Integral
INGENIEROS CONSULTORES

gramalote
Colombia

EVALUACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL

TABLA DE CONTENIDO

8 EVALUACIÓN AMBIENTAL 1
8.1 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS PARA EL ESCENARIO SIN PROYECTO 1
8.2 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS PARA EL ESCENARIO CON PROYECTO 1
8.3 EVALUACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL 1
8.3.1 Identificación de impactos relevantes 3
8.3.2 Jerarquización de los impactos 6
8.3.3 Cuantificación biofísica de los cambios en los bienes y servicios ecosistémicos 16
8.3.4 Análisis económico de impactos 20
8.3.5 Análisis costo beneficio 64
8.3.6 Cálculo de criterios de decisión 66
8.3.7 Análisis de sensibilidad 66

LISTA DE TABLAS

Tabla 8.3.1 Identificación de impactos significativos 4
Tabla 8.3.2 Resumen jerarquización de impactos..... 13
Tabla 8.3.3 Cuantificación de los cambios en los bienes y servicios ecosistémicos 17
Tabla 8.3.4 Cálculo del carbono fijado por el suelo y transferido a la atmósfera 23
Tabla 8.3.5 Valor económico del SSEE de regulación de gases atmosféricos asociado al impacto Alteración de la calidad del suelo..... 24
Tabla 8.3.6 Parámetros para calcular el valor del control de la erosión y sedimentos. 26
Tabla 8.3.7 Valor por hectáreas/año para el control de erosión y sedimentos en COP 27
Tabla 8.3.8 Valor económico del SSEE de control de erosión y retención de sedimentos asociado al impacto Alteración de la calidad del suelo..... 27
Tabla 8.3.9 Valor económico del impacto Alteración a la calidad del suelo..... 27
Tabla 8.3.10 Nivel futuro esperado de PM10 (µg/m^3). Aportes por la operación minera 29
Tabla 8.3.11 Estimación aportes anuales de PM10 (µg/m^3)..... 30
Tabla 8.3.12 Coeficientes dosis respuesta contaminación atmosférica..... 31
Tabla 8.3.13 Costo unitario estimado por categoría de salud..... 31
Tabla 8.3.14 Población infantil y adulta en las nuevas localidades del área de influencia 32
Tabla 8.3.15 Número de casos estimados 33
Tabla 8.3.16 Costo Anual asociado a los casos estimados..... 33
Tabla 8.3.17 Volúmenes de aprovechamiento forestal..... 35
Tabla 8.3.18 Valoración económica de los impactos Alteración a comunidades de flora y Alteración de la estructura ecológica del paisaje 40
Tabla 8.3.19 Carbono almacenado, dióxido de carbono transferido a la atmósfera por tipo de cobertura vegetal a remover..... 43
Tabla 8.3.20 Valor económico de los impactos Alteración a ecosistemas y hábitats terrestres y Alteración de la estructura ecológica del paisaje 44
Tabla 8.3.21 Pérdida de la capacidad de captura de CO_2 para las coberturas a remover en un periodo..... 45
Tabla 8.3.22 Valoración de la pérdida de la capacidad de captura de CO2 entre los años 3 y 16 del Proyecto 46

Tabla 8.3.23 Estimación económica del servicio ecosistémico de la polinización por hectárea..... 49
Tabla 8.3.24 Estudios seleccionados para la transferencia de beneficios..... 50
Tabla 8.3.25 Evaluación de los estudios..... 50
Tabla 8.3.26 Datos para aplicar la Paridad de Poder Adquisitivo (PPA)..... 51
Tabla 8.3.27 Coberturas con especias arbóreas..... 52
Tabla 8.3.28 Valor económico SE polinización y dispersión de semillas..... 52
Tabla 8.3.29 Valoración de la afectación de los hábitats y/o corredores biológicos terrestres..... 52
Tabla 8.3.30 Valor total afectación fauna y sus SSEE..... 53
Tabla 8.3.31 Respuestas de los encuestados sobre de la disponibilidad a trabajar para conservar los elementos del paisaje..... 55
Tabla 8.3.32 Población de las nuevas unidades territoriales..... 59
Tabla 8.3.33 Valor económico del impacto sobre el paisaje y la geoforma..... 59
Tabla 8.3.34 Valor total de la producción de caña afectada por año y empleos..... 60
Tabla 8.3.35 Valor total de la producción pecuaria (pastos) afectada por año..... 60
Tabla 8.3.36 Valor económico del impacto Alteración de las actividades económicas..... 61
Tabla 8.3.37 Parámetros obtenidos en el monitoreo de suelos según unidad cartográfica..... 62
Tabla 8.3.38 Valor comercial de los nutrientes..... 63
Tabla 8.3.39 Valor económico del impacto Alteración del uso socioeconómico del suelo..... 63
Tabla 8.3.40 Análisis costo beneficio ambiental..... 64
Tabla 8.3.41 Sensibilidad de los indicadores..... 67

LISTA DE FIGURAS

Figura 8.3.1 Estructura general del proceso de evaluación económica ambiental 3
Figura 8.3.2 Precios de referencia de la madera..... 40
Figura 8.3.3 Pasos a seguir en la metodología de transferencia de beneficios 47
Figura 8.3.4 Modelo econométrico de DAT por conservar el paisaje actual 56
Figura 8.3.5 Mediana de la DAP por conservar el paisaje actual 57
Figura 8.3.6 Modelo econométrico calificación de desagrado del paisaje con el proyecto..... 58
Figura 8.3.7 Media del ponderador de la afectación sobre el paisaje..... 58
Figura 8.3.8 VPN del análisis costo beneficio ambiental 66

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 8.3.1 Cálculo del carbono acumulado en el suelo..... 22
Ecuación 8.3.2 Carbono total almacenado..... 22
Ecuación 8.3.3 Dióxido de carbono transferido a la atmósfera..... 22
Ecuación 8.3.4 Valor Económico de la pérdida potencial de la capacidad de almacenamiento y fijación de carbono del suelo 23
Ecuación 8.3.5 Valor del servicio ecosistémico..... 26
Ecuación 8.3.6 Valor del servicio ecosistémico en Paridad de Poder Adquisitivo ... 26
Ecuación 8.3.7 Factor de Expansión de la biomasa..... 41
Ecuación 8.3.8 Carbono almacenado 42
Ecuación 8.3.9 Dióxido de carbono transferido a la atmósfera..... 42
Ecuación 8.3.10 Valor Económico de la pérdida potencial de la capacidad de almacenamiento y fijación de carbono de la cobertura vegetal 42
Ecuación 8.3.11 Cálculo de Paridad de Poder Adquisitivo..... 51

LISTA DE ANEXOS

ANEXOS_EVALUACION_ACB

ANEXOS_EVALUACION_Internalizacion

ANEXOS_EVALUACION_Soportes EEA

8 EVALUACIÓN AMBIENTAL

8.1 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS PARA EL ESCENARIO SIN PROYECTO

8.2 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS PARA EL ESCENARIO CON PROYECTO

8.3 EVALUACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL

La evaluación económica de impactos para proyectos sujetos a licenciamiento ambiental tiene como propósito estimar el valor monetario de los impactos positivos y negativos generados por el proyecto e incluirlos en el análisis de evaluación económica con miras a determinar la viabilidad económica del mismo. Esta herramienta es útil en la planificación y puesta en marcha de proyectos de infraestructura y desarrollo, pues orienta los procesos de control y minimización de los impactos ambientales que generan dichas actividades, garantizando la mejora en el bienestar social.

Para el desarrollo de este acápite se tiene en cuenta el contexto de la evaluación económica con la que cuenta el Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, anotando que, el ejercicio es integral y transversal a los diferentes trámites que se surtan en el marco del Proyecto, toda vez que la cuantificación de los costos y beneficios ambientales se ve afectada por cada una de las modificaciones realizadas, cambios en las externalidades y sus respectivas cuantificaciones.

A partir del Acta 20 de 2025 y el Concepto Técnico No. 001300 del 10 de marzo de 2025, que hacen parte del seguimiento y control, se describen los antecedentes en el marco de la evaluación económica:

> *En el artículo décimo de la Resolución 1514 del 25 de noviembre de 2015, que otorgó la Licencia Ambiental Global al proyecto "MINERÍA DE ORO A CIELO ABIERTO GRAMALOTE", se establecieron obligaciones relacionadas con la Evaluación Económica Ambiental. Estas obligaciones debían ser cumplidas por GRAMALOTE COLOMBIA LIMITED dentro del plazo establecido.*
>
> *Esta Autoridad realizó seguimiento al cumplimiento de dicha obligación, estableciendo requerimientos específicos en el numeral 6 del artículo segundo del*

Auto 2076 del 30 de mayo de 2017. Posteriormente, como producto de seguimiento se solicitó a través del requerimiento 1 del Acta de control y seguimiento 188 del 28 de octubre de 2019 y los requerimientos 4 y 70 del Acta de control y seguimiento 449 del 18 de noviembre de 2020 el cumplimiento de las obligaciones pendientes en el marco de la Resolución mencionada.

Luego, a través del artículo vigésimo octavo de la Resolución 00782 del 08 de mayo de 2019, que modificó la Licencia Ambiental otorgada al proyecto "MINERÍA DE ORO A CIELO ABIERTO GRAMALOTE", se impusieron nuevas obligaciones relacionadas con la Evaluación Económica Ambiental. Una vez más, GRAMALOTE COLOMBIA LIMITED debía responder a estas obligaciones dentro del plazo establecido. Como resultado del seguimiento realizado por esta Autoridad, se requirió su cumplimiento mediante el requerimiento 71 del Acta de control y seguimiento 449 del 18 de noviembre de 2019, con el fin de garantizar el cumplimiento de lo dispuesto en el numeral 6 del artículo vigésimo octavo de la Resolución 782 del 8 de mayo de 2019.

Posteriormente, producto de Concepto Técnico 7325 del 28 de noviembre de 2022, acogido mediante el Acta No. 875 del 30 de noviembre de 2022, se requirió el cumplimiento de las obligaciones vigentes mediante los requerimientos 12, 13 y 14 del Acta en mención.

Seguidamente, mediante los requerimientos 1 y 2 del Acta 723 del 20 de octubre de 2023 (concepto técnico 6896 del 19 de octubre de 2023) se reitera el cumplimiento de lo solicitado en los requerimientos 13 y 14 del Acta 875 del 30 de noviembre de 2022. De igual manera, se establece el cumplimiento del requerimiento 12 del Acta 875 del 30 de noviembre de 2022.

Finalmente, mediante concepto técnico 3078 del 15 de mayo del 2024, acogido por Acta 205 del 15 de mayo del 2024, se estableció el cumplimiento de los requerimientos 1 y 2 del Acta 723 del 20 de octubre del 2023 y los requerimientos 13 y 14 del Acta 875 del 30 de noviembre de 2022.

Por lo anterior, habiéndose cumplido todas las obligaciones asociadas a la evaluación económica y teniendo un ejercicio consolidado para el Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote que incluye la licencia ambiental (2015) y la primera modificación de licencia (2019), se tendrá en cuenta las metodologías que se encuentran validadas por la Autoridad Ambiental y se ajustarán las cuantificaciones biofísicas a que de lugar, a partir del resultado de la evaluación ambiental de la actual modificación.

La evaluación económica para el presente trámite se fundamenta en los lineamientos establecidos en el manual “Criterios técnicos para el uso de herramientas económicas en los proyectos, obras o actividades objeto de licenciamiento ambiental” aprobado mediante la Resolución 1669 de 2017, (ANLA, 2017). Así como en la metodología general para la elaboración de estudios ambientales, acogida mediante Resolución 1402 de 2018. Tal y como lo plantea dicho manual, la estrategia de Evaluación Económica Ambiental se sustenta principalmente en la selección de los impactos significativos, la jerarquización de estos, su cuantificación biofísica, el análisis económico a partir de la internalización o de la valoración económica y el desarrollo del análisis costo beneficio- ACB.

La Figura 8.3.1 muestra el esquema metodológico que se seguirá para el análisis de los impactos y la elaboración del ACB.

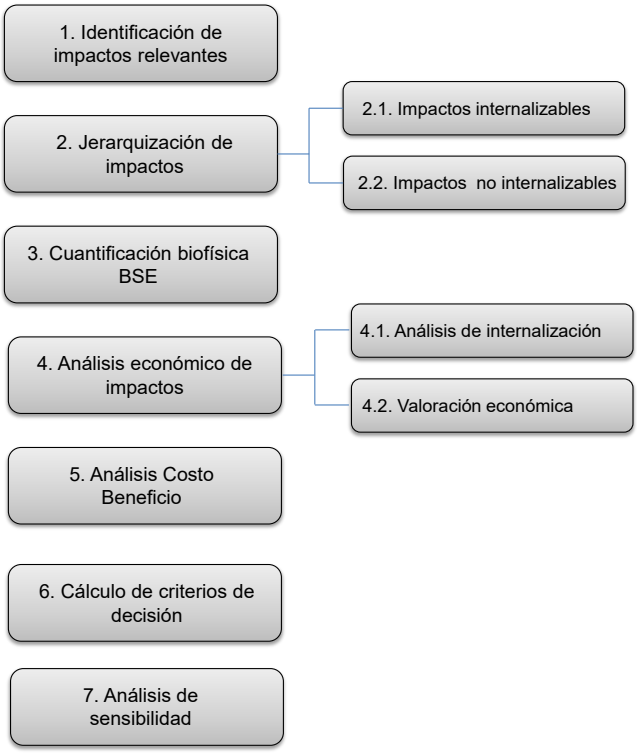

Figura 8.3.1 Estructura general del proceso de evaluación económica ambiental

Fuente: Adaptado de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, 2017

A continuación, se presenta la Evaluación Económica Ambiental de los impactos identificados en el complemento del Estudio de Impacto Ambiental asociado a la modificación de la licencia ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, siguiendo con la metodología expuesta en el Capítulo 2 Generalidades, según el esquema planteado por (ANLA, 2017). En este ejercicio, se estiman los indicadores económicos globales del proyecto que permiten determinar si éste es viable desde el punto de vista ambiental, social y económico.

8.3.1 Identificación de impactos relevantes

Para la determinación de los impactos ambientales significativos se retoma lo expuesto en el documento Criterios técnicos para el uso de herramientas económicas en los proyectos, obras o actividades objeto de licenciamiento ambiental (ANLA, 2017), basado en tres criterios a saber: nivel de importancia o significancia en la jerarquización de impactos, análisis de internalización de impactos y presencia de elementos ecológicos vulnerables, los cuales son descritos a continuación.

8.3.1.1 Nivel de importancia o significancia en la jerarquización de impactos

Se parte de lo propuesto por la (ANLA, 2017): “teniendo en cuenta las múltiples metodologías de evaluación de impacto ambiental, se consideran relevantes los impactos que resulten clasificados en los tres niveles que revistan mayor gravedad (para los impactos de carácter negativo) o mayor beneficio (en el caso de los impactos positivos) posterior al análisis del proyecto y en comparación con su estado inicial o línea base”.

A partir de esta información y aplicando el esquema de proyección de impactos descrito en la metodología, es posible clasificar y aplicar los respectivos análisis a los impactos de mayor significancia y relevancia que serán considerados en el ejercicio de evaluación económica, teniendo en cuenta que son estos los que generan una afectación de mayor magnitud sobre los bienes y servicios ecosistémicos.

