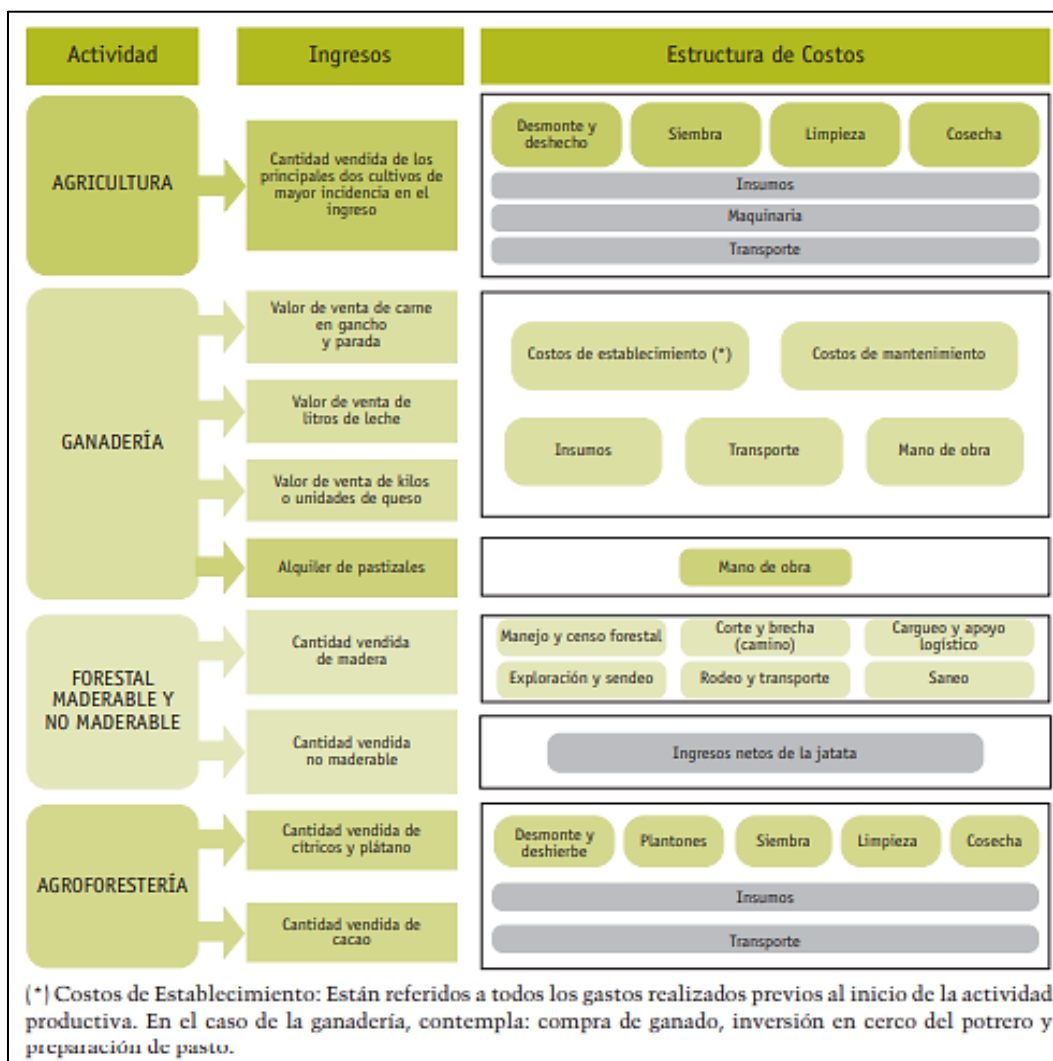


Figura 12-19 Ejemplo de estructura de costos para el cálculo del costo de oportunidad.

Fuente: (Malky, Leguía, & Ledezma, 2012)

✓ Proceso de concertación

En esta fase se identificarán de manera clara los actores involucrados en la formulación y suscripción de los acuerdos de conservación o acuerdos de pagos por servicios ambientales (PSA), así como sus respectivos roles, responsabilidades, derechos y beneficios. La concertación culminará con la firma del acuerdo, instrumento que formaliza los compromisos adquiridos por las partes.

Durante esta etapa, también se establecerán las condiciones de la compensación, definiendo si el incentivo será entregado en dinero o en especie. En caso de optar por incentivos no monetarios, estos deberán estar ligados a actividades de uso sostenible previamente acordadas, tales como asistencia técnica, dotaciones, o apoyo a prácticas agroecológicas. No obstante, para el presente

plan, se estima que la modalidad principal será el pago monetario anual al propietario, sujeto al cumplimiento de las acciones pactadas.

La **Tabla 12-27**, presenta un ejemplo ilustrativo de concertación, señalando los principales actores y su participación en un esquema de Pago por Servicios Ambientales (PSA):

Tabla 12-27 Ejemplo de caso de concertación para la implementación de PSA

Actor	Responsabilidades	Derechos o beneficios
Propietarios	Ejecución directa de acciones de restauración (reforestación, revegetalización natural, cercado, etc.).	Si son propietarios, reciben un incentivo económico.
	Si son arrendadores, el esquema debe ajustarse en concertación con los arrendatarios u otras partes.	En caso de arriendo, se buscan acuerdos adaptados o esquemas alternativos de compensación.
Juntas administradoras de agua	Pago voluntario para financiar medidas de conservación en la microcuenca.	Mejoramiento en la calidad y cantidad del recurso hídrico.
Alcaldía de Cabuyaro	Respaldo la viabilidad jurídica y la credibilidad del proceso.	Contribución al cumplimiento de los objetivos municipales de prestación de servicios públicos.

Fuente: Borda y Moreno (2010)

✓ *Elaboración y firma de acuerdos*

Con base en el costo de oportunidad determinado y la modalidad de pago acordada (en dinero o en especie), se procederá a la elaboración del acuerdo de conservación. Este documento deberá ser suscrito por las partes involucradas e incluir, como mínimo, los elementos establecidos en el N2_Modelo_Acuerdo_Conservación.

El acuerdo deberá contemplar cláusulas sobre:

- Compromisos y actividades de conservación específicas.
- Duración del acuerdo y frecuencia del seguimiento.
- Mecanismos de verificación y cumplimiento.
- Incentivos pactados y condiciones de entrega.
- Causales de terminación y sanciones en caso de incumplimiento.

Este instrumento será clave para la implementación formal del Plan de Compensación del Componente Biótico, garantizando la corresponsabilidad, trazabilidad y sostenibilidad de las medidas de conservación y restauración implementadas en campo.

12.11.4 Mecanismos de compensación

Según lo estipulado en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (MADS, 2018), los mecanismos de compensación que se pueden utilizar son los siguientes:

Compensaciones directas: Acciones y actividades de compensación ejecutadas directamente por el usuario responsable del plan de compensación (MADS, 2018).

Compensaciones a través de operadores: Las acciones y actividades ejecutadas bajo esta modalidad están fundamentadas en la entrega de bienes a terceros, para que sean estos quienes se encarguen de la administración y/o ejecución de determinadas actividades. En este sentido, el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (2018) sugiere los siguientes mecanismos:

Encargo Fiduciario: Constituir encargos fiduciarios para el manejo de recursos y desembolsos a un operador como: ONGs, comunidades organizadas, universidades, entre otros.

Fondos ambientales: Convenios o contratos con fondos públicos o privados, esquemas de manejo de recursos con destinación específica, entre otros, que garanticen el diseño, implementación y monitoreo del plan de compensación, de acuerdo con los mecanismos legalmente establecidos.

Bancos de hábitat: Corresponde a un área en la que se podrán realizar actividades de preservación, restauración, rehabilitación, recuperación y/o uso sostenible para la conservación de la biodiversidad.

Bosques de paz: Es un modelo de gestión sostenible de los territorios, que busca integrar la conservación de la biodiversidad, con proyectos productivos en beneficio de las comunidades organizadas constituyéndose en monumento vivo de paz y memoria histórica de la terminación del conflicto y la construcción de una paz estable y duradera.

12.11.4.1 Propuesta de mecanismos de compensación

En cuanto a los mecanismos de implementación, y en cumplimiento de las directrices establecidas en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (MADS, 2018), la empresa propone adoptar el mecanismo de compensación directa como modalidad principal para la ejecución del presente Plan de Compensación.

Bajo este enfoque, el titular del proyecto será responsable de llevar a cabo directamente todas las acciones asociadas al proceso compensatorio, sin delegación a terceros. Esto incluye:

- La ejecución en campo de las acciones de preservación y restauración ecológica.
- La gestión técnica y operativa de las intervenciones planificadas.
- Las actividades de mantenimiento y seguimiento ambiental, conforme a los indicadores de desempeño definidos para el plan.
- La implementación de los mecanismos de verificación, asegurando el cumplimiento de metas y objetivos establecidos.

Este mecanismo permite un mayor control sobre la calidad, oportunidad y efectividad de las acciones ejecutadas, garantizando la trazabilidad del proceso y la alineación con los objetivos de

conservación definidos en el plan. Así mismo, fortalece la corresponsabilidad del operador frente al cumplimiento de los compromisos ambientales adquiridos en el marco de la licencia vigente y su modificación.

12.11.5 Formas de compensación

De acuerdo con lo establecido en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (MADS, 2018), las compensaciones ambientales pueden implementarse bajo dos formas principales: individual y agrupada, dependiendo del alcance, naturaleza y ubicación de los impactos a compensar.

- **Forma individual:** Corresponde a planes de compensación desarrollados para atender los impactos específicos generados por un solo proyecto, obra o actividad. En este caso, todas las acciones de compensación se diseñan e implementan de forma exclusiva para dicho proyecto, garantizando la trazabilidad y la proporcionalidad de las medidas frente a los impactos residuales identificados (MADS, 2018).
- **Forma agrupada:** Esta alternativa permite articular las compensaciones de distintos proyectos o actividades que se desarrollan en una misma región o área geográfica. A través de esta integración, se busca agregar espacialmente las acciones compensatorias, con el propósito de maximizar los beneficios ecológicos, sociales y económicos, así como favorecer una mayor efectividad en la conservación del territorio (MADS, 2018). Esta modalidad también puede asociarse a otras inversiones ambientales, como la inversión forzosa del 1 % o las inversiones voluntarias, generando sinergias en la ejecución de medidas ambientales complementarias.

12.11.5.1 Propuesta de forma de compensación

En el marco del presente Plan de Compensación del Componente Biótico del proyecto Bloque CPO-5, se ha adoptado la forma de compensación aislada, dado que en este documento no se integran las obligaciones derivadas de la licencia ambiental otorgada mediante la Resolución 600 de 2012, si no por el contrario, únicamente las obligaciones que se generen como resultado de la modificación en el presente trámite.