Para la evaluación económica ambiental en el marco la modificación de la licencia ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, se identificaron veinticuatro (24) impactos, de los cuales se encuentran dos (2) categorizados como irrelevante y que son excluidos del análisis (Alteración en la oferta y disponibilidad del recurso hídrico superficial y Alteración de la accesibilidad movilidad y conectividad local), mientras que veintidós (22) impactos tienen una significancia ambiental moderada y severa, es decir, que por sus características presentan una mayor probabilidad de alterar la provisión de servicios ecosistémicos en el área de interés e influir en la utilidad o bienestar de los grupos poblacionales involucrados. Sobre estos impactos se realizarán las cuantificaciones y análisis respectivos a la evaluación económica ambiental, teniendo en cuenta la mayor calificación del impacto en la evaluación ambiental. Ver Tabla 8.3.1.

Tabla 8.3.1 Identificación de impactos significativos

Medio	Impacto	Mayor importancia del impacto por etapa		
		Construcción	Operación	Abandono y cierre
Abiótico	Alteración de las condiciones geotécnicas	(-23) Irrelevante negativo	(-30) Moderado negativo	(-18) Irrelevante negativo
Abiótico	Alteración de las condiciones geológicas	(-54) Severo negativo	(-31) Moderado negativo	
Abiótico	Alteración de la geoforma del terreno	(-31) Moderado negativo	(-31) Moderado negativo	
Abiótico	Alteración a la calidad del suelo	(-27) Moderado negativo	(-27) Moderado negativo	
Abiótico	Alteración en la calidad del sedimento y del recurso hídrico superficial continental	(-24) Irrelevante negativo	(-28) Moderado negativo	
Abiótico	Alteración hidrogeomorfológica de la dinámica fluvial lacustre y/o del régimen sedimentológico	(-40) Moderado negativo	(-26) Moderado negativo	
Abiótico	Alteración en la calidad del recurso hídrico subterráneo	(-17) Irrelevante negativo	(-33) Moderado negativo	
Abiótico	Alteración en la oferta y/o disponibilidad del	(-18) Irrelevante negativo	(-27) Moderado negativo	

Medio	Impacto	Mayor importancia del impacto por etapa		
		Construcción	Operación	Abandono y cierre
	recurso hídrico subterráneo			
Abiótico	Alteración de la concentración de contaminantes criterio y/o sustancias tóxicas en el aire	(-30) Moderado negativo	(-34) Moderado negativo	(-22) Irrelevante negativo
Abiótico	Alteración en los niveles de presión sonora en la atmósfera	(-34) Moderado negativo	(-34) Moderado negativo	(-19) Irrelevante negativo
Abiótico	Generación de vibraciones en la atmósfera	(-27) Moderado negativo		
Abiótico	Alteración en los niveles de radiación en la atmósfera	(-24) Irrelevante negativo	(-25) Moderado negativo	
Biótico	Alteración de la estructura ecológica del paisaje	(-57) Severo negativo	(-57) Severo negativo	
Biótico	Alteración a comunidades de flora	(-58) Severo negativo	(-58) Severo negativo	
Biótico	Alteración a ecosistemas y hábitats terrestres	(-54) Severo negativo	(-33) Moderado negativo	
Biótico	Alteración a comunidades de fauna terrestre	(-49) Moderado negativo	(-46) Moderado negativo	(-31) Moderado negativo
Biótico	Alteración a ecosistemas y hábitats acuáticos	(-43) Moderado negativo	(-40) Moderado negativo	
Biótico	Alteración a la hidrobiota incluyendo la fauna acuática	(-38) Moderado negativo	(-39) Moderado negativo	
Socioeconómico	Alteración de las actividades económicas	(-31) Moderado negativo	(-31) Moderado negativo	
Socioeconómico	Alteración en la percepción visual del paisaje	(-36) Moderado negativo	(-36) Moderado negativo	
Socioeconómico	Alteración en el uso socioeconómico del suelo	(-31) Moderado negativo	(-31) Moderado negativo	
Socioeconómico	Generación o alteración de conflictos socioambientales	(-51) Severo negativo	(-28) Moderado negativo	

Fuente: Integral S.A, 2026

8.3.1.2 Análisis de internalización de impactos

En el numeral 8.3.2 Jerarquización de los impactos, se realiza la identificación de los impactos que hacen parte del análisis de internalización, los cuales con el planteamiento de las medidas de manejo se pueden evitar o corregir las afectaciones. Por su parte, en el numeral 8.3.4.1 Análisis de internalización el cual tiene asociado el ANEXOS_EVALUACION_Internalizacion, dan cuenta del proceso de internalización realizado a los impactos aplicables, resultantes de la jerarquización de impactos.

8.3.1.3 Presencia de elementos ecológicos vulnerables

El Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, reporta al interior del área de intervención zonas de vida de Bosque húmedo tropical (bh-T), dentro de la cual se encuentra el Orobioma Subandino Nechí-San Lucas, Helobioma Nechí – San Lucas y dentro de estos, especies con alto valor de conservación, especies sensibles o vedadas.

Estos elementos fueron considerados al definir los impactos del proyecto sobre la flora, así como su espacialización para la definición del área de influencia de este componente. En particular, los impactos Alteración a ecosistemas y hábitats terrestres y Alteración a comunidades de flora tienen estrecha relación con las afectaciones directas sobre especies en veda o sensibles, cuyas poblaciones se verán reducidas o afectadas con la ejecución del proyecto.

8.3.2 Jerarquización de los impactos

En este paso se realiza la diferenciación de los impactos seleccionados como significativos (22 impactos), en las categorías de internalizable y no internalizable, de acuerdo con las definiciones presentadas en el apartado metodológico, en la cual se indica que, los impactos internalizables son aquellos que pueden ser controlados en su totalidad por las medidas de prevención o corrección contempladas dentro del Plan de Manejo Ambiental - PMA del EIA. Por su parte, los impactos no internalizables son todos aquellos que son mitigables o compensables, y conllevan a surtir el proceso de valoración económica.

8.3.2.1 Alteración de las condiciones geotécnicas

Dentro de la evaluación ambiental se origina una calificación de moderado para la actividad Operación depósitos de materiales a ejecutarse en la etapa de operación, teniendo en cuenta que, la conformación de taludes y de llenos altos altera negativamente la estabilidad geotécnica en depósitos, donde la acumulación de estéril aumenta cargas y riesgos de fallos.

Las características de extensión, magnitud, persistencia, reversibilidad y recuperabilidad, permite que, mediante la aplicación adecuada de los planes de manejo, se logre controlar el impacto, por lo tanto, se categoriza como ***internalizable.***

8.3.2.2 Alteración de las condiciones geológicas

En la etapa de construcción y montaje, se valoró este impacto como severo para la actividad de Excavaciones y voladuras, debido a que estas generan en las unidades litológicas cambios negativos, pues implican una alteración a la unidad geológica en cuanto a cambios en los horizontes de meteorización. Por su parte, en la etapa de operación se considera moderado para la actividad de Operación depósitos de materiales, puesto que su ejecución implica el descargue, disposición y esparcimiento del material, lo que altera las características geológicas naturales.

Por su parte, es importante destacar que, el impacto Alteración de las condiciones geológicas se encuentra asociado al servicio ecosistémico ***Formación de suelos***, el cual, al considerar lo expuesto por (Costanza et al, 1997) y (MEA, Millennium Ecosystem Assessment, 2005) se puede definir así: "*Hace referencia a la meteorización de rocas, la acumulación de materia orgánica y el mantenimiento de la calidad del suelo*."

Ahora, dentro del ejercicio de evaluación económica se cuantificó y valoró para el impacto Alteración a la calidad del suelo (numeral 8.3.2.4), lo respectivo a:

- Valor económico de la pérdida de la capacidad de almacenamiento y fijación de carbono en el suelo
- Valor por control de erosión y retención de sedimentos

Mientras que, para el impacto Alteración en el uso socioeconómico del suelo se tuvo en cuenta:

- Valor de la pérdida potencial de macronutrientes del suelo

Estos cálculos se pueden evidenciar en el ANEXOS_EVALUACION_ACB en las hojas: Pérdida propiedades FQ, Pérdida de Suelo y AlteraciónServiciosbaseSuelo.

Por lo anterior, la evaluación económica cuenta con la valoración de los servicios ecosistémicos que se relacionan con la formación de suelos y, por lo tanto, no procede una valoración económica adicional para el impacto Alteración de las condiciones geológicas, dado que ya están contenidas en la valoración de los impactos Alteración a la calidad del suelo y Alteración en el uso socioeconómico del suelo. En este sentido, ***se excluye del análisis*** actual.

8.3.2.3 Alteración de la geoforma del terreno

Las actividades de Excavaciones y voladuras, Adecuación, operación y mantenimiento de zonas de depósito y Operación depósitos de materiales, resultan en la evaluación ambiental con una importancia moderado, debido a que cambian la geoforma original del terreno y altera, la dinámica natural de los procesos geomorfológicos.

En consideración a que en el ejercicio global del proyecto que se encuentra aprobado por la Autoridad Ambiental se determinó que los efectos y/o cambios en la morfología del terreno natural por la interacción del Proyecto, afecta la calidad escénica, al cambiar el paisaje de sus observadores, la estimación de este impacto queda incluida en la valoración del impacto: Alteración del paisaje, dónde se valoran los servicios ecosistémicos de calidad escénica y la inspiración cultural y artística.

Dentro del proyecto licenciado, para estos efectos se cuenta con una valoración económica a través de la Disponibilidad a pagar -DAP que considera el número de población que reside en el área de influencia. Teniendo en cuenta que para la presente modificación de licencia se incluyen dos unidades territoriales, se procederá a ajustar la cuantificación biofísica en ese sentido, por lo tanto, este impacto es categorizado como ***no internalizable.***

8.3.2.4 Alteración a la calidad del suelo

Este impacto hace referencia a la alteración de las características físicas del suelo por procesos de remoción de cobertura y descapote, así como de las condiciones químicas del suelo, ocasionadas por el emplazamiento del proyecto, lo cual con el desarrollo de las actividades de Descapote y Adecuación, operación y mantenimiento de zonas de depósito originan una calificación de moderado dentro de la evaluación ambiental. Lo anterior, genera efectos residuales, dejando una pérdida sobre los servicios ecosistémicos, por lo que debe surtirse un proceso de valoración económica y, por lo tanto, el impacto se categoriza como ***no internalizable.***

8.3.2.5 Alteración en la calidad del sedimento y del recurso hídrico superficial continental

Dentro de la evaluación ambiental se calificó moderado para las actividades de Operación depósitos de materiales y Descapote, asociadas a la etapa de operación, debido a que pueden generarse aportes de sedimentos hacia los cuerpos de agua superficiales, asociados al arrastre de material fino desde las superficies expuestas ante la ocurrencia de eventos de precipitación; además de que el descapote genera superficies de suelo expuesto susceptibles a procesos de erosión hídrica, lo que puede incrementar el arrastre de sedimentos hacia los cuerpos de agua.

Dentro de la valoración económica del proyecto licenciado, la metodología desarrollada que fue aprobada por la Autoridad Ambiental se enmarca en la Disponibilidad a pagar -DAP de las poblaciones que percibirían el efecto, mismas que se corresponden con aquellas en las que en su territorio se plantean captaciones requeridos por el Proyecto, a saber: Centro poblado Providencia, El Diluvio, El Iris, Guacas Abajo, La Linda, La María, Manizales, Peñas Azules y Guacharacas (Yolombó).

Por su parte, en el capítulo 7 Demanda, Uso, Aprovechamiento y/o Afectación de Recursos Naturales, se indica que se mantendrán 22 vertimientos autorizados donde 4 se modifican, la descarga de la PTAR y los vertimientos de los sedimentadores el Banco, la San Antonio y la Palestina se les modifica la descarga que se hará por el canal natural en vez de hacerlo por medio de tuberías dejando los cauces secos.

Dicho esto, para el presente trámite de modificación, no se evidencia variación en la cuantificación biofísica del impacto, por lo tanto, ***se excluye del análisis*** actual.

8.3.2.6 Alteración hidrogeomorfológica de la dinámica fluvial lacustre y/o del régimen sedimentológico

Este impacto es calificado como moderado para las actividades de Excavaciones y voladuras, Operación y mantenimiento de obras hidráulicas, en tanto se puede modificar la morfología del terreno y, en consecuencia, alterar la dinámica fluvial y los caudales de algunos cauces superficiales, afectando las condiciones naturales de escorrentía y drenaje. Asimismo, se pueden producir modificaciones localizadas en el trazado y la dinámica del cauce.

Dentro de la valoración económica del proyecto licenciado, la metodología desarrollada que fue aprobada por la Autoridad Ambiental se enmarca en la Disponibilidad a pagar -DAP de las poblaciones que percibirían el efecto, mismas que se corresponden con aquellas en las que en su territorio se plantean captaciones requeridos por el Proyecto, a saber: Centro poblado Providencia, El Diluvio, El Iris, Guacas Abajo, La Linda, La María, Manizales, Peñas Azules y Guacharacas (Yolombó).

Según lo expuesto en el capítulo 7 Demanda, Uso, Aprovechamiento y/o Afectación de Recursos Naturales, en el numeral de aguas superficiales, las fuentes hídricas de las cuales se abastecerán las obras objeto de Modificación del Proyecto se encuentran en la relación de las que ya tiene autorizadas el Proyecto, es decir, no se hará sobre fuentes nuevas y se enmarcan en los mismos territorios ya considerados en la valoración económica.

En línea con lo anterior, para el presente trámite de modificación, no se evidencia variación en la cuantificación biofísica del impacto, por lo tanto, ***se excluye del análisis*** actual.

8.3.2.7 Alteración en la calidad del recurso hídrico subterráneo

Para la actividad de Operación depósitos de materiales se le otorgó dentro de la evaluación ambiental una calificación de moderado. Por su parte, dentro de la valoración económica del proyecto licenciado, la metodología desarrollada que fue aprobada por la Autoridad Ambiental se enmarca en la Disponibilidad a pagar -DAP de las poblaciones que percibirían el efecto, mismas que se corresponden con aquellas en las que en su territorio se plantean captaciones requeridos por el Proyecto, a saber: Centro poblado Providencia, El Diluvio, El Iris, Guacas Abajo, La Linda, La María, Manizales, Peñas Azules y Guacharacas (Yolombó).

Ahora bien, dentro del capítulo 7 Demanda, Uso, Aprovechamiento y/o Afectación de Recursos Naturales, se indica que se mantendrán 22 vertimientos autorizados donde 4 se modifican, la descarga de la PTAR y los vertimientos de los sedimentadores el Banco, la San Antonio y la Palestina se les modifica la descarga que se hará por el canal natural en vez de hacerlo por medio de tuberías dejando los cauces secos.

Por lo anterior, para el presente trámite de modificación, no se evidencia variación en la cuantificación biofísica del impacto, por lo tanto, ***se excluye del análisis*** actual.

8.3.2.8 Alteración en la oferta y/o disponibilidad del recurso hídrico subterráneo

Dentro de la evaluación ambiental este impacto presenta una calificación de moderado para la actividad de Operación depósitos de materiales, debido a que el cambio de coberturas y la ocupación del terreno pueden modificar las condiciones de infiltración y recarga, afectando la dinámica del flujo subterráneo en el sector intervenido.

En el marco del proyecto licenciado, no se concibió como un impacto significativo (severo o crítico) según la metodología de evaluación económica aplicable al proceso de licenciamiento ambiental. No obstante, para el presente trámite se considera ***internalizable***, teniendo en cuenta la posibilidad de recuperar el factor, su persistencia y reversibilidad, pudiéndose aplicar medidas que permiten controlar el impacto.

8.3.2.9 Alteración de la concentración de contaminantes criterio y/o sustancias tóxicas en el aire

Este impacto es considerado moderado para las etapas de construcción y operación, en particular para las actividades de: Transporte y acarreos; Descapote, Excavaciones y voladuras; Preparación de concretos y agregados; Construcción, operación y mantenimiento de obras civiles; Operación y mantenimiento de maquinaria y equipos; Transporte y acarreos; Generación de energía (gas); Operación depósitos de materiales; Descapote; Arranque mecánico y cargue; Adecuación y Mantenimiento de Vías Mineras; Trituración Primaria.

Dentro del proyecto licenciado, este impacto cuenta con valoración económica a través de la metodología Costo de la Enfermedad (morbilidad) que considera el número de población que reside en el área de influencia. Teniendo en cuenta que para la presente modificación de licencia se incluyen dos unidades territoriales, se procederá a ajustar la cuantificación biofísica en ese sentido, por lo tanto, este impacto es categorizado como ***no internalizable.***

8.3.2.10 Alteración en los niveles de presión sonora en la atmósfera

En el ejercicio de evaluación ambiental, este impacto fue considerado con importancia moderado, asociado a las actividades de: Transporte y acarreos; Excavaciones y voladuras, Construcción, operación y mantenimiento de obras civiles; Operación y mantenimiento de maquinaria y equipos; Transporte y acarreos; Generación de energía (gas); Operación depósitos de materiales y, Trituración Primaria.

Este impacto cuenta con una valoración económica para el Proyecto licenciado, para el cual se determinó que la cuantificación biofísica considera únicamente la población del centro poblado del corregimiento de Providencia dada su cercanía. Lo cual, aunado a los resultados de la presente modificación de licencia, cuya expresión en los niveles de la presión sonora perceptibles no se extiende a otro centro poblado, se concluye que el impacto no varía en la cuantificación biofísica. Por lo anterior, el impacto se ***excluye del análisis*** actual.

8.3.2.11 Generación de vibraciones en la atmósfera

Como consecuencia de la actividad de Excavaciones y voladuras se origina este impacto, para el cual se otorga una calificación de moderado en la evaluación ambiental.

De acuerdo a lo expuesto en la caracterización socioeconómica en particular el componente espacial, se analiza que existe una distancia significativa entre el límite del tajo en donde se desarrollaría la actividad y el centro poblado del corregimiento de Providencia, superando los 500 metros, cuando el modelo de vibraciones indica que la longitud máxima en la que puedan llegar las vibraciones es a 290 – 300 metros, lo cual es superado ampliamente por la distancia a la vivienda más cercana del centro poblado.

Es un impacto que no fue considerado en el proyecto licenciado, sin embargo, para el presente trámite, se evidencian medidas preventivas y correctivas para el control del impacto, teniendo en cuenta su persistencia y reversibilidad. Por lo anterior, este impacto se categoriza como ***internalizable.***

8.3.2.12 Alteración en los niveles de radiación en la atmósfera

Se le otorga una valoración de moderado dentro de la evaluación ambiental para la actividad de Operación y mantenimiento de maquinaria y equipos, asociado a que la operación de luminarias genera una modificación artificial de las condiciones naturales de luminosidad nocturna.

Es un impacto que no fue considerado en el proyecto licenciado, sin embargo, se puede recuperar mediante la aplicación de medidas de manejo, por lo que se categoriza como ***internalizable*** en el marco de la presente modificación de licencia.

8.3.2.13 Alteración a comunidades de flora

Este impacto se produce como consecuencia principalmente de la remoción de la cobertura vegetal y aprovechamiento forestal. La remoción de las coberturas vegetales ocasiona la afectación directa en la estructura y diversidad, modificando la composición florística en términos de equidad y dominancia de especies.

Por tal razón, genera un efecto residual, lo que conlleva a que el impacto deba ser compensado por lo que debe ser valorado económicamente a partir de la metodología aprobada para el Proyecto y, por ende, este impacto se categoriza como ***no internalizable.***

8.3.2.14 Alteración a ecosistemas y hábitats terrestres

Este impacto se produce como consecuencia principalmente de la remoción de la cobertura vegetal y aprovechamiento forestal en las áreas nuevas asociadas a obras como el depósito de estériles, áreas de movilidad y multipropósito, área de explotación (tajo), plataformas e infraestructura asociada y vías.

Es un impacto que deja un efecto residual, debiéndose surtir el proceso de valoración económica, utilizando la metodología que se encuentra aprobada por la Autoridad Ambiental para la cuantificación biofísica que se genera por el presente trámite de modificación. Es así, como el impacto se clasifica como **no internalizable.**

8.3.2.15 Alteración de la estructura ecológica del paisaje

Si bien, es un impacto con importancia severa dentro de la evaluación ambiental para la actividad de desmonte que se realizará en las etapas de construcción y montaje, este impacto genera efectos que recaen sobre los servicios ecosistémicos considerados en los impactos Alteración a comunidades de flora y Alteración a ecosistemas y hábitats terrestres.

A razón de lo anterior y en concordancia con la evaluación económica del Proyecto que se encuentra aprobada por parte de la Autoridad Ambiental, si bien no procede una valoración económica independiente, se asocian a las metodologías de los impactos antes mencionados, que serán ajustados en su cuantificación biofísica generada por el presente trámite de modificación, por lo cual, este impacto se *categoriza como* ***no internalizable***.

8.3.2.16 Alteración a comunidades de fauna terrestre

Es un impacto con calificación moderada para las etapas de construcción, operación y cierre, para las actividades de: Transporte y acarreos; Desmonte; Descapote; Excavaciones y voladuras; Construcción, operación y mantenimiento de vías; Transporte y acarreos, y Adecuación y Mantenimiento de Vías Mineras.

Está relacionado principalmente con la remoción de cobertura vegetal y afecta los servicios ecosistémicos de polinización y control biológico. Se considera como un impacto ***no internalizable*****,** para el cual se valorará económicamente la cuantificación biofísica que se genera por el presente trámite de modificación de licencia, haciendo uso de la metodología que se encuentra aprobada por la Autoridad Ambiental.

8.3.2.17 Alteración a ecosistemas y hábitats acuáticos

Dentro de la evaluación ambiental se calificó con una importancia moderado, para actividades de las etapas de construcción y operación, dentro de las cuales se encuentran: Descapote; Excavaciones y voladuras; Adecuación, operación y mantenimiento de zonas de depósito; Construcción, operación y mantenimiento de obras civiles; Construcción, operación y mantenimiento de vías; Construcción de obras hidráulicas; Operación y mantenimiento de maquinaria y equipos; Operación depósitos de materiales; Almacenamiento de roca, y Adecuación y Mantenimiento de Vías Mineras.

En correspondencia con el ejercicio de evaluación económica con el que cuenta el Proyecto y se encuentra aprobado por la Autoridad Ambiental, este impacto ya hace parte del análisis de internalización global del Proyecto y en la presente modificación de licencia no se evidencia variación en los planes de manejo, indicadores y costos que permiten su internalización. Por lo anterior, este impacto no sufre cambios y por ende, ***se excluye del ejercicio*** actual, conservándose conforme está autorizado.

8.3.2.18 Alteración a la hidrobiota incluyendo la fauna acuática

Las actividades de: Operación de casinos, oficinas y campamentos; Descapote; Excavaciones y voladuras; Adecuación, operación y mantenimiento de zonas de depósito; Construcción, operación y mantenimiento de obras civiles; Construcción, operación y mantenimiento de vías; Construcción de obras hidráulicas; Operación de casinos, oficinas y campamentos; Operación y mantenimiento de maquinaria y equipos; Operación y mantenimiento de obras hidráulicas; Operación depósitos de materiales; y Almacenamiento de roca, obtienen dentro de la evaluación ambiental una calificación de moderado.

Este impacto cuenta con una valoración económica para el Proyecto licenciado, para el cual se determinó que la cuantificación biofísica a partir de las capturas de especies que son básicamente para el autoconsumo. Considerando que, actualmente no se reportan prácticas en la actividad pesquera con fines económicos, así como personas que realicen esta actividad, se concluye que, no hay variación en la cuantificación biofísica que sea otorgada por la presente modificación de licencia, conservándose conforme se encuentra aprobado por la Autoridad Ambiental. En este sentido, este impacto se ***excluye del análisis*** actual.

8.3.2.19 Alteración de las actividades económicas

Es un impacto que se genera como consecuencia de la actividad de desmonte, debido a que con la modificación de licencia se requieren áreas adicionales en las cuales se hallan coberturas de cultivos y pastos, que soportan las prácticas económicas del territorio.

Teniendo en cuenta que se requieren medidas de compensación, es necesario surtir el proceso de valoración económica, a partir de la metodología aprobada por la Autoridad Ambiental, considerando la cuantificación biofísica adicional. Por lo tanto, es un impacto categorizado como **no internalizable.**

8.3.2.20 Alteración en la percepción visual del paisaje

En la evaluación ambiental se consideró que tiene interacción con las actividades de construcción y operación: Desmonte; Descapote; Excavaciones y voladuras; Adecuación, operación y mantenimiento de zonas de depósito; Construcción, operación y mantenimiento de obras civiles; Construcción, operación y mantenimiento de vías; Operación depósitos de materiales; y Almacenamiento de roca, calificados con una importancia moderado.

Dentro del proyecto licenciado, este impacto cuenta con valoración económica a través de la Disponibilidad a pagar -DAP que considera el número de población que reside en el área de influencia. Teniendo en cuenta que para la presente modificación de licencia se incluyen dos unidades territoriales, se procederá a ajustar la cuantificación biofísica en ese sentido, por lo tanto, este impacto es categorizado como ***no internalizable.***

8.3.2.21 Alteración en el uso socioeconómico del suelo

Este impacto se encuentra relacionado con la actividad de descapote en las etapas de construcción y operación, obteniendo una calificación de moderado. Teniendo en cuenta que en las áreas adicionales requeridas para el emplazamiento del proyecto se dará una limitación de este, generando un efecto residual.

Por lo anterior, este impacto se considera **no internalizable**, debiéndose surtir el proceso de valoración económica, a partir de la metodología aprobada por la Autoridad Ambiental, a partir de la cuantificación biofísica que se genera por el presente trámite de modificación de licencia.

8.3.2.22 Generación o alteración de conflictos socioambientales

La evaluación ambiental arroja como resultado que, este impacto recibe una calificación de moderado en su interacción con las actividades de: Desmonte; Excavaciones y voladuras; Adecuación, operación y mantenimiento de zonas de depósito; Construcción, operación y mantenimiento de vías; y Operación depósitos de materiales; mientras que, para la actividad de Construcción, operación y mantenimiento de obras civiles se valoró como severo.

En correspondencia con el ejercicio de evaluación económica con el que cuenta el Proyecto y se encuentra aprobado por la Autoridad Ambiental, este impacto ya hace parte del análisis de internalización global del Proyecto y en la presente modificación de licencia, no se evidencia variación en los planes de manejo, indicadores y costos que permiten su internalización. Por lo anterior, este impacto no sufre cambios en la modificación de licencia y por ende, ***se excluye del ejercicio*** actual, conservándose conforme está autorizado.

8.3.2.23 Conclusión de la jerarquización de impactos

Como resultado del análisis anterior, se muestra en la Tabla 8.3.2 un resumen de la condición en la que se presentará cada impacto para el actual trámite de modificación de licencia en el ejercicio de evaluación económica, considerando la homologación de impactos entre el EIA licenciado y el trámite actual, así como la inclusión en el análisis.

Tabla 8.3.2 Resumen jerarquización de impactos

Medio	Impacto MEIA 2026	Impacto del EIA Asociado	Inclusión en el análisis	Consideraciones
Abiótico	Alteración de las condiciones geotécnicas	Pérdida de la estabilidad del terreno	Internalizable	Impacto nuevo en el análisis de internalización
	Alteración de las condiciones geológicas	No aplica	Internalizable	Impacto nuevo en la evaluación ambiental, sin embargo, se excluye del análisis debido a que la valoración de los servicios ecosistémicos asociados se encuentra ya considerados en la valoración de los impactos Alteración a la calidad del suelo y Alteración en el uso socioeconómico del suelo
	Alteración de la geoforma del terreno	Alteración de la geoforma	Excluido del análisis	Su valoración se encuentra enmarcada en la del impacto del paisaje, tal como se refiere en la

Medio	Impacto MEIA 2026	Impacto del EIA Asociado	Inclusión en el análisis	Consideraciones
				página 581 del Concepto técnico 07325 del 28 de noviembre de 2022, acogido por el Acta 875 del 30 de noviembre del 2022 de seguimiento y control. Se considera la cuantificación biofísica generada por la modificación
	Alteración a la calidad del suelo	-Alteración de las propiedades FQ y microbiológicas del suelo -Pérdida de suelo	No internalizable	Se valora económicamente incluyendo las metodologías de los dos impactos que se homologan. La primera aprobada por ANLA en la página 599 del Concepto técnico 6651 del 28 de octubre de 2020, acogido por el Acta 449 del 19 de noviembre del 2020 de seguimiento y control: La segunda aprobada por ANLA en la página 584 del Concepto técnico 7325 del 28 de noviembre de 2022, acogido por el Acta 875 del 30 de noviembre del 2022 de seguimiento y control:
	Alteración en la calidad del sedimento y del recurso hídrico superficial continental	Alteración de la calidad del agua superficial	Excluido del análisis	No cambia la cuantificación biofísica con respecto al proyecto licenciado.
	Alteración hidrogeomorfológica de la dinámica fluvial lacustre y/o del régimen sedimentológico	Alteración de la dinámica del agua superficial	Excluido del análisis	No cambia la cuantificación biofísica con respecto al proyecto licenciado.
	Alteración en la calidad del recurso hídrico subterráneo	Alteración de la calidad del agua subterránea	Excluido del análisis	No cambia la cuantificación biofísica con respecto al proyecto licenciado.
	Alteración en la oferta y/o disponibilidad del recurso hídrico subterráneo	Alteración de la disponibilidad del agua subterránea	Internalizable	Impacto nuevo en el análisis de internalización
	Alteración de la concentración de contaminantes criterio y/o sustancias tóxicas en el aire	Alteración de la calidad del aire	No internalizable	Se conserva la metodología aprobada por ANLA en la página 588 del Concepto técnico 7325 del 28 de noviembre de 2022, acogido por el Acta 875 del 30 de noviembre del 2022 de seguimiento y control: Se considera la cuantificación biofísica generada por la modificación
	Alteración en los niveles de presión sonora en la atmósfera	Aumento en los niveles de presión sonora	Excluido del análisis	No cambia la cuantificación biofísica con respecto al proyecto licenciado.