12.12 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Una vez implementadas las acciones de preservación y rehabilitación ecológica en las áreas equivalentes definidas dentro del área del proyecto, es fundamental garantizar la supervivencia, el crecimiento y la adaptación adecuada de los individuos vegetales establecidos. En este sentido, el presente Programa de Mantenimiento se formula con el objetivo de asegurar el éxito ecológico del Plan de Compensación del Componente Biótico por pérdida de biodiversidad, asociado a los diferentes alcances del presente plan en el marco del proyecto Bloque CPO-5.

El programa de mantenimiento comprende un conjunto de actividades técnicas orientadas a conservar las condiciones óptimas para el desarrollo de las especies vegetales establecidas. Estas labores permiten controlar la competencia vegetal, facilitar el desarrollo de estructuras radiculares

y aéreas sanas, y reducir el riesgo de afectación por plagas, enfermedades o condiciones climáticas adversas, contribuyendo al mantenimiento del estado fitosanitario de las plantaciones.

Las actividades contempladas en este programa incluyen:

- Limpieza del terreno: eliminación manual o mecánica de material vegetal no deseado alrededor de los individuos plantados, con el fin de minimizar la competencia por recursos.
- Replanteo: verificación y, en caso necesario, corrección de la ubicación de las plantas, asegurando su correcta alineación y distanciamiento dentro del diseño de plantación.
- Fertilización: aplicación de insumos nutricionales, orgánicos o químicos, en función de los requerimientos del suelo y las especies establecidas, para promover un desarrollo vigoroso.
- Reposición de individuos: en caso de mortalidad superior al umbral permitido, se realizará la resiembra de plántulas con características equivalentes.
- Mantenimiento de cercos y aislamientos: inspección y reparación de cerramientos perimetrales implementados como medida de protección frente a factores de perturbación externa.
- Control sanitario: monitoreo y atención de afectaciones fitosanitarias mediante protocolos de control integrado de plagas y enfermedades.

Este programa será ejecutado con una periodicidad definida según las condiciones ecológicas del sitio y la fase de establecimiento de la plantación, y se ajustará con base en los resultados del seguimiento y monitoreo que se realicen sobre el estado de los ecosistemas compensados.

12.12.1 Preparación de terreno y establecimiento forestal

Previo a la siembra de individuos dentro de los arreglos florísticos propuestos como medida de compensación del componente biótico por pérdida de biodiversidad, se deben llevar a cabo actividades de preparación del terreno que garanticen condiciones óptimas para el establecimiento, crecimiento y supervivencia de las plántulas. Estas labores aseguran una adecuada adaptación al sitio y fomentan el desarrollo de los atributos funcionales del ecosistema.

➤ Trazado

El trazado consiste en la demarcación precisa de los puntos donde se realizará el ahoyado, en función de los diseños establecidos para los arreglos florísticos. Se utilizará hilo, palón o azadón para marcar los hoyos y delinear los platos. Siempre que sea posible, el trazado seguirá una orientación este-oeste (E-W) para optimizar la exposición solar. Este procedimiento deberá tener en cuenta las condiciones topográficas del terreno y su vegetación actual, verificando en campo la adaptabilidad del diseño al sitio seleccionado.

➤ Plateo

El plateo corresponde a la eliminación de vegetación competitiva en torno al punto de siembra. Su finalidad es mejorar la infiltración de agua, aire y nutrientes, y reducir la competencia por

recursos. Se realizará manualmente con azadón, palín o guadaña, eliminando pasto, rastrojo o maleza en un área de entre 60 cm y 80 cm de diámetro alrededor del punto de siembra.

➤ *Ahoyado*

Consiste en abrir hoyos circulares de dimensiones adecuadas para facilitar el desarrollo radicular de las plántulas. Dependiendo de la textura del suelo y el tamaño de la bolsa, los hoyos deberán tener dimensiones mínimas de 30x30x30 cm o 40x40x40 cm. Esta actividad mejora la textura del suelo, reduce su compactación y favorece la adaptación inicial de la plántula.

➤ *Aplicación de enmiendas*

Las enmiendas orgánicas serán aplicadas para mejorar la fertilidad del suelo, aumentar la retención de humedad y mejorar su estructura. Se utilizarán abonos orgánicos, tales como compost, humus de lombriz o estiércoles previamente compostados, preferentemente definidos a partir de los resultados de análisis de suelo. Estas enmiendas se aplicarán manualmente en el fondo del hoyo, distribuyéndolas uniformemente.

➤ *Siembra*

La siembra consiste en colocar las plántulas en su sitio definitivo, retirando cuidadosamente la bolsa plástica del cepellón. La raíz debe quedar bien orientada y compactada dentro del hoyo. Se realizará una fertilización de arranque exclusivamente con abonos orgánicos y se aplicará un hidrotretenedor en el fondo del hoyo (dosis de 5 g/planta), para favorecer la disponibilidad de agua durante la fase inicial de establecimiento. Las plántulas utilizadas deben ser de especies nativas, vigorosas, libres de plagas y enfermedades, y con una altura mínima de 80 cm.

12.12.2 Mantenimiento de las estrategias de restauración con enfoque de rehabilitación

➤ *Limpias*

Se realizarán limpiezas periódicas para eliminar la vegetación competitiva sin afectar la regeneración natural. Estas limpiezas se harán cada tres meses durante el primer año, cada cuatro meses durante el segundo año y de forma semestral a partir del cuarto año. Se evitará el uso de herbicidas.

➤ *Podas*

Se ejecutará una poda de realce al 100% de los individuos, eliminando el 30% de las ramas más bajas a los 18 meses de la siembra. Esta labor debe realizarse durante la segunda mitad del periodo seco, para evitar ataques fúngicos o daños estructurales.

➤ *Fertilización*

En caso de detectarse deficiencias nutricionales a través del monitoreo de suelos o del estado fitosanitario de las plantas, se aplicarán exclusivamente fertilizantes orgánicos. Estos serán definidos a partir de los análisis de suelo, y aplicados en zanjas de 5 cm de profundidad ubicadas en la caída del follaje. Esta actividad estará acompañada de un plateo previo.

➤ *Replanteo o resiembra*

Se reemplazarán los individuos muertos o debilitados durante las siguientes épocas de lluvias, buscando mantener una tasa de supervivencia mínima del 80% hasta el tercer año. Las especies subarborescentes se repondrán solo durante el primer año.

➤ *Control fitosanitario*

Se aplicará un enfoque de manejo integrado de plagas. Se dará prioridad a controles culturales y biológicos, como podas sanitarias, eliminación de hospedantes y uso de extractos naturales. Solo se considerará el control químico como último recurso. La selección de plántulas sanas desde vivero reducirá los riesgos iniciales.

➤ *Disposición de residuos*

Los residuos generados (bolsas plásticas, empaques de fertilizantes, etc.) serán recolectados y dispuestos adecuadamente conforme a los protocolos de manejo de residuos sólidos, evitando su permanencia en el sitio de intervención.

➤ *Barreras cortafuegos*

Se establecerán líneas de control limpias de vegetación, con mantenimiento cada dos años. Estas servirán como barreras físicas que reduzcan la propagación de incendios forestales. Su ubicación se determinará con base en la topografía y en las condiciones de combustibilidad del sitio.

➤ *Mantenimiento de aislamientos – cercas vivas y muertas*

Se realizará templado del alambre, reposición de postes y monitoreo anual del estado de los cercos. Las cercas vivas serán mantenidas mediante resiembras, limpias y podas de formación para asegurar su funcionalidad. El mantenimiento será continuo hasta el cumplimiento de los objetivos del plan de compensación.

12.13 PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO

El plan de monitoreo y seguimiento corresponde a un componente clave del proceso de compensación biótica, ya que permite evaluar de manera continua y sistemática las variaciones que experimenta el ecosistema en respuesta a la implementación de las estrategias de restauración con enfoque de rehabilitación y preservación. Su propósito fundamental es garantizar el éxito de las medidas aplicadas, posibilitando la adopción oportuna de medidas correctivas cuando los resultados obtenidos sean negativos o difieran de los objetivos propuestos. En caso contrario, los resultados positivos podrán ser replicados y optimizados.

Este programa establece los lineamientos para el seguimiento de los objetivos, metas e indicadores definidos en el Plan de Compensación del Componente Biótico por pérdida de biodiversidad del proyecto Bloque Cpo-5, en el marco de los alcances establecidos. El monitoreo permitirá evaluar los cambios que ocurren en el ecosistema a corto, mediano y largo plazo, producto de la implementación de los tratamientos ecológicos, y determinar el grado de cumplimiento de las metas trazadas.

Particularmente, se evaluará si los patrones y procesos ecológicos fundamentales del ecosistema han sido efectivamente rehabilitados. Para ello, se hará uso de indicadores que permitan medir la eficiencia y eficacia de las estrategias implementadas en términos de recuperación de la funcionalidad ecológica, la autosostenibilidad del sistema, la preservación de la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos.

Las acciones objeto de monitoreo incluyen:

- La implementación de arreglos florísticos y núcleos de nucleación.
- Las áreas intervenidas mediante estrategias de ampliación de bordes.
- Las zonas de preservación con cobertura natural o en sucesión.
- Las áreas aisladas mediante cercamientos físicos (cercas vivas o muertas).

Estas actividades serán evaluadas con base en un conjunto de indicadores que permitan determinar la efectividad de las intervenciones. En caso de que los resultados del monitoreo indiquen desviaciones o bajo rendimiento de alguna acción, se procederá a ajustar las estrategias mediante decisiones técnicas oportunas y justificadas.

En la **Tabla 12-2** se presentan las metas asociadas a cada objetivo del plan, junto con los indicadores de seguimiento propuestos para su evaluación.

12.13.1 Indicadores

Los indicadores son herramientas clave para la evaluación del avance y desempeño de los programas de compensación. Se definen como medidas cualitativas o cuantitativas que permiten valorar en qué medida se están cumpliendo los objetivos y metas definidos en el plan. Estos indicadores pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- **Indicadores de cumplimiento o de gestión:** permiten verificar el grado de ejecución de las actividades programadas, tales como la cantidad de hectáreas intervenidas, número de individuos plantados, frecuencia de mantenimiento, entre otros. Su función principal es hacer seguimiento a la implementación técnica y operativa de las acciones previstas.
- **Indicadores de efectividad o de impacto sobre la biodiversidad:** están orientados a evaluar los efectos ecológicos y funcionales de las intervenciones, permitiendo establecer si las medidas implementadas están logrando restaurar los procesos ecológicos, recuperar la biodiversidad y mejorar la provisión de servicios ecosistémicos. Estos indicadores responden directamente a los objetivos de conservación del sistema y a las necesidades de información ecológica estratégica.

Aunque en este plan se incluyen propuestas para ambos tipos de indicadores, el énfasis se centra en los indicadores de efectividad, en línea con las recomendaciones técnicas del Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt y The Nature Conservancy (2019, 2021). Esta orientación busca garantizar que la evaluación del plan de compensación no se limite únicamente al cumplimiento operativo, sino que permita valorar el éxito ecológico de las intervenciones, en

términos de autosostenibilidad del ecosistema, conservación de la biodiversidad y mantenimiento de su funcionalidad.

12.13.1.1 Indicadores de cumplimiento o de gestión

Según el Instituto Alexander von Humboldt & The Nature Conservancy (2019) se identifican dos indicadores de cumplimiento que brindan información sobre el avance o cumplimiento en la implementación de las compensaciones: "Porcentaje de área a compensar con implementaciones de acciones de compensación" y "Porcentaje de área compensada".

➤ Porcentaje de área a compensar con implementaciones de acciones de compensación

Corresponde al porcentaje de avance en la implementación de acciones de compensación (restauración con enfoque de rehabilitación y preservación) en relación con el área mínima a compensar estipulada en el acápite: "Cuánto compensar".

Se considera que una unidad de área determinada está en proceso de compensación cuando allí se han implementado las actividades relacionadas con las acciones definidas en el plan de compensaciones.

La fórmula para su cálculo se presenta a continuación:

$$AeC = (Ni / N) \times 100$$

Ecuación 12-4. Fórmula para calcular el porcentaje de área a compensar

Donde,

Ni = Número de hectáreas en compensación

N = Número mínimo de hectáreas a compensar

Y la interpretación según el resultado se realiza de la siguiente manera:

- $AeC = AeC_t - AeC_{t-1}$, donde t = tiempo
- $AeC \leq 0$; no existe avance en la implementación de las compensaciones respecto a $t-1$
- $AeC > 0$; existe avance en la implementación de las compensaciones respecto a $t-1$
- $AeC > 100$; se cumplió la cuota mínima de hectáreas en proceso de compensación.

➤ Porcentaje de área compensada

Corresponde al porcentaje de área restaurada o preservada en relación con el área mínima a compensar estipulada en el acápite "Cuánto compensar". Se considera que una unidad de área determinada ha sido compensada cuando allí se han alcanzado la mayoría de las metas definidas en el plan de compensaciones.

La fórmula para su cálculo se presenta a continuación:

$$AC = (Nc / N) \times 100$$

Ecuación 12-5. Formula calculo área compensada

Donde,

N_c = Número de hectáreas compensadas

N = Número mínimo de hectáreas a compensar

Y la interpretación según el resultado se realiza de la siguiente manera:

- $\Delta AC = AC_t - AC_{t-1}$, donde t = tiempo
- $AC \leq 0$; no existe avance en las áreas compensadas respecto a $t-1$
- $AC > 0$; existe avance en las áreas compensadas respecto a $t-1$
- $AC > 100$; se cumplió la cuota mínima de hectáreas a compensar.

12.13.1.2 Indicadores de efectividad o de impacto sobre la biodiversidad

Con el fin de cumplir con los objetivos de no pérdida neta de biodiversidad establecidos para el proyecto Bloque CPO-5, y en el marco de los alcances definidos en el presente Plan de Compensación del Componente Biótico, se proponen una serie de indicadores de efectividad orientados a evaluar la eficiencia y eficacia de las acciones de restauración y preservación implementadas (ver **Tabla 12-28**).

Estos indicadores permiten valorar, en el corto, mediano y largo plazo, los cambios ecológicos que se producen en las coberturas intervenidas, proporcionando evidencia sobre la evolución de los atributos funcionales y estructurales de los ecosistemas. Así mismo, constituyen una herramienta clave para identificar patrones y procesos ecológicos, y para realizar ajustes adaptativos a las estrategias implementadas en función de los resultados observados.

La evaluación se realizará de manera temporal y espacial, de acuerdo con las condiciones del sitio y la naturaleza de las intervenciones, permitiendo:

- Verificar la recuperación de la estructura y composición de la vegetación nativa.
- Determinar el avance de la sucesión ecológica.
- Estimar la supervivencia y crecimiento de los individuos plantados.
- Evaluar la presencia y retorno de fauna silvestre asociada.
- Medir la efectividad de los aislamientos en la reducción de presiones antrópicas.
- Analizar la provisión de servicios ecosistémicos básicos como la regulación hídrica, la protección del suelo y la conectividad ecológica.

La propuesta de indicadores se fundamenta en los lineamientos técnicos del Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt, The Nature Conservancy (2019), el MADS (2015) y los criterios establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (2018), asegurando su pertinencia ecológica y su viabilidad técnica para el monitoreo a lo largo de la implementación del plan.

Tabla 12-28 Indicadores de efectividad/impacto sobre la biodiversidad

Indicador	Definición	Temporalidad
1. Variación de la superficie de las coberturas de la tierra	Transiciones entre coberturas en un periodo de tiempo	Cada dos años
2. Índice de proximidad	Calcula la relación entre el área del parche y su cercanía a parches del mismo tipo de cobertura.	Cada dos años
3. Índice de conectividad	Grado en que el paisaje facilita o impide los flujos ecológicos	Cada dos años
4. Tendencia en deforestación	Evalúa el cambio anual de la cobertura boscosa en distintos periodos de tiempo	Anual (de acuerdo con la periodicidad de las capas de bosque-no bosque producidas por el IDEAM)
5. Área basal	El área basal refleja de forma indirecta al estado de naturalidad de una cobertura particular	Cada dos años
6. Densidad de tallos	La densidad de individuos, en especial si se trata de individuos con DAP > 1cm, refleja de forma indirecta al estado de naturalidad de una cobertura particular.	Cada dos años
7. Riqueza de especies clave (amenazadas, endémicas) de flora	Considera únicamente las especies presentes o registradas de flora en un espacio	Cada dos años
8. Riqueza de especies clave (amenazadas, endémicas) de fauna	Considera únicamente las especies presentes o registradas de fauna en un espacio	Cada dos años
9. Equidad de la comunidad vegetal	Se propone el seguimiento a la equidad de la comunidad vegetal a partir de índices de diversidad y abundancia proporcional	Cada dos años
10. Abundancia relativa de plantas exóticas	La presencia o ausencia de especies exóticas puede ser resultado de las acciones de compensación implementadas. De confirmarse la presencia de alguna especie exótica, el monitoreo de las tendencias poblacionales podría proveer alertas tempranas y oportunidades de mejoras para los gestores del proyecto de compensación con el fin de tomar las medidas de manejo apropiadas	Cada dos años
11. Tasa/Porcentaje de supervivencia	Cantidad o porcentaje de individuos que será mantenido una vez se realice el proceso de compensación.	Anual (Hasta el año 3)
12. Tasa de mortalidad (vegetal)	Cantidad o porcentaje de individuos que mueren después de un periodo de tiempo determinado	Anual (Hasta año 3)
13. Tasa de reclutamiento (vegetal)	Manifestación de la fecundidad de las especies, al expresar el crecimiento y sobrevivencia de los juveniles de una población forestal	Anual (Hasta año 3) Año 3 - 5 Cada dos años
14. Completitud del muestreo	Porcentaje de completitud que alcanzan los muestreos realizados para un grupo taxonómico en particular, con base a un valor de especies estimadas	Cada dos años

Indicador	Definición	Temporalidad
15. Representatividad del muestreo	Busca estimar qué tan completos son los muestreos realizados frente a una riqueza de especies estimada	Cada dos años
16. Porcentaje de carbono orgánico en el suelo	Indica el contenido de carbono orgánico en el suelo en función de la vegetación presente	Cada dos años
17. Porcentaje total de la porosidad presente en el horizonte	El espacio poroso del suelo se refiere al porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos	Cada dos años
18. Acidez del suelo (pH)	El pH determina el grado de adsorción de iones (H+) por las partículas del suelo e indica si un suelo está ácido o alcalino	Cada dos años

Fuente: Instituto Alexander von Humboldt & The Nature Conservancy, 2019; Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt, 2021

➤ *Variación de la superficie de las coberturas de la tierra*

Este indicador permite evaluar las transiciones entre coberturas en un periodo de tiempo. Una transición constituye el cambio de una cobertura a otro en el periodo de análisis. La cuantificación del cambio (en área o porcentaje) es útil para ver procesos de transformación de coberturas naturales a antrópicas o viceversa (**Figura 12-20**).

Para su cálculo, es necesario realizar una tabulación cruzada espacial con las coberturas del año 1 (i) y el año 2 (j), posteriormente se debe calcular la proporción de cambio de coberturas naturales a transformadas y viceversa

		Año 2 (j)					
Año 1 (i)	Cobertura (C)	C_{1j}	C_{2j}	C_{3j}	...	C_{nj}	Total
	C_{1i}	C_{1i1j}	C_{1i2j}	C_{1i3j}	...	$C_{1in j}$	$C_{1i.}$
	C_{2i}	C_{2i1j}	C_{2i2j}	C_{2i3j}	...	$C_{2in j}$	$C_{2i.}$
	C_{3i}	C_{3i1j}	C_{3i2j}	C_{3i3j}	...	$C_{3in j}$	$C_{3i.}$
	...	...	...	...	...	...	...
	C_{ni}	C_{ni1j}	C_{ni2j}	C_{ni3j}	...	$C_{nin j}$	$C_{ni.}$
	Total	$C_{.1j}$	$C_{.2j}$	$C_{.3j}$	...	$C_{.nj}$	$C_{..}$

Figura 12-20 Variación de la superficie de las coberturas de la tierra

Fuente: IAvH, 2021

Interpretación:

El valor de cada celda en la tabla corresponde al área de cambio de cada Cobertura en el año 1, hacia cada Cobertura en el año 2 ($C_{1...n1...nj}$).

La diagonal de la matriz corresponde al área remanente de cada cobertura ($C_{11}, C_{22}, C_{33}, \dots, C_{nn}$) en el periodo de tiempo.

El valor del área de cada celda sobre el total de cada cobertura en el año 1 ($C_{1i}, C_{2i}, C_{3i} \dots, C_{ni}$) corresponde a la proporción de cambio de cada cobertura del año 1 (i) hacia cada cobertura en el año 2 (j).

El valor del área de cada celda sobre el total de cada cobertura en el año 2 ($C_{1j}, C_{2j}, C_{3j} \dots, C_{nj}$) corresponde a la proporción de cada cobertura del año 1 (i) de la cual se compone cada cobertura en el año 2 (j).¹²⁻⁶

➤ *Índice de proximidad*

Este índice considera el tamaño y la proximidad de todos los parches cuyos bordes se encuentran dentro de un radio de búsqueda específico del parche focal. Calcula la relación entre el área del parche y su cercanía a parches del mismo tipo de cobertura (Gustafson & Parker 1992, 1994).