Medio	Impacto MEIA 2026	Impacto del EIA Asociado	Inclusión en el análisis	Consideraciones
	Generación de vibraciones en la atmósfera	No aplica	Internalizable	Impacto nuevo en la evaluación ambiental y en el análisis de internalización
	Alteración en los niveles de radiación en la atmósfera	No aplica	Internalizable	Impacto nuevo en la evaluación ambiental y en el análisis de internalización
Biótico	Alteración a comunidades de flora	Modificación de las poblaciones de flora	No internalizable	Se conserva la metodología aprobada por ANLA en la página 314 del Concepto Técnico 6254 de 24 de noviembre de 2015, asociado a la Resolución 1514 del 25 de noviembre de 2025 mediante la cual se otorgó la licencia ambiental al Proyecto. Se considera la cuantificación biofísica generada por la modificación
	Alteración a ecosistemas y hábitats terrestres	Modificación de la cobertura vegetal	No internalizable	Se conserva la metodología aprobada por ANLA en la página 602 del Concepto técnico 6651 del 28 de octubre de 2020, acogido por el Acta 449 del 19 de noviembre del 2020 de seguimiento y control: Se considera la cuantificación biofísica generada por la modificación
	Alteración de la estructura ecológica del paisaje	Fragmentación de hábitats	Excluido del análisis	Su valoración se encuentra enmarcada en los impactos Alteración a comunidades de flora y Alteración a ecosistemas y hábitats terrestres. No procede una valoración independiente para no incurrir en doble contabilidad, no obstante, se hace referencia en las metodologías de los impactos antes citados.
	Alteración a comunidades de fauna terrestre	-Pérdida de individuos de las poblaciones de fauna terrestre -Alteración de los servicios base de la fauna	No internalizable	Se conserva la metodología aprobada por ANLA en la página 384 del Concepto técnico 003078 del 15 de mayo de 2024, acogido por el Acta 205 del 15 de mayo del 2024 de seguimiento y control, la cual concibe una única valoración económica para la fauna y sus servicios ecosistémicos asociados. Se considera la cuantificación biofísica generada por la modificación.
	Alteración a ecosistemas y hábitats acuáticos	Alteración y/o modificación de hábitats acuáticos	Excluido del análisis	No se modifican los elementos que se consideraron en el análisis de internalización en el marco del proyecto licenciado.

Medio	Impacto MEIA 2026	Impacto del EIA Asociado	Inclusión en el análisis	Consideraciones
	Alteración a la hidrobiota incluyendo la fauna acuática	Pérdida de individuos de flora y fauna acuática Alteración en la composición y estructura de las comunidades hidrobiológicas	Excluido del análisis	No cambia la cuantificación biofísica con respecto al proyecto licenciado.
Socioeconómico	Alteración de las actividades económicas	Cambio en las actividades productivas	No internalizable	Se conserva la metodología aprobada por ANLA en la página 233 del Concepto técnico 6651 del 28 de octubre de 2020, acogido por el Acta 449 del 19 de noviembre del 2020 de seguimiento y control: Se considera la cuantificación biofísica generada por la modificación
	Alteración en la percepción visual del paisaje	Alteración del paisaje	No internalizable	Se conserva la metodología aprobada por ANLA en la página 426 del Concepto técnico 6651 del 28 de octubre de 2020, acogido por el Acta 449 del 19 de noviembre del 2020 de seguimiento y control: Se considera la cuantificación biofísica generada por la modificación
	Alteración en el uso socioeconómico del suelo	Alteración de los servicios base del suelo	No internalizable	Se conserva la metodología del impacto homologado aprobada por ANLA en la página 600 del Concepto técnico 6651 del 28 de octubre de 2020, acogido por el Acta 449 del 19 de noviembre del 2020 de seguimiento y control: Se considera la cuantificación biofísica generada por la modificación
	Generación o alteración de conflictos socioambientales	Potenciación de conflictos sociales	Excluido del análisis	No se modifican los elementos que se consideraron en el análisis de internalización en el marco del proyecto licenciado.

Fuente: Integral S.A, 2026

8.3.3 Cuantificación biofísica de los cambios en los bienes y servicios ecosistémicos

La Tabla 8.3.3 presenta la cuantificación biofísica de los cambios en los bienes y servicios ecosistémicos como producto de la acción de los impactos seleccionados como relevantes para el Proyecto, es decir, aquellos que en el numeral anterior se clasificaron como Internalizables y No internalizables. En este sentido, los valores que se relacionan en la columna correspondiente a la cuantificación del impacto tienen el detalle del cálculo en la sección 8.3.4.2 Valoración económica de impactos y el ANEXOS_EVALUACION_Internalizacion.

Tabla 8.3.3 Cuantificación de los cambios en los bienes y servicios ecosistémicos

Impacto MEIA 2026	Impacto del EIA Asociado	Servicio ecosistémico	Indicador de Línea Base	Cuantificación Línea Base	Indicador Cambio Biofísico	Cambio Biofísico
Alteración de las condiciones geotécnicas	Pérdida de la estabilidad del terreno	Control de la erosión	Área de Influencia Abiótica del proyecto	2.495,27 ha	Área de influencia geotecnia	712,33 ha
Alteración a la calidad del suelo	Alteración de las propiedades FQ y microbiológicas	Regulación de gases atmosféricos	Área de Influencia Abiótica del proyecto	2.495,27 ha	Área nueva de suelo a intervenir	286,12 ha
	-Pérdida de suelo	Control de la erosión y retención de sedimentos	Área de Influencia Abiótica del proyecto	2.495,27 ha	Área nueva de suelo a intervenir	286,12 ha
Alteración en la oferta y/o disponibilidad del recurso hídrico subterráneo	Alteración de la disponibilidad del agua subterránea	Provisión de agua	Número de manantiales en el área de influencia	73 manantiales	Número de manantiales ubicados en el área de abatimiento que podrían reducir el caudal	23 manantiales
Alteración de la concentración de contaminantes criterio y/o sustancias tóxicas en el aire	Alteración de la calidad del aire	Regulación de gases atmosféricos	Población que conforma el AI socioeconómica	5.869	Población del AI a incluirse por afectación al aire	282
Generación de vibraciones en la atmósfera	No aplica	Bienestar de la población	Localidades que conforman área de influencia	20	Localidad más próxima al sitio de voladura	Centro poblado del corregimiento de Providencia

Impacto MEIA 2026	Impacto del EIA Asociado	Servicio ecosistémico	Indicador de Línea Base	Cuantificación Línea Base	Indicador Cambio Biofísico	Cambio Biofísico
			global del Proyecto			
Alteración en los niveles de radiación en la atmósfera	No aplica	No está asociado al cambio de las condiciones de un servicio ecosistémico	Número de Luminarias instaladas por el proyecto	0	Luminarias por instalarse en el proyecto que cumplen con el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP	2.759
Alteración a comunidades de flora	Modificación de las poblaciones de flora	Provisión de madera	Volumen total en el área de aprovechamiento forestal m^3	2.477,75 m^3	Volumen comercial aprovechable m^3	1256,83 m^3
Alteración de la estructura ecológica del paisaje	Fragmentación de hábitats					
Alteración a ecosistemas y hábitats terrestres	Modificación de la cobertura vegetal	Regulación de gases atmosféricos	Área de Influencia de flora	1.434,75 ha	Área de aprovechamiento forestal	168,05
Alteración de la estructura ecológica del paisaje	Fragmentación de hábitats					
Alteración a comunidades de fauna terrestre	-Pérdida de individuos de las poblaciones de fauna terrestre	Polinización	Área de Influencia de flora	1.434,75 ha	Área de aprovechamiento forestal con cobertura boscosa	129,43 ha

Impacto MEIA 2026	Impacto del EIA Asociado	Servicio ecosistémico	Indicador de Línea Base	Cuantificación Línea Base	Indicador Cambio Biofísico	Cambio Biofísico
	-Alteración de los servicios base de la fauna	Control biológico	Área (ha) de Influencia de flora	1.434,75 ha	Área de aprovechamiento forestal	168,05
Alteración de las actividades económicas	Cambio en las actividades productivas	Inspiración cultural y artística Inspiración espiritual e histórica	Área en aprovechamiento forestal	168,05 ha	Área en coberturas de pasto y caña	85,14 ha
Alteración en la percepción visual del paisaje	Alteración del paisaje	Calidad escénica	Población que conforma el AI socioeconómica	5.869	Población del AI a incluirse por afectación al aire	282
Alteración de la geoforma del terreno	Alteración de la geoforma					
Alteración en el uso socioeconómico del suelo	Alteración de los servicios base del suelo	Reciclado de nutrientes	Área de Influencia Abiótica del proyecto	2.495,27 ha	Área nueva de suelo a intervenir	286,12 ha

Fuente: Integral S.A, 2026

8.3.4 Análisis económico de impactos

8.3.4.1 Análisis de internalización

La valoración económica de impactos considera para aquellos definidos como internalizables, una monetización equivalente a la inversión en actividades de control. En este sentido, el valor de las inversiones descritas en el Plan de Manejo Ambiental – PMA, generan una buena representación del costo de oportunidad de evitar el empeoramiento de la calidad ambiental y dicho monto permite valorar monetariamente el impacto.

Los impactos objeto de análisis de internalización son:

- Alteración de las condiciones geotécnicas
- Alteración en la oferta y/o disponibilidad del recurso hídrico subterráneo
- Alteración en los niveles de radiación en la atmósfera
- Generación de vibraciones en la atmósfera

Estos impactos fueron clasificados como internalizables a partir de las acciones de manejo propuestas en los diferentes programas de manejo.

El ejercicio de internalización permite dar seguimiento a la efectividad del Plan de Manejo Ambiental, el cual incluye el servicio ecosistémico asociado, indicador de línea base, cuantificación biofísica, planes de manejo e indicadores de eficacia de las medidas propuestas en cada uno de ellos y los costos asociados a estos.

En ANEXOS_EVALUACION_Internalizacion se encuentra el detalle del análisis de internalización. Es de anotar que, si bien el anexo contempla el ejercicio global del Proyecto validado en el marco del ICA8 mediante el Concepto Técnico No. 001300 del lunes, 10 de marzo de 2025 asociado al acta 20 de 2025, se halla en letra color azul los impactos que se agregan con el presente trámite de modificación de la licencia ambiental.

8.3.4.2 Valoración económica de impactos

A continuación, se enlistan los impactos que son no internalizables y para los cuales debe surtirse la valoración económica. Posteriormente se relaciona la metodología y los respectivos resultados:

- Alteración a la calidad del suelo
- Alteración de la concentración de contaminantes criterio y/o sustancias tóxicas en el aire
- Alteración a comunidades de flora
- Alteración a ecosistemas y hábitats terrestres
- Alteración de la estructura ecológica del paisaje
- Alteración a comunidades de fauna terrestre
- Alteración de las actividades económicas
- Alteración en la percepción visual del paisaje
- Alteración de la geoforma del terreno
- Alteración en el uso socioeconómico del suelo

Los métodos de valoración seleccionados están implícitos en los enfoques de precios de mercado, gastos actuales y potenciales (costo de reposición, costo de reemplazo y proyecto sombra), costo de enfermedad (morbilidad), Preferencias declaradas (Conjoint) y

transferencia de beneficios, los cuales permiten obtener una aproximación al valor de uso (directo o indirecto) y valor de no uso de los servicios ecosistémicos impactados.

Es de destacar que, las metodologías a utilizarse guardan correspondencia con las que se encuentran aprobadas por la Autoridad Ambiental en los impactos que interactúan con la presente modificación de licencia ambiental, acotándose al delta en la cuantificación biofísica a precios actuales.

En ANEXOS_EVALUACION_ACB se encuentra el desarrollo de la evaluación económica con la que cuenta el Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, que permite la verificación del componente metodológico. Asimismo, se menciona que, en ANEXOS_EVALUACION_SoportesEEA se tiene el análisis costo beneficio aprobado, se encuentra demarcada en color azul las hojas que contienen las valoraciones que implican un cambio en su cuantificación y por ende en el valor económico; por último, en la hoja ACB se resalta la letra en azul sobre los costos que varían y su comportamiento en los criterios de decisión globales.

8.3.4.2.1 Alteración a la calidad del suelo

A continuación, se desarrollan las metodologías aplicables a este impacto, el cual tiene dos enfoques para la valoración económica.

A. Valoración económica asociada a la regulación de gases atmosféricos

a. Metodología

La metodología aplicada corresponde con la utilizada para el impacto Alteración de las propiedades FQ y microbiológicas del suelo, del Proyecto licenciado. A continuación, se transcribe la metodología definida, la cual se asocia al servicio ecosistémico de regulación de gases atmosféricos:

Teniendo en cuenta que actualmente se reconoce que el incremento en la concentración de dióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera influye en el cambio climático (Conservation Strategy, 2007) es posible mitigar el efecto del CO_2 almacenándolo en el suelo a través de la acumulación de materia orgánica, tal y como lo plantea (Ávila at al, 2001). Esta situación hace posible la valoración del impacto a través de la pérdida potencial de la capacidad de almacenamiento de carbono. La cual se desarrolla a través del método de precios de mercado, tomando como referencia los trabajos de (Ávila at al, 2001), (Cotler et al, 2011) y La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2000), los cuales abordan la valoración económica en suelos de diferentes ecosistemas ubicados en Costa Rica, México y Guatemala respectivamente. Así mismo, trabajos como los de (Zambrano et al, 2004) y (Martínez et al, 2008) donde se realiza una revisión y análisis de la dinámica del carbono en el suelo.

La finalidad del ejercicio es cuantificar y valorar el carbono(C) fijado y almacenado en el horizonte orgánico de las diferentes unidades cartográficas de suelo, el cual va a ser impactado con la remoción de este. Para ello, el C almacenado en el suelo (CA_S) en ton/ha, se estimó a partir del porcentaje de C en el suelo (%CS), la densidad aparente (DA) y la profundidad de muestreo (P) del mismo (Ávila at al, 2001) a partir de la Ecuación 8.3.1.

$$CA_s = \%CS * DA * P$$

Ecuación 8.3.1 Cálculo del carbono acumulado en el suelo

Fuente: (Ávila at al, 2001)

Donde:

CA_S: Carbono acumulado en el suelo

%CS: Porcentaje de Carbono en el suelo utilizando el método de Walkley y Black

DA: Densidad aparente del suelo

P: Profundidad del horizonte orgánico

Para la conversión de materia orgánica a C, se usó el factor 1,724 (Jaramillo, J. D. F, 2002) y para el cálculo del carbono total, se utilizó el área de cada unidad cartográfica en el área puntual de intervención, como se muestra en la Ecuación 8.3.2.

$$C_i = AU_i * CU_i$$

Ecuación 8.3.2 Carbono total almacenado

Fuente: (Ávila at al, 2001) y (Cotler et al, 2011)

Donde:

C_i: Carbono total almacenado en el suelo por tipo de unidad cartográfica (i:1,2…4). Las cuatro unidades cartográficas identificadas son: Asociación Yarumal (YA), Asociación El Cinco (EC), Asociación Yalí (JD) y Complejo Tarazá (TR).

AU_i: Área total de la unidad cartográfica

CU_i: Carbono almacenado en la unidad cartográfica medido en toneladas/hectáreas

El comportamiento de la materia orgánica en el suelo es un proceso complejo y, por tanto, no es posible afirmar con precisión qué cantidad del carbono de esta materia corresponde a C almacenado y qué cantidad a C respirado en el metabolismo de los microorganismos del suelo. Sin embargo, se parte del supuesto de que la destrucción del suelo enviará todo el C a la atmósfera como CO_2. De esta manera, el dióxido de carbono transferido por el suelo, a través de la acumulación de materia orgánica se calcula mediante la Ecuación 8.3.3.

$$DC_t = \sum_{i=1}^{4} C_i \; {}_i * (PM)$$

Ecuación 8.3.3 Dióxido de carbono transferido a la atmósfera

Fuente: Rodríguez y Ramírez (2008), CONAP (1999) y (Conservation Strategy, 2007)

Donde:

DC_t: Dióxido de carbono transferido a la atmósfera, medido en toneladas de CO_2para las cuatro unidades cartográficas del área puntual de intervención.