El índice de proximidad (PX) es igual a la proporción del área del parche (a_{ij}), dividida por la distancia de borde a borde del parche de la misma cobertura más cercano (d_{ij}). El cálculo se realiza para los parches de todas las coberturas, y el radio de búsqueda del parche más cercano debe abarcar la distancia máxima lineal entre dos puntos del paisaje (local, regional o nacional). El valor del índice para cada cobertura (j), corresponde a la sumatoria del valor del índice para todos los parches (i) de la cobertura correspondiente. Si la cobertura tiene un único parche en el paisaje el valor de la distancia es igual a 1.

$$PX_j = \sum_{i=1}^n \frac{a_{ij}}{d_{ij}}$$

Ecuación 12-7. Índice de proximidad

Es ideal calcular el índice de proximidad en un área mayor a la del proyecto, con el fin de obtener un contexto paisajístico del efecto de las acciones de compensación sobre el área de influencia del proyecto. Así, el área del paisaje a evaluar (el área del proyecto más su área de influencia) se define de acuerdo con la relación directa entre la extensión del paisaje y su conectividad. Entre mayor sea el área del paisaje, la conectividad aumenta, pero solo lo hace hasta un punto crítico, donde ésta no sigue incrementando significativamente. Esta relación sigue una función logística, y el punto donde la curva se estabiliza se considera el punto de percolación.

Entonces, la extensión del paisaje (ep) para el cálculo del índice de proximidad es producto de la estimación de un factor multiplicador (fm) y el área de compensación (ac). El factor multiplicador (fm) se obtiene a partir de la aplicación de una función logística al área de compensación (ac) en km^2 . Finalmente, en términos prácticos se estima la distancia del área de influencia (dai) en metros que se debe aplicar al área de compensación (ac) de acuerdo con la extensión del paisaje estimada (ep) en metros cuadrados. La extensión del paisaje se asume como una circunferencia para la obtención de la distancia del área de influencia (dai).

$$fm = \frac{1}{1 + e^{-ac_{km^2}}}$$

Ecuación 12-8 Ecuación factor multiplicador

$$ep = ac * (1 + fm),$$

Ecuación 12-9 Ecuación extensión del paisaje

$$dai = \sqrt{\frac{ep_m^2}{\pi}}$$

Ecuación 12-10 Ecuación distancia del área de influencia

Es necesario,

1. Calcular la distancia del área de influencia para el área del proyecto de compensación.
2. Construir el área de influencia para el área del proyecto de compensación.
3. Calcular el índice de proximidad de cada parche de cobertura natural.
4. Calcular el índice de proximidad de cada clase de cobertura natural.

El índice de proximidad va desde 0 a ∞ valor del límite superior. Será mayor cuando existan parches más grandes, y más cercanos, en el paisaje, y será menor cuando los parches están aislados y sean de menor tamaño. El índice no tiene dimensiones (es decir, no tiene unidades) y, por lo tanto, el valor absoluto del índice tiene poco valor interpretativo; en su lugar, se utiliza como un índice comparativo, y en este caso debe estimarse siempre sobre el mismo paisaje. Este índice es entonces una medida del nivel de fragmentación-conectividad, y de la calidad de hábitat y parches (asumiendo que parches más grandes tienen una mayor calidad de hábitat) (Gustafson & Parker 1992, 1994; McGarigal et al. 2012).

➤ *Índice de conectividad*

La conectividad se refiere al grado en que el paisaje facilita o impide los flujos ecológicos. Un cambio abrupto en la conectividad del paisaje puede interferir en el éxito de la dispersión de una especie, fraccionando su población, aislándola en poblaciones más pequeñas. Esta fragmentación de la población puede conllevar cambio en la ocupación de los parches y llevar a la extinción de la población en todo el paisaje. Existen muchas técnicas para calcular la conectividad, usando capas de resistencia, (pueden ser barreras naturales o artificiales o cambios en la cobertura que dificulta el tránsito) y adjudicándole valores a estas resistencias. Una forma simple de calcular la conectividad para las coberturas naturales es asumiendo una distancia máxima en la que la conectividad se puede realizar y contando el número de parches que están dentro de ese rango de distancia definido.

Se usará la fórmula de cálculo para la Conectividad propuesta por McGarigal et al. (2012) la cual señala que:

$$Connect = \left(\frac{\frac{\sum_{j,k}^n C_{ijk}}{n_i (n_i - 1)}}{2} \right) * (100)$$

Ecuación 12-11 Ecuación Índice de conectividad

Donde,

cijk = la conectividad del J y K dentro del umbral (distancia) establecido para la clase i

ni = el número de parches de la clase evaluada dentro del área evaluada.

Entonces se calcula la CONNECT para tres momentos:

CONNECT0 = conectividad sin proyecto

CONNECT1 = conectividad con proyecto

CONNECT2 = conectividad con medidas de compensación o con ejecución de la inversión forzosa de no menos del 1%(proyectada)

El umbral para para la definición de áreas conectadas será de 500 m.

Los valores del índice de conectividad están entre 0 y 100 en porcentaje donde:

CONNECT = 0; la clase evaluado consiste en un único parche o no hay parches que puedan conectarse a partir de la distancia establecida.

CONNECT = 100; todos los parches dentro del área de estudio están en rango y pueden conectarse.

Entonces,

CONNECT0 = CONNECT1 la conectividad se mantuvo igual en AI o bioma IAvH con PROYECTO.

CONNECT0 > CONNECT1 la conectividad disminuyó dentro en AI o bioma IAvH con PROYECTO.

CONNECT0 < CONNECT1 la conectividad aumentó en AI o bioma IAvH con PROYECTO.

CONNECT1 = CONNECT2 la conectividad se mantuvo igual en AI o bioma IAvH con acciones de compensación.

CONNECT1 > CONNECT2 la conectividad disminuyó en AI o bioma IAvH con acciones de compensación.

CONNECT1 < CONNECT2 la conectividad aumentó en AI o bioma IAvH acciones de compensación.

CONNECT0 = CONNECT2 la conectividad se mantuvo igual en AI, bioma IAvH zona o subzona hidrográfica con acciones de inversión forzosa de no menos de 1%.

CONNECT0 > CONNECT2 la conectividad disminuyó en AI, bioma IAvH zona o sub-zona hidrográfica con acciones de inversión forzosa de no menos de 1%.

CONNECT0 < CONNECT2 la conectividad aumentó en AI, bioma IAvH zona o sub-zona hidrográfica con acciones de inversión forzosa de no menos de 1%.

➤ *Tendencia en deforestación*

El índice de tendencia en deforestación evalúa el cambio anual de la cobertura boscosa en distintos periodos de tiempo. Se calcula la tasa de cambio anual (TCA ha/año) de bosques en distintos periodos de tiempo con base en el mapa de cambio de coberturas de Bosque/No Bosque para el periodo de análisis (Cabrera et al. 2011).

$$AB_{año1} = AB + AD$$

$$AB_{año2} = AB + AR$$

$$TCA = \frac{AB_{año2} - AB_{año1}}{año2 - año1}$$

Ecuación 12-12. Ecuación Tendencia en deforestación

Donde,

AB = Área de bosque estable en hectáreas.

AD = Área deforestada en hectáreas.

AR = Área regenerada en hectáreas.

Es ideal calcular la tendencia de deforestación en un área mayor a la del proyecto, con el fin de obtener un contexto paisajístico del efecto de las acciones de compensación sobre el área de influencia del proyecto. Así, el área del paisaje a evaluar (el área del proyecto más su área de influencia) se define de acuerdo con la relación directa entre la extensión del paisaje y su conectividad. Entre mayor sea el área del paisaje, la conectividad aumenta, pero solo lo hace hasta un punto crítico, donde ésta no sigue incrementando significativamente. Esta relación sigue una función logística, y el punto donde la curva se estabiliza se considera el punto de percolación (Keitt et al. 1997).

Entonces, la extensión del paisaje (ep) para el cálculo la tasa de cambio anual boscosa es producto de la estimación de un factor multiplicador (fm) y el área de compensación (ac). El factor multiplicador (fm) se obtiene a partir de la aplicación de una función logística al área de compensación (ac) en km². Finalmente, en términos prácticos se estima la distancia del área de influencia (dai) en metros que se debe aplicar al área de compensación (ac) de acuerdo con la

extensión del paisaje estimada (ep) en metros cuadrados. La extensión del paisaje se asume como una circunferencia para la obtención de la distancia del área de influencia (dai).

$$fm = \frac{1}{1 + e^{-ac_{km^2}}}$$

Ecuación 12-13 Ecuación factor multiplicador

$$ep = ac * (1 + fm),$$

Ecuación 12-14 Ecuación extensión del paisaje

$$dai = \sqrt{\frac{ep_m^2}{\pi}}$$

Ecuación 12-15 Ecuación distancia del área de influencia

Para evaluarlo se debe:

1. Calcular la distancia del área de influencia para el área del proyecto de compensación.
2. Construir el área de influencia para el área del proyecto de compensación.
3. Calcular el área boscosa en el año 1.
4. Calcular el área boscosa en el año 2.
5. Calcular la tasa de cambio anual de bosques en el área exclusiva del proyecto de compensación.
6. Calcular la tasa de cambio anual de bosques en el área de influencia del proyecto de compensación.

La tasa anual de cambio de bosques toma valores negativos cuando existe una tendencia a la deforestación, y valores positivos cuando existe tendencia a la regeneración. Los valores cercanos a cero indican estabilidad en la cobertura. Se espera que en proyectos de preservación la tasa de cambio sea cero en el área exclusiva del proyecto de compensación, y positiva en proyectos de restauración en bosques. Sin embargo, cuando el cálculo se realiza incluyendo el área de influencia de los proyectos de compensación, se espera que exista una tendencia a lo largo del tiempo hacia la regeneración boscosa.

➤ Área basal

González-M et al. (2015) aconsejan para el monitoreo de procesos de restauración, aunque también puede funcionar para procesos de preservación, hacer seguimiento a distintos componentes de la biodiversidad. Uno de estos se relaciona con el área basal, el cual se usa para la evaluación de la estructura de una comunidad vegetal. El área basal refleja de forma indirecta al estado de naturalidad de una cobertura particular. Se espera que, a medida que una cobertura recupera su estructura boscosa natural, la sumatoria de área basal de los individuos mayores a 1 cm de DAP debe aumentar. Igualmente, la sumatoria del área basal de los individuos de una cobertura boscosa tiende a disminuir si esta última presenta tala selectiva o deterioro.

Área basal por hectárea (G):

$$G = \sum g, \quad g = (\pi \times DAP^2) / 4$$

Ecuación 12-16. Ecuación Área basal

g = Área basal (m^2) de cada individuo $> 1cm$ DAP;
DAP = Diámetro a la altura del pecho (m).

Para el cálculo de este índice se deben tomar los datos de DAP de todos los individuos con DAP > 1 cm dentro de la parcela de muestreo y extrapolar los resultados a una (1) hectárea. Así se pueden tener los datos de área basal por hectárea para cada tipo de cobertura o ecosistema.

$$\Delta G = G_t - G_{t-1} / G_{t-1}$$

- $G < 0$ el área basal de la comunidad vegetal disminuyó respecto a t-1
- $G \approx 0$ el área basal de la comunidad vegetal se mantuvo respecto a t-1
- $G > 0$ el área basal de la comunidad vegetal aumentó respecto a t-1

Es necesario hacer la comparación con un escenario de referencia natural para evidenciar si se han alcanzado estados similares de sucesión. Para este fin se recomienda usar como escenario de referencia ya sea el ecosistema afectado por el proyecto, o uno en estado natural cerca o dentro del área de compensación.

➤ Densidad de tallos

Al igual que con el área basal, González-M. et al (2015) aconseja evaluar la densidad de individuos, el cual se usa para la evaluación de la estructura de una comunidad vegetal. La densidad de individuos, en especial si se trata de individuos con DAP $> 1cm$, refleja de forma indirecta al estado de naturalidad de una cobertura particular. Se espera que, a medida que una cobertura recupera su estructura boscosa natural, la densidad de individuos mayores a 1cm de DAP debe aumentar. Igualmente, la densidad de tallos de una cobertura boscosa tiende a disminuir si esta última presenta tala selectiva o deterioro del sotobosque.

Se utiliza densidad de tallos (individuos con DAP $> 1cm$) pues es posible que en procesos tempranos de restauración la densidad de individuos con DAP $< 1cm$ sea mayor que en estadios sucesionales tardíos. Sin embargo, se espera que el número y densidad de individuos con DAP $> 1cm$ sí aumenten a medida que avanza el proceso de regeneración.

Densidad de tallos (D):

$$D = \sum I / ha$$

Ecuación 12-17. Densidad de tallos

I = Individuo $> 1cm$ DAP

Para el cálculo de este índice se deben sumar todos los individuos con DAP > 1 cm dentro de la parcela de muestreo y extrapolar los resultados a una (1) hectárea. Así se pueden tener los datos de densidad de tallos por hectárea para cada tipo de cobertura o ecosistema.

- $D = D_t - D_{t-1} / D_{t-1}$
- $D < 0$ la densidad de tallos de la comunidad vegetal disminuyó respecto a $t-1$
- $D \approx 0$ la densidad de tallos de la comunidad vegetal se mantuvo respecto a $t-1$
- $D > 0$ la densidad de tallos de la comunidad vegetal aumentó respecto a $t-1$

Es necesario hacer la comparación con escenarios de referencia naturales para evidenciar si se han alcanzado estados similares de sucesión. Para este fin se recomienda usar como escenario de referencia ya sea el ecosistema afectado por el proyecto, o uno en estado natural cerca o dentro del área de compensación.

➤ *Riqueza de especies clave (amenazadas, endémicas) de flora*

La riqueza ha sido, posiblemente, el indicador más común para referirse a la biodiversidad, ya que tiene en consideración únicamente las especies presentes o registradas en un espacio (Moreno, 2001). Si bien, la riqueza de especies por sí sola no abarca los diversos aspectos de la biodiversidad, esta ha sido utilizada para referirse indirectamente a los procesos ecosistémicos (Hooper et al. 2005). En el caso de grupos taxonómicos o ecológicos (e.g. grupos funcionales) particulares, cambios en su riqueza podrían sugerir alteraciones en procesos ecológicos (e.g. aumento de regeneración natural de especies leñosas de densidad de madera alta), generando alertas tempranas de posibles transformaciones en los ecosistemas.

Las especies amenazadas se identificarán con base en las categorías EN, VU y CR de la IUCN tomando en consideración la categorización nacional para Colombia. Como especies endémicas se tomarán aquellas que tienen una distribución restringida a Colombia.

Las especies claves que se usan para el cálculo de la riqueza son:

SpA= Especies amenazadas

SpE= Especies endémicas

A partir de los muestreos en las áreas evaluadas se hace la sumatoria para las especies amenazadas y endémicas, donde:

ΣSpA = sumatoria de las especies amenazadas encontradas en el área evaluada

ΣSpE = sumatoria de las especies endémicas encontradas en el área evaluada

Entonces,

$$Scob = \Sigma \Sigma SpA, \Sigma SpE$$

$$Stot = \Sigma Scob1, Scob2, Scob3, \dots$$

Ecuación 12-18 Riqueza de especies clave de flora

Donde,

$Scob$ = Riqueza de especies por cobertura

$Stot$ = Riqueza de especies clave total

Según el tipo de muestreo (punto o transecto), identificar para cada uno, para cada cobertura, las especies clave (amenazadas, endémicas).

Tabla 12-29 Cálculo riqueza de especies de flora

	Ecosistema1	Ecosistema2	Ecosistema3	Ecosistema4
PUNTO/				
PUNTO/				
PUNTO/TRANSECTO 3				
.....				
TOTAL				

Fuente: Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt, 2021

$$\Delta \text{Scob} = \text{Scob} - \text{Scob } t-1 / \text{Scob } t-1$$

$$\Delta \text{Stot} = \text{Stot} - \text{Stot } t-1 / \text{Stot } t-1$$

ΔScob ó $\Delta \text{Stot} < 0$ La riqueza de especies vegetales disminuyó respecto a t-1

ΔScob ó $\Delta \text{Stot} = 0$ La riqueza de especies vegetales se mantuvo respecto a t-1

ΔScob ó $\Delta \text{Stot} > 0$ La riqueza de especies vegetales aumentó respecto a t-1

➤ *Riqueza de especies clave (amenazadas, endémicas) de fauna*

La riqueza ha sido, posiblemente, el indicador más común para referirse a la biodiversidad, ya que tiene en cuenta únicamente las especies presentes o registradas en un espacio (Moreno, 2001). Si bien, la riqueza de especies por sí sola no abarca los diversos aspectos de la biodiversidad, esta ha sido utilizada para referirse indirectamente a los procesos ecosistémicos (Hooper et al. 2005). En el caso de grupos taxonómicos o ecológicos (e.g. gremios) particulares, cambios en su riqueza podrían sugerir alteraciones en procesos ecológicos (e.g. especies de importancia para la dispersión de semillas – Aves), generando alertas tempranas de posibles transformaciones en los ecosistemas.

Identificar y monitorear las especies clave, que en este caso puntual incluye las especies amenazadas, endémicas y migratorias, permitirá en principio, evaluar el impacto de las medidas de compensación sobre estas especies que por sus características resultan ser más sensibles a cualquier alteración en su medio.

Las especies amenazadas se identificarán con base en las categorías EN, VU y CR de la IUCN tomando en consideración la categorización nacional para Colombia. Las especies migratorias solamente podrán ser detectadas en una época del año, siendo recomendable que los muestreos de fauna tengan en cuenta esta consideración, y se consulte previamente modelos de distribución de especies (por ejemplo, las aves, que ya se encuentran disponibles en BioModelos del Instituto Alexander von Humboldt -IAvH-).

Como especies endémicas se tomarán aquellas que tienen una distribución restringida a Colombia.

Las especies claves que se usan para el cálculo de la riqueza son:

SpA= Especies amenazadas

SpE= Especies endémicas

SpM= Especies migratorias

A partir de los monitoreos en las áreas evaluadas se hace la sumatoria para las especies amenazadas, endémicas y migratorias, donde:

ΣSpA = sumatoria de las especies amenazadas encontradas en el área evaluada

ΣSpE = sumatoria de las especies endémicas encontradas en el área evaluada

ΣSpM = sumatoria de las especies migratorias encontradas en el área evaluada

Entonces,

$$Scob = \Sigma \Sigma SpA, \Sigma SpE, \Sigma SpM$$

$$Stot = \Sigma Scob1, Scob2, Scob3, \dots$$

Ecuación 12-19 Riqueza de especies clave de fauna

Donde,

$Scob$ = Riqueza de especies de fauna clave por cobertura

$Stot$ = Riqueza de especies clave total

Según el tipo de muestreo (punto o transecto), identificar para cada uno, para cada cobertura, las especies clave (amenazadas, endémicas, migratorias).

Tabla 12-30 Cálculo riqueza de especies de fauna

	Cobertura 1	Cobertura 2	Cobertura 3	Cobertura 4
PUNTO/				
PUNTO/				
PUNTO/TRANSECTO 3				
.....				
TOTAL				

Fuente: Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt, 2021

$\Delta Scob = Scob - Scob\ t-1 / Scob\ t-1$

$\Delta Stot = Stot - Stot\ t-1 / Stot\ t-1$

$\Delta Scob$ ó $\Delta Stot < 0$ La presencia de especies clave disminuyó respecto a t-1

$\Delta Scob$ ó $\Delta Stot = 0$ La presencia de especies clave se mantuvo respecto a t-1

$\Delta Scob$ ó $\Delta Stot > 0$ La presencia de especies clave aumentó respecto a t-1

➤ *Equidad de la comunidad vegetal*

González-M. et al. (2015) proponen el seguimiento a la equidad de la comunidad vegetal a partir de índices de diversidad y abundancia proporcional. Los indicadores propuestos para este fin el uso del Índice de Shannon-Wiener (H') o el Índice de Pielou (J'). De manera general estos índices buscan describir la distribución del número de individuos a través de las especies (Heip et al. 1998).

✓ Índice de Shannon-Wiener (H'):

$$H' = \sum p_i \ln p_i$$

Ecuación 12-20 Índice de Shannon-Wiener

p_i = la abundancia relativa para cada especie i th

✓ Índice de Pielou (J'):

$$J' = H' / H'_{\max}$$

Ecuación 12-21 Índice de Pielou

$$H'_{\max} = \ln(S)$$

S = Número total de especies.

$$\Delta H' = H' - H'_{t-1} / H'_{t-1} - 1$$

$$\Delta J' = J' - J'_{t-1} / J'_{t-1} - 1$$

$\Delta H' \text{ ó } \Delta J' < 0$ La equidad de la comunidad vegetal disminuyó respecto a $t-1$

$\Delta H' \text{ ó } \Delta J' = 0$ La equidad de la comunidad vegetal se mantuvo respecto a $t-1$

$\Delta H' \text{ ó } \Delta J' > 0$ La equidad de la comunidad vegetal aumentó respecto a $t-1$

Es necesario hacer la comparación con escenarios naturales de referencia para evidenciar si se han alcanzado estados similares de sucesión. Para este fin se recomienda emplear el cálculo planteado por Moreno (2001), para la comparación de H' entre sitios.