PM: Proporción molecular para pasar de carbono (C) a dióxido de carbono (CO_2). Este factor corresponde a (44/12)[1], según (CONAP, 1999) y Rodríguez y Ramírez (2008).

Finalmente, para determinar el valor económico del dióxido de carbono transferido a la atmósfera, se hace uso de la Ecuación 8.3.4

$$VEIS = DC_t * P_c$$

Ecuación 8.3.4 Valor Económico de la pérdida potencial de la capacidad de almacenamiento y fijación de carbono del suelo

Fuente: (Conservation Strategy, 2007) y (CONAP, 1999)

Donde:

VEIS: Valor económico de la pérdida de la capacidad de almacenamiento y fijación de carbono en el suelo o valor económico del impacto.

DC_t: Dióxido de carbono transferido, medido en toneladas de CO_2

P_C: Precio en el mercado del carbono, dado por \$/tonCO_2

Debido a que no se cuenta con una estimación de precios cuenta o precios de eficiencia para este bien, se parte del supuesto de que el valor económico estimado opera en un mercado perfectamente competitivo, por tanto, libre de distorsiones, dicho valor refleja el real beneficio marginal de la sociedad y puede ser utilizado para valorar el servicio ecosistémico de regulación de gases atmosféricos

b. Resultados

La Tabla 8.3.4 presenta el cálculo del carbono total almacenado por la capa orgánica y del dióxido de carbono potencialmente transferido a la atmósfera por unidad cartográfica una vez sea removido el horizonte de suelo, de acuerdo con la metodología propuesta y haciendo uso de las ecuaciones de carbono acumulado en el suelo, carbono total almacenado y dióxido de carbono transferido a la atmósfera, por cada una de las cuatro unidades cartográficas presentes en el área puntual de intervención, que para el caso de la modificación de licencia es de 286,12 ha.

Tabla 8.3.4 Cálculo del carbono fijado por el suelo y transferido a la atmósfera

Unidad cartográfica	Profundidad (cm)	MO %	C %	Carbono almacenado (Kg/ha)	Carbono almacenado (Ton/ha)	Área (ha.)	Carbono total (Ton/ha)	Dióxido de carbono potencialmente transferido (Ton CO2)
Asociación Yarumal (YA)	25,6	4,24	1,78	63.339,52	63,34	134,89	8.544,15	31.328,55
Asociación El Cinco (EC)	34,33	4,03	1,77	72.916,92	72,92	13,37	974,60	3.573,55
Asociación Yalí (JD)	27,00	4,24	1,73	61.190,10	61,19	124,15	7.596,98	27.855,59

[1] Factor de conversión cuyo numerador corresponde al peso molecular del CO_2y el denominador al peso atómico del C.

Unidad cartográfica	Profundidad (cm)	MO %	C %	Carbono almacenado (Kg/ha)	Carbono almacenado (Ton/ha)	Área (ha.)	Carbono total (Ton/ha)	Dióxido de carbono potencialmente transferido (Ton CO2)
Complejo Tarazá (TR)	41,75	2,68	0,41	22.937,45	22,94	13,71	314,38	1.152,72
Total					**220,38**	**286,12**	**17.430,11**	**63.910,40**
Valor promedio por ha							**60,92**	**223,37**

Fuente: Integral S.A, 2026, a información registrada aquí proviene de las caracterizaciones realizadas en el presente estudio y en estudios anteriores, la cual se presenta compilada y resumida en ANEXOS_EVALUACION_SoporteEEA_Datos_Valoración_Suelos

Los resultados de la Tabla 8.3.4 evidencian que en las 286,12 ha distribuidas en cuatro unidades cartográficas de suelo, se almacenan 17.430,11 toneladas de carbono, (en promedio, 60,92 ton C/ha), las cuales equivalen a 63.910,40 toneladas de dióxido de carbono potencialmente transferido a la atmósfera debido a la pérdida del horizonte de suelo.

Finalmente, a través de la ecuación de valor económico de la pérdida potencial de la capacidad de almacenamiento y fijación de carbono del suelo, y teniendo en cuenta el precio de mercado de $ 29.070,49 /ton CO_2 para el año 2026, según lo establecido por el impuesto nacional al carbono mediante Resolución número 00003 del 30 de enero de 2026: “Por la cual se ajustan las tarifas del Impuesto Nacional a la Gasolina y al ACPM, y del Impuesto al carbono”. (DIAN., 2026), se determina un valor por hectárea para el impacto que asciende a $6.493.454 /ha.

Lo anterior representa un valor total del servicio ecosistémico de regulación de gases por remoción equivalente a $1.857.906.659, considerando las 286,12 ha a intervenir, tal y como lo muestra la Tabla 8.3.5.

Tabla 8.3.5 Valor económico del SSEE de regulación de gases atmosféricos asociado al impacto Alteración de la calidad del suelo

Unidad cartográfica	Carbono total (Ton/ha)	Dióxido de carbono potencialmente transferido (Ton CO2)	Valor del CO2 $/Ton
Asociación Yarumal (YA)	8.544,15	31.328,55	910.736.289
Asociación El Cinco (EC)	974,60	3.573,55	103.884.781
Asociación Yalí (JD)	7.596,98	27.855,59	809.775.579
Complejo Tarazá (TR)	314,38	1.152,72	33.510.009
Total	**17.430,11**	**63.910,40**	**1.857.906.659**
Valor promedio por ha	**60,92**	**223,37**	**6.493.454**

Fuente: Integral S.A, 2026

En ANEXOS_EVALUACION_ACB se encuentra de manera detallada el valor anual del impacto, de acuerdo con el plan de remoción de suelo, el cual considera el periodo en el que se presenta el impacto (entre año 3 y 16 del Proyecto).

B. Valoración económica asociada al control de erosión y retención de sedimentos

a. Metodología

La remoción de los horizontes del suelo propicia pérdidas por erosión que se presenta en el área de estudio por la actividad de descapote y que generan que los atributos del suelo se afecten por la "pérdida de la capa superficial de la corteza terrestre por acción del agua y/o viento que trae consecuencias ambientales, sociales, económica y culturales….dónde no solamente se erosionan los suelos, sino con ellos se pierden los nutrientes, la materia orgánica, la retención de humedad, la profundidad de los suelos y se disminuye la productividad" (IDEAM - UDCA, 2015) por lo que para este caso se estima el valor del servicio ecosistémico de control de la erosión y retención de sedimentos.

Para este caso se utiliza la metodología empleada por (Curtis I. A, 2004), dónde se estima el precio de mercado para el servicio ecosistémico de control de erosión y retención de sedimentos. Este está basado en los principios del valor de la teoría económica, fundamentada en la teoría de precios y las preferencias humanas (Frank R. H., 1991), así como la teoría de la valoración (fundamentada en las interacciones reales dentro de un mercado), combinación que genera una justificación empírica de la metodología.

Dentro del modelo que provee el precio del mercado, se estipulan tres modelos que contemplan diferentes variables como la variación en el usufructo del suelo por año (Ufpa), el porcentaje de la productividad en el sentido de la provisión de los bienes y servicios ecosistémicos (esi) y la ponderación de los atributos de los diversos bienes y servicios ecosistémicos (wt), en el cual se encuentra el de control de la erosión y retención de sedimentos.

De esta manera, el usufructo del suelo por año está determinado por el valor medio del capital de la tierra, siendo la mejor medida para la aproximación de todos los usos a los que se destina la tierra y en la cual se tiene en cuenta los diversos principios y factores que afectan el valor de este bien, teniendo en cuenta el valor de las tierras comercializables y las no comercializables, dando un valor de ($/ha). A este valor se le aplica una tasa de capitalización derivada del estudio del mercado del suelo y determinada principalmente por el riesgo de dicho mercado.

En cuanto al porcentaje de la productividad en el sentido de la provisión de los bienes y servicios ecosistémicos, (Curtis I. A, 2004) desarrolla un modelo conceptual en el que se utiliza la riqueza de especies, la cobertura vegetal y/o el nivel de protección de estas tierras o las características del uso del suelo, teniendo en cuenta que la medida de la productividad de los servicios ecosistémicos tiene en cuenta los diferentes elementos del paisaje (Holdrige, L. R, 1967), (Holdrige et al, 1971) y (Lugo et al, 1988).

Con respecto a la ponderación de los atributos de los bienes y servicios ecosistémicos, (Curtis I. A, 2004), crea un panel dónde participaron 50 expertos de diferentes disciplinas económicas neoclásicas que está representada por: la economía ambiental, economía ecológica, geografía, manejo de recursos naturales, ecología y ciencias ambientales. Con la opinión de los expertos utilizada en la investigación se pudieron estimar las clasificaciones relativas y ponderaciones de los atributos de cada modelo con análisis multicriterio.

En este sentido, para calcular el valor del servicio ecosistémico (control de la erosión y retención de sedimentos) se utilizó lo presentado en la Ecuación 8.3.5:

$$TVi = UFpa * Área * esi * wt$$

Ecuación 8.3.5 Valor del servicio ecosistémico

Fuente: (Curtis I. A, 2004)

Dónde:

UFpa= v usufructo del suelo por año ($AUD /ha)

esi = porcentaje de la productividad en el sentido de la provisión de los bienes y servicios ecosistémicos (%)

wt = ponderación de los atributos de los bienes y servicios ecosistémicos

Teniendo en cuenta las características del suelo del Proyecto y lo expuesto según (Curtis I. A, 2004), se toman los valores presentados en la Tabla 8.3.6.

Tabla 8.3.6 Parámetros para calcular el valor del control de la erosión y sedimentos

Tvi=Ufpa*esi*wt	12,16
Ufpa (8,25%)	314,33
esi	53%
wt	0,073

Fuente: Integral S.A, 2026 a partir de (Curtis I. A, 2004), páginas 179, 191 y 186

De esta manera se actualiza el valor obtenido (12,16 AUD) a pesos colombianos (COP) del 2026, se utiliza la Paridad de Poder Adquisitivo (PPA), considerando la Ecuación 8.3.6 (Correa et al, 2011) la cual toma los valores en la moneda original, valores de IPC y del ingreso per cápita, así como la tasa de cambio:

$$Valor\ Pesos \frac{Col}{Valor_{año\ 2026}} =$$

$$\text{Valor \$USD año de estudio x} \left(\frac{IPC\ país\ en\ estudio\ 2026}{IPC\ país\ en\ estudio\ (año\ del\ estudio)}\right) * \left(\frac{INB\ país\ en\ estudio\ 2026}{INB\ Colombia\ \ 2026}\right) * \left(tasa\ de\ cambio \frac{\$Col}{\$moneda\ original}\right)$$

Ecuación 8.3.6 Valor del servicio ecosistémico en Paridad de Poder Adquisitivo

Fuente: (Correa et al, 2011)

b. Resultados

La Tabla 8.3.7 presenta los valores determinados a partir del estudio de valoración económica del SE control de la erosión y sedimentos en paridad de poder adquisitivo (PPA) a pesos de 2026. Los valores de IPC (Índice de Precio al Consumidor) e INB PPA (ingreso nacional bruto per cápita en paridad de poder adquisitivo) se tomaron del Fondo Monetario Internacional (IMF, 2026) y una tasa de cambio actualizada al año 2026 de $2.601,50 pesos (Banco de la República, 2026).

Tabla 8.3.7 Valor por hectáreas/año para el control de erosión y sedimentos en COP

Valor Estudio	12,2
Moneda original	AUD
Año	2004
IPC país origen 2026	138,6
IPC país origen año del estudio	81,7
PIB per cápita país origen 2026	71143,3
PIB per cápita Colombia 2026	22036,3
Tasa de cambio de moneda original a COP	2601,5
Valor Servicio Ecosistémico (AUD 2026/año)	66,6
Valor Servicio Ecosistémico (COP 2026/año)	173.287

Fuente: Integral S.A, 2026 a partir de la información del Fondo Monetario Internacional y Banco de la República

Lo anterior representa un valor total del servicio ecosistémico de control de erosión y retención de sedimentos, considerando las 286,12 ha a intervenir, se obtiene un valor de $49.580.729 bajo la TRM asumida, tal y como lo muestra la Tabla 8.3.8.

Tabla 8.3.8 Valor económico del SSEE de control de erosión y retención de sedimentos asociado al impacto Alteración de la calidad del suelo

Unidad cartográfica	**Valor Total**
Asociación Yarumal (YA)	23.375.389
Asociación El Cinco (EC)	2.316.139
Asociación Yalí (JD)	21.514.164
Complejo Tarazá (TR)	2.375.037
Valor Total	**49.580.729**

Fuente: Integral S.A, 2026

En ANEXOS_EVALUACION_ACB se encuentra de manera detallada el valor anual del impacto, de acuerdo con el plan de remoción de suelo, el cual considera el periodo en el que se presenta el impacto (entre año 3 y 16 del Proyecto).

Ahora bien, una vez calculados los valores económicos de cada uno de los servicios ecosistémicos asociados, se logra un valor total del impacto de $1.907.487.388, tal como se muestra en la Tabla 8.3.9, mientras que el detalle se evidencia en ANEXOS_EVALUACION_ACB.

Tabla 8.3.9 Valor económico del impacto Alteración a la calidad del suelo

Servicio ecosistémico	**Valor ($)**
Regulación de gases atmosféricos (almacenamiento de carbono)	1.857.906.659
Control de erosión y retención de sedimentos	49.580.729
Total	**$1.907.487.388**

Fuente: Integral S.A, 2026

8.3.4.2.2 Alteración de la concentración de contaminantes criterio y/o sustancias tóxicas en el aire

La metodología aplicada corresponde con la utilizada para el impacto Alteración de la calidad del aire, del Proyecto licenciado. A continuación, se transcribe la metodología definida, la cual se asocia al servicio ecosistémico de regulación de gases atmosféricos:

a. Metodología

La alteración de la calidad del aire se presenta por la emisión de partículas sólidas a la atmósfera, tanto de partículas suspendidas totales (fracción inhalable con diámetros mayores de 10 micras), como de PM10 (material particulado con diámetro menor a 10 micras). Este material se da como producto de actividades de operación de maquinaria y equipo, excavaciones, movimiento de tierras, disposición de materiales sobrantes, entre otros.

La suspensión de estas partículas en el aire afecta el servicio ecosistémico de regulación de gases atmosféricos y por tanto la calidad del aire, que puede resultar en afectaciones a la salud de la población del área de influencia.

La metodología de valoración para estos impactos corresponde a la de Costo de la Enfermedad (morbilidad), en consideración a que los cambios en la calidad del aire pueden afectar la salud del ser humano. Como lo indica la (ANLA, 2017), la morbilidad, entendida como el cambio en la probabilidad de una persona de adquirir una enfermedad, representa una medida para valorar los cambios en la salud humana. La valoración de la morbilidad a través del enfoque de costo de la enfermedad estima la variación de los gastos incurridos por los individuos como resultado de un cambio en la incidencia de una enfermedad en particular. Tanto los costos directos (por ejemplo, los costos de las visitas al médico, los costos de tratamiento, etc.) y los costos indirectos (por ejemplo, salarios) se incluyen en la estimación.