➤ Abundancia relativa de plantas exóticas

La presencia o ausencia de especies exóticas puede ser resultado de las acciones de compensación implementadas. De confirmarse la presencia de alguna especie exótica, el monitoreo de las tendencias poblacionales podría proveer alertas tempranas y oportunidades de mejoras para los gestores del proyecto de compensación con el fin de tomar las medidas de manejo apropiadas.

$$AburelExo = n/N$$

Ecuación 12-22 Cálculo de abundancia relativa de plantas exóticas

$AburelExo$ = Abundancia relativa especies exóticas

n = Sumatoria de individuos encontrados para la(s) especie(s) exótica(s)

N = Número total de individuos encontrados (todas las especies)

Magurran (2004) señala diferentes métodos para graficar los datos de abundancia. Específicamente señala la idoneidad de las gráficas de rango/abundancia, en los casos donde se quiere hacer seguimiento a impactos ambientales.

Es necesario aclarar que, para cada cobertura identificar las especies exóticas y su abundancia relativa.

$$\Delta AburelExo = AburelExo - AburelExo_{t-1} / AburelExo_{t-1} - 1$$

- $\Delta \text{AburelExo} < 0$ La Abundancia relativa disminuyó respecto a t-1
 $\Delta \text{AburelExo} = 0$ La Abundancia relativa se mantuvo respecto a t-1
 $\Delta \text{AburelExo} > 0$ La Abundancia relativa aumentó respecto a t-1

➤ *Tasa de mortalidad*

La mortalidad se expresa como la cantidad o porcentaje de individuos que mueren después de un periodo de tiempo determinado. (Tuezta et al., 2018).

$$m = \left(\frac{\ln \left(\frac{N_0}{N_s} \right)}{t} \right)$$

Ecuación 12-23 Cálculo tasa de mortalidad (vegetal)

Donde,

m = tasa anual de mortalidad en %
 N_0 = Número de individuos al final del inventario
 N_s = Número de individuos sobrevivientes
 t = intervalo de tiempo
 $\ln$ = logaritmo natural

Se realiza el cálculo de la mortalidad para las especies usadas para la Revegetalización/reforestación según el PMA y se obtiene el promedio de mortalidad.

➤ *Tasa/Porcentaje de supervivencia*

Este indicador se incluye con el fin de mantener, hasta el año tres (3), al 80 % el porcentaje de supervivencia de los individuos, después del cual se espera que los procesos de sucesión secundaria continúen por sí mismos.

Para el cálculo del porcentaje de supervivencia se empleará la siguiente ecuación tomada de Linares (2005):

$$\% \text{ supervivencia} = \frac{P_v}{(P_v + P_m)} * 100$$

Ecuación 12-24 Cálculo del porcentaje de supervivencia

➤ *Tasa de reclutamiento vegetal*

El reclutamiento en un bosque está representado por el número de individuos que alcanzan el diámetro mínimo de registro (DAP ≥ 10 cm) a lo largo de un periodo intercensal. Además, se considera como una manifestación de la fecundidad de las especies, al expresar el crecimiento y supervivencia de los juveniles de una población forestal (Tuezta & Rodríguez, 2018).

$$r = \left[\frac{\ln \frac{Nf}{Ns}}{t} \right]$$

Ecuación 12-25. Tasa de reclutamiento vegetal

Donde,

r = tasa de reclutamiento en %

Nf = Número de individuos al final del inventario

Ns = Número de individuos sobrevivientes

t = intervalo de tiempo

$\ln$ = logaritmo natural

Se realiza el cálculo del reclutamiento para todas las especies usadas para la revegetalización / reforestación según el PMA y se obtiene el promedio del reclutamiento para toda el área de compensación o de la inversión forzosa de no menos del 1%.

Interpretación:

$r \leq 0$; No hay reclutamiento y la especie está perdiendo individuos

$r > 0$; Hay reclutamiento y la especie está ganando individuos.

➤ *Complejidad del muestreo*

Los índices que buscan generalmente describir la riqueza y equitatividad (abundancias relativas) están condicionados por el tamaño de la muestra (número de individuos). Los inventarios empleados para la colecta de datos se ven sesgados por la imposibilidad de registrar la totalidad de las especies. La valoración de la calidad del muestreo a través del indicador de completitud del muestreo permitiría estimar qué tan representativos son los muestreos realizados dada una riqueza de especies estimada. Esto permite entender qué tan fiable resultan los indicadores asociados a la composición de especies.

El indicador de completitud del muestreo se define también como el porcentaje de completitud que alcanzan los muestreos realizados para un grupo taxonómico en particular, con base a un valor de especies estimadas.

$$\%Complejidad = \frac{Sobs}{Sest} \times 100$$

Ecuación 12-26. Fórmula para calculo porcentaje de completitud

$Sobs$ = Riqueza observada, corresponde al número de especies totales por grupo taxonómico registradas para el área de estudio a través de los muestreos realizados.

$Sest$ =Riqueza estimada, corresponde al número de especies estimadas por grupo taxonómico una vez se aplique uno de los siguientes métodos: 1) extrapolación de la curva de acumulación de especies, 2) estimadores paramétricos y 3) estimadores no paramétricos. El método seleccionado dependerá del tipo de datos que se tengan y al tipo de distribución que se ajusten.

Un bajo valor del porcentaje de completitud debe ser interpretado como una necesidad de ampliar el esfuerzo de muestreo o ajustar su método, pues quiere decir que los muestreos realizados no son suficientes o no han tenido los métodos adecuados para registrar un número suficiente de especies de un grupo taxonómico particular existente en el área de estudio, lo cual a su vez quiere decir que no tenemos certeza de los indicadores relacionados con la composición de especies.

Por el contrario, si el valor del porcentaje de completitud es alto (esto depende del grupo taxonómico que se esté estudiando, pero generalmente se espera que el porcentaje supere el 80%) podemos tener confianza de que las muestras son representativas de las especies que en el área de estudio se encuentran, por lo tanto, se puede tener un mayor nivel de confianza en los indicadores relacionados con la composición de especies.

➤ *Representatividad del muestreo*

Las curvas de acumulación de especies y los índices de completitud contruidos a partir de muestreos sistemáticos representan la forma más utilizada para medir la calidad de los inventarios de biodiversidad (Jiménez-Valverde & Hortal, 2003). Estas estimaciones, a través de los datos de composición y abundancia, permiten la obtención de valores de riqueza a través de variados estimadores estadísticos.

Con el resultado de la estimación de riqueza, se propone el indicador de representatividad del muestreo que busca estimar qué tan completos son los muestreos realizados frente a una riqueza de especies estimada, permitiendo entender que tan fiables resultan los indicadores asociados a la composición de especies (Jiménez-Valverde & Hortal, 2003).

$$\% \text{ Representatividad} = \frac{S_{obs}}{S_{est}} \times 100$$

Ecuación 12-27 Representatividad del muestreo

S_{obs} = Riqueza observada

S_{est} = Riqueza estimada

Donde,

S_{obs}= Riqueza observada corresponde al número de especies totales por grupo taxonómico registradas para el área de estudio a través de los muestreos realizados.

S_{est}=Riqueza estimada corresponde al número de especies estimadas por grupo taxonómico una vez se aplique uno de los siguientes métodos:

- 1) extrapolación de la curva de acumulación de especies,
- 2) estimadores paramétricos y
- 3) estimadores no paramétricos.

El método seleccionado dependerá del tipo de datos que se tengan y al tipo de distribución que se ajusten. Para seleccionar el método de estimación el Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt (2021) recomienda consultar: Magurran, A. E. (2003). Measuring biological diversity. John Wiley & Sons.

➤ *Variación del carbono almacenado en los depósitos de los bosques naturales*

Los bosques tropicales contienen cerca del 80% del carbono almacenado en toda la vegetación terrestre, y juegan un papel importante en el ciclo global de este elemento y en la regulación del clima del planeta. La degradación y conversión de los bosques conlleva a la liberación de estos reservorios de carbono almacenados en la biomasa hacia la atmósfera (Phillips et al. 2011). Los proyectos de compensación son importantes alternativas que propenden, a través de la conservación y el manejo de bosques, por el mantenimiento y mejora de la capacidad de almacenamiento del carbono.

Como lo establecen Phillips y colaboradores (2011), resulta indispensable el estimar las reservas o contenidos de carbono y su posterior monitoreo en los bosques, específicamente para el interés de las compensaciones, asociados a las áreas donde se implementen actividades de compensación.

En la mayoría de los estudios en los cuales se trata el tema de almacenamiento de carbono en la biomasa aérea de los bosques tropicales, se asume que el contenido de carbono corresponde al 50% de la biomasa de los árboles vivos, por lo que se sugiere usar el factor de 0,5 para transformar la biomasa aérea a contenido de carbono (Phillips et al. 2011).

$$C_{alm} = BA \times 0.5$$

$$C_{almEco} = \sum C_{Sp1}, C_{Sp2}, C_{Sp3}, \dots$$

$$C_{almTotal} = \sum C_{almEco1}, C_{almEco2}, C_{almEco3}, \dots$$

C_{almEco} = Carbono almacenado total para cada ecosistema resultado de la sumatoria del carbono almacenado calculado para cada especie en cada ecosistema.

$C_{almTotal}$ = Carbono almacenado total para el área de compensación resultado de la sumatoria del carbono almacenado en cada ecosistema.

Para cada cobertura, establecer el cálculo de carbono almacenado por especie para su posterior sumatoria. Para el cálculo total del carbono almacenado en el área de compensación, llevar a cabo la sumatoria de (Ver **Tabla 12-31**):

Tabla 12-31 Variación anual del carbono almacenado en los depósitos de los bosques naturales

	SP1	SP2	SP3	...	TOTAL
Ecosistema 1					
Ecosistema 2					
Ecosistema 3					

	SP1	SP2	SP3	...	TOTAL
....					
				Total	

Fuente: Instituto Alexander von Humboldt & The Nature Conservancy (2019).

- $CalmEco = CalmEco - CalmEco\ t-1 / CalmEco\ t-1$
- $CalmTotal = CalmTotal - CalmTotal\ t-1 / CalmTotal\ t-1$
- $CalmEco\ \text{ó}\ \Delta\ CalmTotal < 0$ El carbono almacenado disminuyó respecto a t-1
- $CalmEco\ \text{ó}\ \Delta\ CalmTotal = 0$ El carbono almacenado se mantuvo respecto a t-1
- $CalmEco\ \text{ó}\ \Delta\ CalmTotal > 0$ El carbono almacenado aumentó respecto a t-1

➤ *Porcentaje de carbono orgánico en el suelo*

Una disminución del carbono orgánico en el suelo imprime en el suelo una menor retención hídrica y una reducción de reservas de nutrientes, lo cual resulta en una menor biodiversidad microbiana y una actividad biológica limitada. Esto afecta servicios ecosistémicos importantes como son la regulación climática, hídrica y los servicios de aprovisionamiento si se considera la disminución en la fertilidad.

$$\%COS = \left(\frac{vCOS}{vN} \right) * 100$$

Ecuación 12-28. Porcentaje de carbono orgánico en el suelo

Donde,

%COS Es el porcentaje de carbono orgánico del suelo.

vCOS, Es el volumen de carbono orgánico en la muestra

vN, Es el volumen de otros componentes del suelo en la muestra.