Para su aplicación se requirió información de la función de daño implícita o función dosis-respuesta, la cual relaciona el nivel de contaminación (exposición) con el grado de efectos en salud (respuesta), así como el impacto específico que el contaminante puede generar sobre la salud humana, lo cual se mide por la dosis (o concentración) y el coeficiente de respuesta. Así mismo, se requirió estimar el número de personas expuestas (casos), cuantificar los costos y agregar los resultados.

Para ello se consideró la información del modelo de dispersión de calidad el aire realizado por Evaluación & Control Ambiental S.A.S. (2014) en el marco del Estudio de Impacto Ambiental, presentado en la respuesta del requerimiento 15 del Acta No. 004 de 2015. Posteriormente se obtuvo el promedio de $\mu g/m^3$ aportado por la operación minera. Véase la Tabla 8.3.10.

En la Tabla 8.3.11 se estimaron los niveles de PM 10 $\mu g/m^3$ para el año tres al diecisiete, a partir de los promedios obtenidos en los años modelados, los cuales se utilizarán para el cálculo del valor monetario del impacto.

Vale la pena resaltar que con el aporte generado por el proyecto los niveles se mantienen dentro de los rangos establecidos por la normatividad nacional en cuanto a niveles máximos permisibles de contaminantes del aire.

Tabla 8.3.10 Nivel futuro esperado de PM10 (µg/m^3). Aportes por la operación minera

Punto	Año 3			Año 5			Año 6			Año 8			Año 10		
	Calidad de aire PM10	Aporte del modelo	Nivel futuro esperado de PM10 (µg/m^3)	Calidad de aire PM10	Aporte del modelo	Nivel futuro esperado de PM10 (µg/m^3)	Calidad de aire PM10	Aporte del modelo	Nivel futuro esperado de PM10 (µg/m^3)	Calidad de aire PM10	Aporte del modelo	Nivel futuro esperado de PM10 (µg/m^3)	Calidad de aire PM10	Aporte del modelo	Nivel futuro esperado de PM10 (µg/m^3)
Hacienda Palestina	19,17	4,53	23,7	19,17	4,88	24,05	19,17	4,8	23,97	19,17	4,94	24,11	19,17	4,89	24,06
Corregimiento Providencia	21,18	5,61	26,79	21,18	7,25	28,43	21,18	6,7	27,88	21,18	6,63	27,81	21,18	6,24	27,42
La Maria Escuela	16,63	3,73	20,36	16,63	4,45	21,08	16,63	3,35	19,98	16,63	4,44	21,07	16,63	4,2	20,83
Cristales Casa Señor Castaño	13,13	0	13,13	13,13	0	13,13	13,13	0	13,13	13,13	0	13,13	13,13	0	13,13
Guacas Arriba Escuela	17,77	0,5	18,27	17,77	0,78	18,55	17,77	0,9	18,67	17,77	1,43	19,2	17,77	1,61	19,38
Finca Providencia	18,69	3,61	22,3	18,69	4,54	23,23	18,69	4,03	22,72	18,69	4,37	23,06	18,69	4,12	22,81
Corregimiento Cristales	18,17	0,11	18,28	18,17	0,09	18,26	18,17	0,9	19,07	18,17	0,11	18,28	18,17	0,11	18,28
Hacienda San Antonio	25,6	10,27	35,87	25,6	14,11	39,71	25,6	14,39	39,99	25,6	14,82	40,42	25,6	14,76	40,36
Trinidad Casa Wendi Lorena	15,35	0,42	15,77	15,35	0,86	16,21	15,35	0,96	16,31	15,35	1,6	16,95	15,35	1,48	16,83
Trinidad Escuela	17,82	1,13	18,95	17,82	1,61	19,43	17,82	1,65	19,47	17,82	0	17,82	17,82	1,96	19,78
Finca Guacharacas	15,76	1,08	16,84	15,76	1,39	17,15	15,76	1,43	17,19	15,76	0	15,76	15,76	0	15,76
Promedio		**2,81**			**3,63**			**3,56**			**3,49**			**3,58**	

Fuente: Evaluación & Control Ambiental S.A.S., 2014

Tabla 8.3.11 Estimación aportes anuales de PM10 (µg/m^3)

Año	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17
Aportes de PM10 (µg/m3)	2,82	3,23	3,63	3,56	3,52	3,49	3,53	3,58	3,58	3,58	3,58	3,58	3,58	3,58	3,58

Fuente: Integral, 2019 a partir de la información de Evaluación & Control Ambiental S.A.S., 2014

Ahora bien, con el fin de cuantificar y monetizar el impacto sobre la salud de la población del área de influencia del proyecto, debido al incremento de los aportes de PM10 por parte del proyecto, se deberá estimar el número de casos incurridos en posibles enfermedades y el costo de estas. Para ello se tienen en cuenta los coeficientes de riesgo o dosis respuesta planteados por (Pope et al, 2002) citado por (Larsen B, 2004) y los costos de enfermedad estimados por (Larsen B, 2004) tal y como se muestra a continuación:

Coeficientes de riesgo o dosis respuesta: los coeficientes de riesgo vinculan los cambios en la concentración de contaminantes con cambios en la incidencia de efectos nocivos sobre la salud de la población, esto es, medir la dosis (o concentración) y el coeficiente de respuesta en el cuerpo humano. En cuanto a la morbilidad, (Pope et al, 2002), citado por (Larsen B, 2004) estima coeficientes de riesgo o coeficiente dosis-respuesta para enfermedades respiratorias, ante incrementos de 1 ug/m^3 de PM10 en la concentración promedio anual en el ambiente, tal y como se presenta en la Tabla 8.3.12.

Ahora bien, los mecanismos a través de los cuales la contaminación del aire puede afectar la salud y en particular los sistemas respiratorio y cardiovascular, incluyen la disminución de la función pulmonar, las variaciones en el ritmo cardiaco y la respuesta a la inflamación. Otros efectos de la contaminación del aire incluyen los ataques de asma y el aumento de enfermedades y síntomas respiratorios. Afectando en mayor proporción a los niños, quienes son más vulnerables a las toxinas del ambiente, debido a los patrones de exposición y a su inmadurez fisiológica (Cohen y Cols, 2004) citado por (OPS, 2005).

Tabla 8.3.12 Coeficientes dosis respuesta contaminación atmosférica

Efecto anual en la salud	Coeficiente dosis-respuesta*
Admisiones al hospital por afecciones respiratorias (por 100,000 habitantes)	1,2
Emergencias (por 100,000 habitantes)	24
Días de actividad restringida (por 100,000 adultos)	5.750
Enfermedad respiratoria en niños (por 100,000 niños)	169
Síntomas respiratorios (por 100,000 adultos)	18.300

Fuente: POPE et al (2002), citado por larsen, bjorn. environmental economist consultant (2004)

Costos de la morbilidad y mortalidad: los costos para valorar la morbilidad por diferentes causas incluyen el costo del tratamiento médico y el valor del tiempo perdido. Se toma como referencia el estudio de (Larsen B, 2004). No obstante, los valores monetarios son ajustados a precios del año 2026 a partir del índice de precios al consumidor. Ver la Tabla 8.3.13.

Tabla 8.3.13 Costo unitario estimado por categoría de salud

Categorías de salud	Costo por caso (Miles de Pesos año 2004)	Costo por caso (Miles de pesos año 2026) *	Costo por caso (Pesos año 2026)
Admisiones al Hospital	1.950	3.746,09	3.746.091
Urgencias	150	288,16	288.161
Días de incapacidad	6,3	12,10	12.103
Enfermedad respiratoria en niños	90	172,90	172.897

Categorías de salud	Costo por caso (Miles de Pesos año 2004)	Costo por caso (Miles de pesos año 2026) *	Costo por caso (Pesos año 2026)
Síntomas respiratorios	0,3	0,58	576

*Actualizado según IPC, Datos IPC tomados de http://www.banrep.gov.co, IPC 2004:80,20, IPC 2026-enero: 154,07

Fuente: (Larsen B, 2004)

b. Resultados

Considerando la información anterior y teniendo en cuenta la población que reside en las localidades que hacen parte del área de influencia, la cual se presenta discriminada por población infantil y adulta en la Tabla 8.3.14, se estiman los posibles casos de personas expuestas debido al incremento en la concentración de PM10, así como los costos incurridos en atención y tratamiento médico. Se considera la población que habita o reside actualmente al interior de dichas localidades por ser esta quien recibe los efectos directos del posible impacto sobre la salud.

Es importante recordar que, para el presente trámite de modificación fue necesario considerar como área de influencia dos nuevas localidades, es decir, adicionales a las que se encuentran en la licencia ambiental, y sobre estas se hace el respectivo cálculo, considerando el delta.

Tabla 8.3.14 Población infantil y adulta en las nuevas localidades del área de influencia

Localidad	Número de habitantes 0- 15 años	Número de habitantes mayores de 15 años	Total habitantes
San Joaquín	55	175	230
Sector El ICA/AGROSAVIA de la vereda La Chinca	4	48	52
Total	**59**	**223**	**282**

Fuente: Integral S.A, 2026

La Tabla 8.3.15 muestra el número de casos anuales y la Tabla 8.3.16 el costo asociado a los mismos. Se estiman los casos de personas expuestas y los costos incurridos en atención y tratamiento médico, resaltando que el mayor número de casos estimados corresponde a “síntomas respiratorios”, esto incluye: congestión nasal asociada a la irritación de ojos, nariz y de las vías respiratorias, así como la dificultad respiratoria, tos, estornudos y ardor en la garganta (Martínez et al, 2007).

El total del impacto para todas las etapas del proyecto asciende a $ 14.105.625, los cuales se llevan al flujo de caja con valores anuales según los presentados en la Tabla 8.3.16. El detalle del cálculo y la proyección de los valores del impacto en el flujo de caja ambiental se encuentran ANEXOS_EVALUACION_ACB.

Tabla 8.3.15 Número de casos estimados

Efecto anual en la salud	Número de casos estimados														
	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17
Admisiones al hospital por afecciones respiratorias (por 100,000 habitantes)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Emergencias (por 100,000 habitantes)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Días de actividad restringida (por 100,000 adultos)	45,7	52,3	58,9	57,7	57,1	56,5	57,3	58,0	58,0	58,0	58,0	58,0	58,0	58,0	58,0
Enfermedad respiratoria en niños (por 100,000 niños)	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Síntomas respiratorios (por 100,000 adultos)	115,0	131,6	148,2	145,1	143,7	142,2	144,1	146,1	146,1	146,1	146,1	146,1	146,1	146,1	146,1

Fuente: Integral S.A, 2026

Tabla 8.3.16 Costo Anual asociado a los casos estimados

Efecto anual en la salud	Costo total evitado anual														
	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17
Admisiones al hospital por afecciones respiratorias (por 100,000 habitantes)	35.714	40.883	46.051	45.072	44.628	44.184	44.778	45.371	45.371	45.371	45.371	45.371	45.371	45.371	45.371
Emergencias (por 100,000 habitantes)	54.944	62.896	70.848	69.341	68.658	67.976	68.889	69.802	69.802	69.802	69.802	69.802	69.802	69.802	69.802
Días de actividad restringida (por 100,000 adultos)	552.879	632.894	712.909	697.744	690.876	684.007	693.195	702.383	702.383	702.383	702.383	702.383	702.383	702.383	702.383
Enfermedad respiratoria	48.568	55.597	62.626	61.294	60.691	60.088	60.895	61.702	61.702	61.702	61.702	61.702	61.702	61.702	61.702

Efecto anual en la salud	Costo total evitado anual														
	Año 3	**Año 4**	**Año 5**	**Año 6**	**Año 7**	**Año 8**	**Año 9**	**Año 10**	**Año 11**	**Año 12**	**Año 13**	**Año 14**	**Año 15**	**Año 16**	**Año 17**
en niños (por 100,000 niños)															
Síntomas respiratorios (por 100,000 adultos)	66.260	75.849	85.439	83.621	82.798	81.975	83.076	84.177	84.177	84.177	84.177	84.177	84.177	84.177	84.177
Total	**758.366**	**868.119**	**977.873**	**957.073**	**947.651**	**938.230**	**950.832**	**963.435**	**963.435**	**963.435**	**963.435**	**963.435**	**963.435**	**963.435**	**963.435**

Fuente: Integral S.A, 2026

8.3.4.2.3 Alteración a comunidades de flora y Alteración de la estructura ecológica del paisaje

a. Metodología

La metodología utilizada corresponde con la utilizada para el impacto Modificación de las poblaciones de flora, del Proyecto licenciado. A continuación, se retoma la metodología definida, la cual se asocia al servicio ecosistémico de provisión, considerando además que este está también asociado al impacto de la licencia denominado Fragmentación de hábitats, por lo tanto, la valoración asocia a los impactos homologados para el presente trámite Alteración a comunidades de flora y Alteración de la estructura ecológica del paisaje.

La cobertura vegetal presta servicios de aprovisionamiento asociados con su capacidad o potencial para la producción de alimentos o materias primas. La valoración económica para la afectación sobre este servicio ecosistémico se aborda a partir de la pérdida productiva potencial para todas las coberturas arbóreas objeto de aprovechamiento forestal a partir del volumen comercial de aprovechamiento forestal y un precio de referencia.

Para ello, se tomó la información reportada en el Capítulo de Demanda de Recursos Naturales del presente EIA y en especial la referida al aprovechamiento forestal, y se consultó el valor comercial de las especies potencialmente aprovechables.

La Tabla 8.3.17 muestra el volumen comercial asociado a cada una de las especies identificadas para el aprovechamiento forestal, el cual asciende a 1.256,83 m³.

Tabla 8.3.17 Volúmenes de aprovechamiento forestal

Especie	Nombre común	Número de individuos	Volumen total (m³)	Volumen comercial (m³)	Categoría especie maderable
Acacia mangium	Acacia	3	1,86	0,57	Otras maderas
Acalypha diversifolia	Zanca de mula	11	1,08	0,28	Otras maderas
Adenaria floribunda	Chaparral	33	2,22	0,61	Otras maderas
Aiouea montana	Laurel	53	6,63	3,10	Especial
Aiphanes horrida	Corozo	21	1,12	0,91	Otras maderas
Albizia carbonaria	Pisquin	4	2,80	2,32	Especial
Anacardium excelsum	Caracolí	1	2,17	0,72	Muy especial
Annona mucosa	Anón	7	0,91	0,49	Otras maderas
Annona muricata	Guanabano	27	2,38	1,08	Otras maderas
Annona papilionella	Majagua	1	0,22	0,17	Otras maderas
Arachnothryx sp.1	Sin dato	6	1,25	0,77	Otras maderas
Attalea sp.1	Sin dato	2	3,13	1,98	Otras maderas
Bactris gasipaes	Chontaduro	6	0,54	0,34	Otras maderas
Bellucia pentamera	Coronillo	19	0,97	0,52	Otras maderas
Brosimum guianense	Guaimaro	1	0,18	0,08	Muy especial
Byrsonima crispa	Peralejo	15	4,20	1,93	Otras maderas
Byrsonima spicata	Noro	98	28,61	11,85	Otras maderas
Calliandra pittieri	Carbonero	1	0,11	0,03	Otras maderas
Calophyllum brasiliense	Aceite maria	8	6,02	3,95	Muy especial
Calycolpus moritzianus	Arrayan	18	1,44	0,61	Otras maderas
Carica papaya	Papaya	5	0,82	0,65	Otras maderas
Cariniana pyriformis	Abarco	61	14,13	8,42	Muy especial
Casearia arborea	Escobo	42	3,21	1,48	Otras maderas
Casearia grandiflora	Clavito	44	4,94	3,63	Otras maderas
Casearia javitensis	Combo	14	1,64	0,49	Otras maderas

Especie	Nombre común	Número de individuos	Volumen total (m^3)	Volumen comercial (m^3)	Categoría especie maderable
Cecropia engleriana	Yarumo	1	0,17	0,10	Otras maderas
Cecropia insignis	Yarumo	1	0,40	0,32	Otras maderas
Cecropia obtusifolia	Yarumo	3	0,49	0,31	Otras maderas
Cecropia peltata	Yarumo	807	115,37	73,39	Otras maderas
Cedrela odorata	Cedro	550	482,96	262,62	Muy especial
Ceiba pentandra	Ceiba	2	2,92	0,97	Otras maderas
Centrolobium yavizanum	Balaustre	29	38,50	20,32	Muy especial
Cespedesia spathulata	Pacó	209	32,55	18,57	Otras maderas
Cinchona pubescens	Quina	3	2,45	1,08	Otras maderas
Citrus × aurantium	Naranja	6	0,31	0,17	Otras maderas
Citrus × limon	Limon	23	1,30	0,61	Otras maderas
Citrus reticulata	Mandarina	2	0,06	0,02	Otras maderas
Clethra fagifolia	Cargagua	1	0,34	0,17	Otras maderas
Clethra pedicellaris	Chiriguaco	1	0,22	0,17	Otras maderas
Clethra revoluta	Chiriguaco	4	0,57	0,40	Otras maderas
Clusia lineata	Chagualo	111	12,83	5,01	Otras maderas
Clusia loranthacea	Chagualo	9	2,37	1,44	Otras maderas
Clusia palmicida	Copé, chagualo	2	0,12	0,08	Otras maderas
Coccoloba caracasana	Uvero	3	1,31	0,67	Otras maderas
Cocos nucifera	Coco	4	0,46	0,29	Otras maderas
Condaminea corymbosa	Azuceno	1	0,04	0,03	Otras maderas
Cordia alliodora	Nogal cafetero	33	28,58	15,47	Especial
Cordia bicolor	Muñeco	3	0,24	0,11	Especial
Cordia dentata	Uvito	1	0,23	0,15	Especial
Cordia panamensis	Muñeco blanco	21	11,64	5,90	Especial
Couratari guianensis	Coco cabuyo	3	2,20	1,10	Muy especial
Crescentia cujete	Totumo	4	0,66	0,28	Otras maderas
Cupania cinerea	Mestizo	42	10,67	3,90	Otras maderas
Dendropanax caucanus	Palo blanco	6	1,80	0,60	Otras maderas
Didymopanax morototoni	Mano de oso	90	27,70	16,74	Otras maderas
Enterolobium barinense	Oreja de negro	2	0,96	0,37	Muy especial
Enterolobium cyclocarpum	Piñon de oreja	13	9,32	4,24	Muy especial
Enterolobium schomburgkii	Orejero, piñon	18	5,75	2,21	Muy especial
Erythrina fusca	Bucaro	14	69,01	21,43	Otras maderas
Erythrina poeppigiana	Cambulo	19	10,39	6,74	Otras maderas
Erythrina rubrinervia	Chocho	2	0,71	0,19	Otras maderas
Eugenia biflora	Arrayan	263	22,89	11,35	Otras maderas
Ficus americana	Matapalo, sueldo	2	1,87	1,12	Otras maderas
Ficus citrifolia	Matapalo	14	2,84	1,61	Otras maderas
Ficus insipida	Matapalo	39	71,83	33,90	Otras maderas
Ficus maxima	Lechero	8	1,44	0,53	Otras maderas
Ficus pallida	Benjamon	12	3,80	1,46	Otras maderas
Ficus paraensis	Caucho	2	0,33	0,13	Otras maderas
Ficus pertusa	Matapalo	1	1,21	0,30	Otras maderas
Ficus popenoei	Sin dato	1	1,71	0,85	Otras maderas
Ficus sp.1	Sin dato	1	0,09	0,06	Otras maderas
Genipa americana	Jagua	12	2,61	1,08	Otras maderas
Gliricidia sepium	Matarraton	149	26,80	9,53	Otras maderas
Godmania aesculifolia	Cacho de vaca	43	9,86	6,37	Otras maderas
Guarea guidonia	Trompillo	107	66,68	26,55	Otras maderas
Guatteria aberrans	Cargero	3	0,87	0,47	Otras maderas
Guatteria scytophylla	Cargero	32	7,98	4,30	Otras maderas
Guatteria ucayalina	Cargero	18	2,49	0,97	Otras maderas

Especie	Nombre común	Número de individuos	Volumen total (m^3)	Volumen comercial (m^3)	Categoría especie maderable
Hasseltia floribunda	Pechuga de gallina	2	0,21	0,04	Otras maderas
Heliocarpus americanus	Balso blanco	42	22,36	13,15	Otras maderas
Henriettea fissanthera	Sin dato	1	0,19	0,09	Otras maderas
Henriettea goudotiana	Sin dato	3	0,13	0,06	Otras maderas
Himatanthus articulatus	Platano	1	0,14	0,03	Otras maderas
Hura crepitans	Ceiba amarilla	1	0,58	0,43	Especial
Hymenaea courbaril	Algarrobo	2	0,57	0,45	Otras maderas
Hyptidendron arboreum	Gallinazo blanco	5	0,70	0,45	Otras maderas
Inga acreana	Guamo machete	14	0,67	0,38	Otras maderas
Inga cf. heterophylla	Guamo churimo	3	0,09	0,05	Otras maderas
Inga cf. oerstediana	Guamo blanco	1	0,09	0,05	Otras maderas
Inga cf. thibaudiana	Guamo de mico	2	0,22	0,10	Otras maderas
Inga edulis	Guamo	86	18,68	9,61	Otras maderas
Inga heterophylla	Guamo churimo	7	1,20	0,52	Otras maderas
Inga macrophylla	Guamo	2	0,14	0,06	Otras maderas
Inga marginata	Guamo	42	11,80	5,07	Otras maderas
Inga nobilis	Guamo churimo, trompillo	1	0,07	0,06	Otras maderas
Inga pezizifera	Guamo	12	3,22	1,41	Otras maderas
Inga sapindoides	Guamo	4	1,09	0,70	Otras maderas
Inga sp.1	Guamo	3	1,11	0,41	Otras maderas
Inga spectabilis	Guamo	7	5,83	4,92	Otras maderas
Inga thibaudiana	Guamo de mico	12	0,90	0,42	Otras maderas
Jacaranda copaia	Chingale	33	16,88	10,69	Otras maderas
Jacaranda hesperia	Chingale	145	45,28	22,62	Otras maderas
Jupunba trapezifolia	Rayo	46	18,86	8,25	Otras maderas
Lacistema aggregatum	Café de monte	21	3,31	1,73	Otras maderas
Lacmellea edulis	Lechero	6	2,78	1,64	Otras maderas
Lonchocarpus sp.1	Sin dato	5	2,17	1,08	Otras maderas
Luehea seemannii	Malagano	6	11,88	5,75	Otras maderas
Machaerium biovulatum	Siete cueros	18	11,08	3,76	Otras maderas
Maclura tinctoria	Dinde	3	2,52	1,06	Muy especial
Macrocnemum roseum	Azuceno	4	2,81	0,88	Otras maderas
Mangifera indica	Mango	26	33,82	12,75	Otras maderas
Maprounea guianensis	Coca macho	20	10,28	2,08	Otras maderas
Matisia cordata	Zapote	4	0,51	0,30	Otras maderas
Miconia affinis	Zafiro	1	0,39	0,19	Otras maderas
Miconia barbinervis	Mortiño	1	0,05	0,02	Otras maderas
Miconia dependens	Nigüito	1	0,11	0,08	Otras maderas
Miconia dolichorrhyncha	Tinto	9	0,84	0,33	Otras maderas
Miconia extinctoria	Nigüito	51	2,85	1,01	Otras maderas
Miconia minutiflora	Nigüito	10	0,62	0,35	Otras maderas
Miconia prasina	Mortiño	2	0,15	0,07	Otras maderas
Myrcia cf. fallax	Arrayan	13	1,35	0,43	Otras maderas
Myrcia fallax	Arrayan	112	15,55	6,78	Otras maderas
Myrcia paivae	Arrayan	2	0,20	0,06	Otras maderas
Myrsine cf. pellucida	Cagualo	5	0,61	0,42	Otras maderas
Myrsine latifolia	Cucharo blanco	24	4,59	3,66	Otras maderas
Myrsine pellucidopunctata	Espadero	339	84,28	42,71	Otras maderas
Nectandra acutifolia	Laurel	17	3,34	1,81	Especial
Nectandra cuspidata	Laurel	11	1,85	1,07	Especial
Nectandra lineata	Laurel	17	1,56	0,89	Especial

Especie	Nombre común	Número de individuos	Volumen total (m^3)	Volumen comercial (m^3)	Categoría especie maderable
Ochoterenaea colombiana	Riñon	8	0,52	0,30	Otras maderas
Ochroma pyramidale	Balso	8	3,53	1,52	Otras maderas
Oreopanax cecropifolius	Pategallina	11	1,02	0,43	Otras maderas
Ormosia sp.1	Sin dato	1	0,73	0,24	Especial
Pera arborea	Carnegallina	103	17,75	9,68	Especial
Pera colombiana	Zafiro	31	3,96	1,89	Especial
Persea americana	Aguacate	142	22,60	9,97	Otras maderas
Persea caerulea	Aguacatillo	395	198,67	93,59	Otras maderas
Phyllanthus acuminatus	barbasco	24	1,75	0,85	Otras maderas
Phyllanthus attenuatus	Totumito	41	5,28	2,97	Otras maderas
Piper aduncum	Cordoncillo	30	1,47	0,91	Otras maderas
Piper grande	Cordoncillo	1	0,05	0,02	Otras maderas
Piptocoma discolor	Gallinazo negro	439	78,33	40,56	Otras maderas
Pourouma bicolor	Cirpo macho	34	10,74	7,12	Otras maderas
Pourouma cecropiifolia	Uva caimarona	34	7,39	3,20	Otras maderas
Pouteria cf. torta	Caimo	1	0,05	0,02	Especial
Protium macrophyllum	Guacharaco	213	32,48	16,90	Especial
Protium stevensonii	Anime	1	4,71	0,88	Especial
Pseudalbizzia niopoides	Guacamayo	135	69,64	40,34	Especial
Pseudobombax septenatum	Ceiba barrigona	5	5,30	2,73	Otras maderas
Pseudolmedia laevigata	Lecheperra	42	25,94	14,12	Otras maderas
Psidium guajava	Guayaba	136	14,66	6,13	Otras maderas
Psidium guineense	Guayabito agrio	8	1,51	1,07	Otras maderas
Psychotria anceps	Cafeto	26	1,82	0,78	Otras maderas
Ricinus communis	Higuerillo	2	0,09	0,02	Otras maderas
Roupala montana	Carne fiambre	32	3,81	1,84	Otras maderas
Roystonea regia	Palma real	4	5,26	4,01	Otras maderas
Samanea saman	Saman	1	0,09	0,03	Especial
Sapium laurifolium	Mantequillo	1	0,20	0,12	Otras maderas
Schizolobium parahyba	Tambor	1	0,87	0,58	Especial
Simarouba amara	Cedrillo	6	3,02	2,21	Otras maderas
Sloanea tuerckheimii	Cariseco	6	0,68	0,31	Especial
Solanum microleprodes	Tomatillo	1	0,04	0,01	Otras maderas
Spachea herbert-smithii	Sin dato	16	0,73	0,31	Otras maderas
Spathodea campanulata	Tulipan agricano	1	0,03	0,01	Otras maderas
Spondias mombin	Jobo	14	2,54	1,62	Otras maderas
Spondias radlkoferi	Hobo	33	8,64	5,60	Otras maderas
Swietenia cf. macrophylla	Caobo	1	0,13	0,06	Muy especial
Swinglea glutinosa	Suingla	1	0,02	0,01	Otras maderas
Syzygium jambos	Pomarrosa	1	0,04	0,01	Otras maderas
Syzygium malaccense	Pomarrosa	2	0,08	0,04	Otras maderas
Tabebuia rosea	Guayacán rosado	19	18,66	6,41	Muy especial
Tapirira guianensis	Fresno	13	29,59	15,25	Otras maderas
Tectona grandis	Teca	2	0,81	0,23	Otras maderas
Terminalia amazonia	Vara de leon	1	0,10	0,09	Especial
Terminalia bucidoides	Sin dato	1	0,22	0,17	Otras maderas
Terminalia catappa	Almendro	1	0,04	0,02	Otras maderas
Terminalia tetraphylla	Sin dato	8	4,38	3,26	Otras maderas
Tetrorchidium rubrivenium	Arenillo	153	72,30	33,42	Otras maderas
Theobroma cacao	Cacao	3	0,08	0,03	Otras maderas
Tovomita longifolia	Chagualo	6	0,30	0,17	Otras maderas
Trema micranthum	Zurrumbo	193	35,77	16,31	Otras maderas
Trichanthera gigantea	Quibrabarrigo	1	0,10	0,04	Otras maderas

Especie	Nombre común	Número de individuos	Volumen total (m^3)	Volumen comercial (m^3)	Categoría especie maderable
Trichilia pallida	Guacharaca	1	0,07	0,05	Otras maderas
Trichospermum galeottii	Bejuco	11	8,38	4,02	Otras maderas
Urera caracasana	Ortiga	14	1,58	0,82	Otras maderas
Urera verrucosa	Ortiga	1	0,08	0,06	Otras maderas
Vernonanthura patens	Salvion	1	0,04	0,02	Otras maderas
Virola flexuosa	Sangre de gallo	20	18,52	13,06	Especial
Virola sebifera	Sangretoro	1	0,22	0,11	Especial
Vismia baccifera	Carate	456	48,52	20,48	Otras maderas
Vismia billbergiana	Carate	57	3,49	1,83	Otras maderas
Vismia lauriformis	Puntelanza	34	1,88	1,29	Otras maderas
Vismia macrophylla	Siete cueros	406	63,45	30,78	Otras maderas
Vochysia ferruginea	Dormilon	89	17,67	9,85	Especial
Xylopia aromatica	Fruta de burro	196	16,00	8,56	Otras maderas
Xylopia frutescens	Escobillo	477	41,20	26,97	Otras maderas
Zanthoxylum cf. lenticulare	Sin dato	1	0,06	0,03	Otras maderas
Zanthoxylum rhoifolium	Tachuelo	4	0,45	0,14	Otras maderas
Zanthoxylum sp.1	Tachuelo	3	0,48	0,15	Otras maderas
Zygia longifolia	Suribio	19	13,16	5,55	Otras maderas
Total		**8.640**	**2.477,75**	**1.256,83**	

Fuente: Integral S.A, 2026

Las especies listadas por la Resolución 0868 de 1983, la cual reglamentaba el artículo 4 del Acuerdo 048 de 1982, por lo que esta metodología incluye especies maderables, cuyas categorías son definidas de la siguiente manera:

- Especies maderables muy especiales. Son especies maderables muy especiales las que, por sus características tecnológicas de calidad, color, lustre, veteado y demanda en los mercados y uso, constituyen especies de muy alto valor comercial.
- Especies maderables especiales. Son especies maderables especiales, las que por sus características tanto tecnológicas como de calidad y demanda en los mercados y uso, constituyen especies de alto valor comercial.
- Especies maderables ordinarias (otras maderas). Pertenecen a esta clasificación las demás especies maderables no incluidas dentro de las categorías anteriores.

b. Resultados

A diferencia de lo que se encuentra licenciado, teniendo en cuenta la dificultad en estimación del precio de mercado a través de depósitos, se hace uso de información oficial disponible para tal fin, por lo que, para la presente modificación de licencia, la monetización considera el valor comercial que corresponde al propuesto en el documento Tasa compensatoria por aprovechamiento forestal maderable, Oficina de negocios verdes y sostenibles - Grupo de Análisis Económico para la Sostenibilidad (MinAmbiente, 2018). Ver Figura 8.3.2.