Se debe establecer el delta del indicador entre diferentes periodos de tiempo tomando como referencia la medición inicial. En todo caso se debe contar con datos del escenario natural de referencia.

➤ *Porcentaje total de la porosidad presente en el horizonte*

Este indicador está asociado a funciones ecológicas del suelo como el ciclaje de nutrientes, aprovisionamiento de hábitat para especies (raíces, organismos del suelo), y regulación hídrica (infiltración, retención, percolación), en tal sentido presenta un alto potencial para identificar amenazas del suelo como la erosión, compactación, sellamiento o pérdida de biodiversidad.

La porosidad se puede medir por diferentes métodos, el más simple consiste en determinar el porcentaje solido de una unidad de volumen determinado del suelo, sin embargo, esta medición puede ser sesgada dado que el porcentaje de porosidad del volumen de suelo muestreado puede estar desconectado del resto del perfil del suelo y la superficie, de manera que su función real de retención de agua o disponibilidad de hábitat puede no ser real. En tal sentido se recomiendan otros métodos como el de porosimetría de intrusión de mercurio.

$$\%P = \left(\frac{vT}{vS} \right) * 100$$

Ecuación 12-29. Porcentaje total de la porosidad presente en el horizonte

Donde,

%P Es el porcentaje total de la porosidad en el horizonte

vT, Es el volumen de la muestra

vS, Es el volumen solido de la muestra

Se debe establecer el delta del indicador entre diferentes periodos de tiempo tomando como referencia la medición inicial. En todo caso se debe contar con datos del escenario natural de referencia.

➤ *Acidez del suelo – pH*

Es una de las propiedades químicas del suelo dado que está relacionado con la disponibilidad de nutrientes, que es un aspecto fundamental para determinar la fertilidad de los suelos.

La medición repetida a través del tiempo de este indicador permite identificar la evolución de diferentes tipos de amenazas sobre el suelo como son la pérdida de nutrientes y contaminación del suelo, especialmente toxicidad por aluminio o salinización. Además, tiene que ver con la pérdida de biodiversidad dado que la actividad de los organismos del suelo es inhibida en suelos muy ácidos.

La manera más precisa de medir el pH es mediante un potenciómetro, conocido igualmente como pH-metro.

$$pH = -\log_{10} aH +$$

Ecuación 12-30. Acidez del suelo (pH)

Donde,

– log₁₀, Es el algoritmo negativo de base 10

aH+, Es la actividad de los iones de hidrógeno.

El valor del pH en el suelo oscila entre 3,5 (muy ácido) a 9,5 (muy alcalino). Los suelos muy ácidos (<5,5) tienden presentar cantidades elevadas y tóxicas de aluminio y manganeso. Los suelos muy alcalinos (>8,5) tienden a dispersarse. La actividad de los organismos del suelo es inhibida en suelos muy ácidos y para los cultivos agrícolas el valor del pH ideal se encuentra en 6,5. En todo caso se debe contar con datos del escenario natural y local de referencia.

12.13.2 Manejo adaptativo

Con base en los resultados obtenidos a partir de los indicadores de seguimiento y monitoreo, se evaluará el grado de cumplimiento de los objetivos establecidos en el Plan de Compensación del

Componente Biótico. En caso de evidenciarse desviaciones significativas respecto a las metas planteadas, se implementará un proceso de análisis adaptativo, mediante el cual se identificarán los puntos críticos del desempeño del plan.

Este análisis incluirá:

- La identificación de las acciones o áreas específicas donde se presentan desviaciones.
- La evaluación de factores limitantes que puedan estar afectando el cumplimiento de los objetivos, tales como condiciones edáficas desfavorables, presión antrópica, eventos climáticos extremos, presencia de especies invasoras, entre otros.
- La revisión de los diseños implementados (arreglos florísticos, distancias de siembra, estrategias de aislamiento, etc.) con el fin de determinar si requieren ajustes o reconfiguraciones.
- La definición de medidas correctivas, tales como modificación de especies, refuerzo de núcleos, intensificación de mantenimientos, o cambios en los esquemas de seguimiento.

Este enfoque de manejo adaptativo permitirá tomar decisiones informadas y oportunas para mejorar la efectividad de las acciones implementadas, garantizando así una mayor probabilidad de alcanzar los resultados ecológicos esperados, y contribuyendo a la consolidación de procesos de restauración y preservación autosostenibles.

12.14 EVALUACIÓN DE LOS POTENCIALES RIESGOS

En este apartado se presentan los riesgos potenciales identificados en las áreas donde se implementarán las medidas de compensación del componente biótico, considerando variables de carácter biótico, abiótico y socioeconómico. Para su análisis, se contemplaron dos escenarios principales:

1. **Riesgos asociados a las áreas seleccionadas para la compensación**, que incluyen aspectos ecológicos, físicos, sociales y financieros del entorno.
2. **Riesgos vinculados a la implementación de las acciones de compensación**, tales como actividades de preservación y restauración ecológica con enfoque de rehabilitación.

La identificación y evaluación de estos riesgos incluyó la caracterización de su origen (motivo), su tipología, y el nivel de importancia asignado según la posibilidad de control o manejo. Para cada riesgo se establecieron posibles estrategias de prevención, mitigación o control.

La probabilidad de ocurrencia se estimó con base en el nivel de incertidumbre, considerando la influencia de actores involucrados, el contexto del riesgo y su tipología. Se asumió que, a mayor complejidad o menor capacidad de manejo, mayor es la incertidumbre y, por ende, la probabilidad de ocurrencia.

Este análisis busca anticipar contingencias que puedan afectar el cumplimiento de los objetivos del plan de compensación, y servir como base para la implementación de acciones correctivas o de manejo adaptativo durante su ejecución.

En la **Tabla 12-32** se relacionan los riesgos potenciales, que son generales y que se materializan sobre la puesta en marcha del plan de compensación.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA FASE EXPLORATORIA, A TRAVÉS DE LA OBTENCIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DE DESARROLLO PARA EL BLOQUE CPO-5	
CAPÍTULO 12. PLAN DE COMPENSACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO		

Tabla 12-32 Riesgos potenciales identificados en el desarrollo del plan de compensación

Aspecto	Descripción	Consecuencia	Probabilidad	Impacto	Medida de control	Responsable
Biótico	Reducida presencia de especies faunísticas que propician la dispersión efectiva de semillas.	Necesidad de inclusión de actividades no proyectadas – Atraso en el cronograma – Incrementos en los costos del proyecto.	Baja	Alto	Siembra de especies que propicien semillas aptas para las especies faunísticas – Inclusión de metas – Aumentos en los costos de las actividades.	Bloque CPO-5
Biótico	Problemas fitosanitarios.	Incumplimiento de las actividades del proyecto – Atraso en el cronograma – Incrementos en los costos	Baja	Alto	Formulación y ejecución de actividades de desinfección de suelos.	Bloque CPO-5
Biótico	Especies invasoras	Presencia de especies exóticas que compiten y desplazan las especies nativas	Media	Medio	- Control físico: refiere al uso de métodos mecánicos con el fin de capturar y manejar a las especies invasoras. Para emplear estas técnicas se aprovechan todos los factores de comportamiento y hábitos de las especies. - Control químico: con este tipo de control, la especie invasora se reduce o elimina de manera directa a través del uso de sustancias tóxicas (químicos) formulados en especial para este motivo. - Control biológico: este tipo de control supone la introducción de una especie enemiga al ecosistema del grupo invasor. En otras palabras, se realiza el control y la reducción de la plaga utilizando depredadores naturales a ella, manteniendo un equilibrio en donde esta no se extiende y, con el tiempo, se reduce. Adicionalmente usar especies nativas con rasgos de historia de vida que controlen o limiten el crecimiento y la germinación o nacimientos de las especies invasoras. -Control social: este tipo de control se centra en la capacitación de la comunidad aledaña frente al manejo y prevención de las especies invasoras.	Bloque CPO-5
Biótico	Incendios y quemas	Incendio forestal causado de forma natural o humana	Bajo	Alto	- Barreras cortafuegos: estas consisten en la creación de un espacio de terreno que no posee ningún tipo de material orgánico de fácil combustión, de esta forma los incendios forestales no pueden avanzar; existen dos tipos de cortafuego: los naturales, son terreno con escaso o ningún tipo de vegetación como los ríos y los artificiales, como pueden ser carreteras o caminos. - Acciones sociales: estas se encuentran enfocadas a la prevención de incendios, donde se deben realizar campañas de concientización y	Bloque CPO-5

Aspecto	Descripción	Consecuencia	Probabilidad	Impacto	Medida de control	Responsable
					educación frente al manejo de residuos (Colillas de cigarrillo, realización de fogatas y demás) y prácticas como quemas para limpiar terrenos.	
Biótico	Pérdida de material vegetal sembrado (semillas, plántulas, arbustos) como consecuencia de caída de árboles.	Dificultad para desarrollo de actividades – Retraso en el cronograma – Incrementos en los costos.	Baja	Medio	Verificación, Muestreo y Seguimiento de las condiciones fitosanitarias de los árboles cercanos a las áreas donde se desarrollarán las actividades.	Bloque CPO-5
Biótico	Sequías prolongadas.	Dificultad para desarrollo de actividades – Retraso en el cronograma – Incrementos en los costos.	Baja	Medio	Establecimiento de riegos temporales y monitoreo de crecimiento de las semillas, plántulas o árboles.	Bloque CPO-5
Financieros	Costos de inversión superiores a los costos de inversión disponibles.	Atraso en los objetivos y factor de compensación.	Media	Alto	Diseño adecuado del plan de inversiones partiendo de experiencias en otros sitios. Adaptación y ajuste de metas, indicadores y objetivos durante el desarrollo del proyecto.	Bloque CPO-5
Físico	Compactación de suelos por inclusión de ganadería.	Retraso en el cronograma – Incrementos en los costos.	Media	Medio	Preparación de terreno y siembra de vegetación que penetren los horizontes densos del suelo.	Bloque CPO-5
Físico	Cambio Climático	Variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste en un periodo prolongado	Media	Alto	Realizar un análisis de disponibilidad y suministro de agua, la aplicación de hidro retenedores para las primeras etapas de siembra y la revisión periódica de los reportes realizados por entidades estatales como el IDEAM, con el fin de prever cualquier evento atípico de mediana y larga duración durante la ejecución de la compensación.	Bloque CPO-5
Gestión predial	Atraso en la concertación con propietarios de las acciones de rehabilitación, uso sostenible y preservación.	Retraso en los cronogramas de ejecución de actividades y costos de ejecución.	Alto	Alto	Realización de mesas de trabajo continuas, buscando estrategias de mutuo acuerdo.	Bloque CPO-5
Social	Atraso en la concertación de las estrategias de compensación y los sitios	Incumplimiento del cronograma de ejecución de actividades y costos de ejecución.	Media	Medio	Realización de mesas de trabajo continuas, buscando estrategias de mutuo acuerdo.	Bloque CPO-5– Autoridades ambientales

Aspecto	Descripción	Consecuencia	Probabilidad	Impacto	Medida de control	Responsable
	propuestos con la autoridad ambiental.					
Social	Atraso en la concertación de las estrategias con la comunidad, Junta (s) de Acción comunal, Líderes comunitarios y Alcaldía (s).	Incumplimiento en el cronograma de ejecución de actividades y costos de ejecución.	Alta	Alta	Mesas de trabajo continuas, basado en estrategias que propicien la ejecución de las actividades.	Bloque CPO-5– Autoridades Ambientales y Actores locales
Social	Desfavorable participación comunitaria.	Inviabilidad de desarrollar el proyecto en las áreas ecológicamente equivalentes y sustitución de lugares.	Alta	Alta	Formulación de una estrategia de negociación participativa que muestre los beneficios del desarrollo del proyecto.	Bloque CPO-5
Social	Conflictos en el uso del suelo por parte de los propietarios de los predios.	Inhabilidad de desarrollo de las actividades proyectadas a ejecutar e incumplimiento en el cronograma de actividades.	Alta	Alta	Establecimiento y verificación de estrategias conjuntas para el desarrollo de actividades acordes a los usos del suelo de los predios.	Bloque CPO-5 – Actores locales
Social	Insuficiencia de los predios interesados para el desarrollo de las actividades proyectadas.	Incumplimiento de objetivos y factor de compensación en áreas ecológicamente equivalentes.	Alta	Alta	Formulación de estrategias de negociación que permitan a los propietarios reconocer las ventajas del proyecto y sus beneficios a corto y largo plazo.	Bloque CPO-5 – Actores locales
Social	Expansión de fronteras ganaderas.	Retraso en el cronograma – Incrementos en los costos.	Baja	Bajo	Instalación de cercas vivas y cercas divisorias que limiten el tránsito y expansión de las fronteras.	Bloque CPO-5
Técnico	Insuficiencia de fuentes de semillas, plántulas y viveros en cercanías de las áreas seleccionadas.	Dificultad para desarrollar las actividades – Atraso en el cronograma – Incumplimiento de objetivos y metas.	Baja	Medio	Identificación de parches detonantes a nivel local y regional, instalación de viveros y jornadas de recolección de semillas – Identificación de especies prioritarias para la comunidad que tengan buenas condiciones de reproducción.	Bloque CPO-5



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA FASE EXPLORATORIA, A TRAVÉS DE LA OBTENCIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DE DESARROLLO PARA EL BLOQUE CPO-5



CAPÍTULO 12. PLAN DE COMPENSACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO

Aspecto	Descripción	Consecuencia	Probabilidad	Impacto	Medida de control	Responsable
Técnico	Deterioro de las áreas restauradas o intervenidas.	Incumplimiento de objetivos y metas de conservación.	Alta	Medio	Desarrollo de monitoreo y mantenimiento en los tiempos establecidos.	Bloque CPO-5
Técnicos y Social	Discordancia entre los límites prediales y las estrategias de Rehabilitación ecológica, proyectos uso sostenible y conservación de palmares.	Incumplimiento de objetivos y metas de compensación.	Media	Alta	Identificación exhaustiva de los actores interesados, valoración socio predial y diseño en campo de opciones que maximicen la conectividad como sustento de la biodiversidad.	Bloque CPO-5

Fuente: GessiG S.A.S., 2026

12.15 PLAN OPERATIVO DE INVERSIÓN

El Plan de compensación requiere para su implementación, la formalización de acuerdos de conservación y de pagos por servicios ambientales - PSA en los sitios donde se tiene previsto el desarrollo de las actividades de compensación, la implementación de las acciones de restauración con enfoque de rehabilitación y preservación, así como su respectivo mantenimiento y la verificación de la efectividad de las acciones a través del programa de monitoreo y seguimiento.

En cuanto a la inversión necesaria para materializar el plan, se estimaron costos por unidad de área (hectárea). Sin embargo, en lo que respecta a los aislamientos y rehabilitaciones, los costos pueden variar si las áreas se encuentran adyacentes. Este segmento también considera los costos asociados al programa de Monitoreo y Seguimiento. Es crucial recalcar que todos los valores estimados deben ser actualizados antes de la ejecución de las acciones, teniendo en cuenta el lapso entre la formulación del plan, la aprobación de la licencia y la materialización de los impactos.

El detalle de la inversión se encuentra en el **Anexo 9.2_Costos_compensacion**. En este se detalla las actividades como la reforestación mediante nucleación, que abarca la preparación de áreas, transporte y plantación. Adicionalmente, se prevé el aislamiento de las áreas designadas para compensación donde se detecte la presencia de tensionantes, ya sea por ganadería o la incursión de individuos ajenos a las labores de restauración. Como paso final, se propone un mantenimiento de las medidas de restauración/rehabilitación durante un período de cinco (4) años.

12.16 CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN

El presente Plan de Compensación proyecta el cumplimiento de sus metas en un periodo de cinco (5) años. Al finalizar este plazo, se espera que las especies vegetales introducidas se encuentren plenamente establecidas, presenten fenofases vegetativas y reproductivas activas, y contribuyan de manera efectiva a la generación y/o recuperación de hábitats adecuados para la fauna silvestre.

El cronograma de implementación propuesto se presenta en el **Anexo 9.3_Cronograma_compensacion**, y constituye una herramienta de planificación flexible que podrá ser ajustada y replicada en función de los distintos alcances contemplados en este plan. Es importante destacar que su ejecución está sujeta a posibles modificaciones derivadas de los procesos de concertación y participación con actores locales e institucionales, lo cual podría generar variaciones en los tiempos inicialmente estimados.

Conforme a lo estipulado en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (MADS, 2018), la implementación del plan deberá iniciarse dentro de los primeros seis (6) meses posteriores a la generación de los impactos residuales causados por el proyecto. Esta etapa inicial se centrará en la planeación técnica y operativa, incluyendo la selección definitiva de predios, la definición de los mecanismos y modos de compensación, la formalización de acuerdos con propietarios o comunidades, y el levantamiento topográfico de las áreas priorizadas.

A partir del segundo año se prevé iniciar la fase de implementación en campo, que contempla el establecimiento de acciones de restauración ecológica con enfoque de rehabilitación y de preservación, así como la ejecución de actividades de mantenimiento y monitoreo previstas en el programa.

12.17 PROPUESTA DE MANEJO A LARGO PLAZO

Una vez finalizadas las actividades contempladas en el presente Plan de Compensación del Componente Biótico y verificado el cumplimiento de las obligaciones asociadas a la compensación, se llevará a cabo la concertación con la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) y la Corporación Autónoma Regional CORMACARENA para la entrega formal del proyecto ejecutado.

Como parte del proceso de cierre, se propondrá a la autoridad ambiental competente la implementación de un esquema de seguimiento a largo plazo, basado en visitas técnicas anuales lideradas por CORMACARENA, con el fin de verificar la permanencia y sostenibilidad de las acciones de rehabilitación ecológica y preservación implementados. Asimismo, estas visitas permitirán evaluar el cumplimiento de los compromisos adquiridos por los propietarios o tenedores de los predios involucrados, en el marco de los acuerdos de conservación suscritos.

Adicionalmente, el hecho de que las áreas seleccionadas para la compensación se encuentren localizadas dentro de zonas priorizadas para la conservación a nivel local, regional y nacional, fortalece el enfoque de sostenibilidad ecológica de largo plazo. Esta ubicación estratégica contribuye a disminuir la probabilidad de cambios no autorizados en el uso del suelo, siempre y cuando se garantice:

- El cumplimiento riguroso del plan de compensación.
- La aplicación efectiva de mecanismos de gobernanza local.
- El respeto por los acuerdos establecidos con las comunidades y propietarios.
- La implementación continua de incentivos para la conservación y el uso sostenible del territorio.

Este enfoque de manejo a largo plazo busca consolidar los logros alcanzados durante la implementación del plan, y promover la permanencia de los beneficios ecológicos y sociales derivados de las acciones compensatorias, en coherencia con los principios establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (MADS, 2018).

12.18 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Calle, Z., Bloomfield, G. S., Santamaría, S., Brancalion, P., Ribeiro-Pinto, S., González, G., ... & Estrada, C. (2016). Experiencias de fortalecimiento de capacidades para la restauración ecológica en América Latina. Más allá de la Ecología de la Restauración: Perspectivas Sociales en América Latina y el Caribe, 355-367

D'antonio, C. A. R. L. A., & Meyerson, L. A. (2002). Exotic plant species as problems and solutions in ecological restoration: a synthesis. *Restoration ecology*, 10(4), 703-713

IDEAM, 2010. Leyenda Nacional de coberturas de la tierra. Metodología CORINE Land Cover Adaptada Para Colombia Escala 1:100.000

IDEAM, IGAC, IAvH, Invermar, I. Sinchi e IIAP. 2017. Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico Jhon von Neumann, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives De Andreis e Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Bogotá, D. C., 276 p. + 37 hojas cartográficas

Jalonen, R., & Elliott, S. (2014). 12.2. Framework species method. *GENETIC CONSIDERATIONS IN ECOSYSTEM RESTORATION USING NATIVE TREE SPECIES*, 144.

LOS, G. D. L. R. D. N. M. D. A. Y. DE. (2018). "Normas para la rotulación, señalización ambiental y turística en las áreas protegidas del sistema nacional de áreas protegidas SINAP."

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). Guías Técnicas para la Restauración de Ecosistemas de Colombia. Guías Técnicas para la Restauración de Ecosistemas de Colombia, Grupo de Restauración Ecológica GREUNAL. Bogotá D.C., Colombia: MADS.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Plan Nacional de Restauración. Plan Nacional de Restauración, Restauración ecológica, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Disturbadas. Colombia: MADS.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2018. Manual de compensación del componente biótico / Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos; textos: Ramírez Martínez, Natalia María; Hincapié Posada, Juan Esteban; Fernández, María Angélica; Ruíz Hernández, Johanna Alexandra; Lozano Rodríguez, Laura Andrea. ---- Bogotá, D.C.: Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018. 61 p.: - (Compensaciones Ambientales del Componente Biótico; no. 3).

SER. (2004). Principios de SER international sobre la restauración ecológica. Society for Ecological Restoration International, 10.

https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER_Primer/ser-primer-spanish.pdf