Tabla 21. Precio promedio nacional por metro cubico por categoría de madera a 2018. Primero y último eslabón de la cadena productiva forestal

CATEGORIA DE ESPECIE MADERABLE	PRECIO DE VENTA *in situ ($)*	PRECIO DE VENTA A CONSUMIDOR ($)
Muy Especial	374.888,84	706.063,54
Especial	287.563,57	424.644,59
Otras Maderas	158.908,69	276.266,77
Promedio	273.787,03	469.324,96

Fuente: MADS – IIAP, 2015, Actualizado por MADS – GAES. Año: 2018.

Figura 8.3.2 Precios de referencia de la madera

Fuente: Tomado de MADS 2018

Dichos valores se actualizan a precios del año 2026 y se obtiene el resultado de la Tabla 8.3.18, mientras que el detalle del cálculo se encuentra en ANEXOS_EVALUACION_ACB.

Tabla 8.3.18 Valoración económica de los impactos Alteración a comunidades de flora y Alteración de la estructura ecológica del paisaje

Categoría de especie maderable	Volumen comercial aprovechar (m^3)	Precio de venta al consumidor 2018 ($)	Precio de venta al consumidor 2026 ($)	Valor total ($)
Muy especial	311,57	706.063,54	1.087.832	338.933.995
Especial	125,23	424.644,59	654.250	81.931.025
Otras maderas	820,03	276.266,77	425.644	349.040.181
Valor económico total				**$ 769.905.201**

*Actualizado según IPC (IPC 2018:100. IPC enero 2026:154,07) reportado por el DANE – series de empalme

Fuente: Integral S.A, 2026

8.3.4.2.4 Alteración a ecosistemas y hábitats terrestres, y Alteración de la estructura ecológica del paisaje

a. Metodología

La metodología utilizada corresponde con la utilizada para el impacto Modificación de la cobertura vegetal, del Proyecto licenciado. A continuación, se transcribe la metodología definida, la cual se asocia al servicio ecosistémico de regulación de gases atmosféricos, considerando además que este está también asociado al impacto de la licencia denominado Fragmentación de hábitats, por lo tanto, la valoración asocia a los impactos homologados para el presente trámite Alteración a ecosistemas y hábitats terrestres, y Alteración de la estructura ecológica del paisaje

Dado que actualmente se reconoce que el incremento en la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera influye en el cambio climático, la liberación de dióxido de carbono, producto de la eliminación de cobertura vegetal, es considerado un costo ambiental global

(Conservation Strategy, 2007) razón por la cual, la valoración económica toma sentido. Esta metodología ha sido empleada para valoraciones económicas en estudios de impacto ambiental tanto por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas de Guatemala - CONAP (1999) como por (Conservation Strategy, 2007).

Dicho proceso de valoración económica se desarrolla a través de un método de valoración basado en precios de mercado, derivado del *cambio en productividad*, el cual utiliza como elemento de valoración, la capacidad de secuestro de carbono de la cobertura y del suelo del área puntual de intervención y con ello la reducción en el dióxido de carbono potencialmente transferido a la atmósfera. Esta metodología ha sido empleada en valoraciones económicas realizadas para diferentes ecosistemas de Centro y Suramérica tal y como lo referencian el Consejo Nacional de Áreas Protegidas de Guatemala - CONAP (1999), Adger*et al.* (1994), Adger et al. (1994), Conservation Strategy Fund (2007)la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2000) y Bezaury-Creel (2009).

El desarrollo del método requiere establecer la capacidad de carbono almacenado y posteriormente la transferencia potencial de dióxido de carbono a la atmósfera. Para su cálculo, se requiere información sobre biomasa, capacidad de secuestro de carbono y el precio reportado en el mercado del carbono.

Los valores de biomasa por tipo de cobertura son tomados de la caracterización de línea base para los ecosistemas terrestres en el área de influencia del proyecto. Adicionalmente, para las coberturas bosque fragmentado y vegetación secundaria o en transición se utiliza un factor de expansión de biomasa (FEB), esto es, un factor de multiplicación que aumenta la madera en pie o el volumen comercial, el cual considera como componentes de biomasa no medidos, las ramas, follajes y árboles no comerciales (IPCC, 2006), citado por (Andrade I., 2003) y (CATIE, 2008).

La Ecuación 8.3.7 presenta el FEB utilizado en este análisis, definido por (Brown S., 1997), citado por (Andrade I., 2003) y (CATIE, 2008).

$$FEB = exp^{3.213-0.506*Ln(B)}$$

Ecuación 8.3.7 Factor de Expansión de la biomasa

Fuente: (Brown S., 1997)

Donde:

FEB: Factor de expansión de la biomasa

B: biomasa

Por su parte, los valores de biomasa reportados tienen su equivalencia en carbono. Si bien estudios como los de (Orrego et al, 2003) y (Lopera et al, 2003) presentan cifras porcentuales que oscilan entre el 44,75% y el 51,2% de carbono contenido en la biomasa, según el tipo de cobertura para diferentes regiones de Antioquia, no existen estimaciones específicas para la zona de estudio del proyecto; razón por la cual, el análisis utiliza como proporción del carbono contenido en la biomasa una cifra equivalente al 50%, cifra porcentual comúnmente utilizada para el cálculo del carbono y aceptada por *Intergovernmental Panel on Climate Change* –IPCC- como una regla práctica cuando no

existen datos locales, citado por (Orrego y Del Valle, 2003). Este mismo porcentaje fue utilizado en las estimaciones realizadas por Rodríguez y Ramírez (2008), el (CONAP, 1999), y (Conservation Strategy, 2007). En este sentido, el cálculo del carbono almacenado en la biomasa por tipo de cobertura vegetal está dado por la Ecuación 8.3.8.

$$C_i = AT_i * CC_i$$

Ecuación 8.3.8 Carbono almacenado

Fuente: (Orrego y Del Valle, 2003)

Donde:

C_i: Carbono estimado almacenado en la biomasa por tipo de cobertura (i:1,2…12). Los 12 tipos de coberturas vegetales del área de influencia puntual son: Bosque de galería y/o ripario, Bosque fragmentado con vegetación secundaria, Cultivos permanentes herbáceos – Caña, Mosaico de cultivos, Pastos arbolados, Pastos enmalezados, Pastos limpios, Tejido urbano discontinuo, Vegetación secundaria alta, Vegetación secundaria baja, Zonas de extracción minera y Zonas industriales o comerciales

AT_i: Área total cubierta por cada tipo de cobertura vegetal en hectáreas

CC_i: Carbono contenido en la biomasa medido en toneladas/hectáreas

Así mismo y debido a la ausencia de ecuaciones específicas para la transferencia evitada de dióxido de carbono a la atmósfera, o dióxido de carbono fijado en la zona de estudio, se utiliza la expresión dada por la Ecuación 8.3.9, reportada por los estudios de (Rodríguez J y Ramírez, 2008), (CONAP, 1999) y (Conservation Strategy, 2007).

$$DC_t = \sum_{i=1}^{6} C_i * (PM)$$

Ecuación 8.3.9 Dióxido de carbono transferido a la atmósfera

Fuente: (Rodríguez J y Ramírez, 2008), (CONAP, 1999) y (Conservation Strategy, 2007)

Donde:

DC_t: Dióxido de carbono transferido a la atmósfera, medido en toneladas de CO_2paralas siete coberturas vegetales presentes en el área puntual de intervención

PM: Proporción molecular para pasar de carbono (C) a dióxido de carbono (CO_2). Este factor corresponde a $(44/12)^2$, según (CONAP, 1999) y (Rodríguez J y Ramírez, 2008).

Finalmente, a través de la Ecuación 8.3.10 se calcula el valor económico del dióxido de carbono transferido a la atmósfera por la cobertura vegetal.

$$VEIC = DC_t * P_c$$

Ecuación 8.3.10 Valor Económico de la pérdida potencial de la capacidad de almacenamiento y fijación de carbono de la cobertura vegetal

[2] Factor de conversión cuyo numerador corresponde al peso molecular del CO_2y el denominador al peso atómico del C.

Fuente: (Conservation Strategy, 2007) y (CONAP, 1999)

Donde:

VEIC: Valor Económico indirecto de la pérdida de la capacidad de almacenamiento y fijación de carbono de la cobertura vegetal o valor económico del impacto

DC_t: Dióxido de carbono transferido, medido en toneladas de CO_2

PC: Precio en el mercado del carbono, dado por US$/ton$CO_2$

No obstante, se hace necesario calcular el costo de oportunidad de la remoción de la cobertura vegetal a lo largo del tiempo, en el sentido, en que la pérdida de la capacidad de captura de CO_2 se presenta durante la etapa de desarrollo de la cobertura. Para ello, se asume el avance de la sucesión secundaria sobre los diferentes tipos de cobertura en un periodo de 15 años, tomando como supuesto una tendencia del territorio a expandir la frontera agrícola y pecuaria en una situación aparente sin proyecto y un periodo de 15 años que considera las etapas de construcción y montaje y operación.

b. Resultados

Teniendo en cuenta el proceso metodológico planteado, y su valoración a partir del cambio en productividad, en específico de la pérdida de la capacidad de secuestro de carbono de la cobertura, se estima el carbono almacenado en la biomasa por tipo de cobertura vegetal, así como el dióxido de carbono potencialmente transferido a la atmósfera una vez se lleve a cabo la remoción de esta, medido en toneladas de CO_2.

Para determinar el cambio de la valoración económica de este impacto es necesario determinar las nuevas áreas de intervención por cobertura vegetal que generan carbono y hacen parte del aprovechamiento forestal, que para el caso es de 168,05 ha.

En este sentido, la Tabla 8.3.19 muestra para cada tipo de cobertura vegetal a remover la estimación del carbono total almacenado, partiendo de los datos relativos a biomasa y de una estimación del carbono contenido en la biomasa igual al 50% de la misma, tal y como lo referencian (CONAP, 1999), (Conservation Strategy, 2007) y (Rodríguez J y Ramírez, 2008) para diferentes coberturas.

Tabla 8.3.19 Carbono almacenado, dióxido de carbono transferido a la atmósfera por tipo de cobertura vegetal a remover

Cobertura	Biomasa (ton/ha)	Factor de expansión de la Biomasa (FEB)	Biomasa + FEB	Carbono contenido en la biomasa (ton/ha)	Área (ha.)	Carbono Almacenado (Ton C)	Dióxido de carbono fijado (Ton CO_2)
Bosque de galería y/o ripario	10,29	7,64	17,93	5,15	11,41	58,68	215,16
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	28,86	4,53	33,39	14,43	15,21	219,51	804,89
Cultivos permanentes herbáceos - Caña	21,25	5,29	26,54	10,63	31,82	338,09	1.239,67
Mosaico de cultivos	79,21	2,72	81,93	39,61	0,66	25,97	95,22
Pastos arbolados	33,96	4,18	38,14	16,98	16,62	282,13	1.034,48
Pastos enmalezados	15,38	6,23	21,61	7,69	14,13	108,65	398,37

Cobertura	Biomasa (ton/ha)	Factor de expansión de la Biomasa (FEB)	Biomasa + FEB	Carbono contenido en la biomasa (ton/ha)	Área (ha.)	Carbono Almacenado (Ton C)	Dióxido de carbono fijado (Ton CO_2)
Pastos limpios	14,67	6,39	21,06	7,34	22,58	165,60	607,19
Tejido urbano discontinuo	198,07	1,71	199,78	99,04	0,36	35,74	131,04
Vegetación secundaria alta	26,11	4,77	30,88	13,06	19,66	256,71	941,27
Vegetación secundaria baja	8,07	8,64	16,71	4,04	34,06	137,41	503,85
Zonas de extracción minera	57,70	3,19	60,89	28,85	0,94	27,20	99,73
Zonas industriales o comerciales	18,20	5,73	23,93	9,10	0,62	5,61	20,58
Total					**168,05**	**1.661,31**	**6.091,47**

Fuente: Integral S.A, 2026

Esto indica que las 168,05 ha de coberturas vegetales presentes en el área de intervención del Proyecto en el marco de la modificación, almacenan 1.661,31 toneladas de carbono y haciendo uso de la ecuación de dióxido de carbono transferido a la atmósfera, se estiman 6.091,47 toneladas de dióxido de carbono potencialmente transferido a la atmósfera por efecto de la remoción.

Dichas toneladas son valoradas teniendo en cuenta el precio de mercado de $ 29.070,49/ton CO_2 para el año 2026, según lo establecido por el impuesto nacional al carbono (DIAN., 2026), se determina un valor por hectárea para los impactos que asciende a $1.053.720/ha.

Lo anterior representa un valor total del servicio ecosistémico de regulación de gases por remoción de cobertura equivalente a $177.081.975, considerando las 168,05 ha a intervenir, tal y como lo muestra la Tabla 8.3.20.

Tabla 8.3.20 Valor económico de los impactos Alteración a ecosistemas y hábitats terrestres y Alteración de la estructura ecológica del paisaje

Cobertura	Carbono Almacenado (Ton C)	Dióxido de carbono fijado (Ton CO_2)	Valor del CO_2 $/Ton CO_2
Bosque de galería y/o ripario	58,68	215,16	6.254.825
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	219,51	804,89	23.398.462
Cultivos permanentes herbáceos - Caña	338,09	1.239,67	36.037.931
Mosaico de cultivos	25,97	95,22	2.768.065
Pastos arbolados	282,13	1.034,48	30.072.894
Pastos enmalezados	108,65	398,37	11.580.935
Pastos limpios	165,60	607,19	17.651.429
Tejido urbano discontinuo	35,74	131,04	3.809.501
Vegetación secundaria alta	256,71	941,27	27.363.085
Vegetación secundaria baja	137,41	503,85	14.647.295
Zonas de extracción minera	27,20	99,73	2.899.175
Zonas industriales o comerciales	5,61	20,58	598.379
Total	**1.661,31**	**6.091,47**	**177.081.975**

Fuente: Integral S.A, 2026

No obstante, se hace necesario calcular el costo de oportunidad de la remoción de la cobertura vegetal a lo largo del tiempo, en el sentido, en que la pérdida de la capacidad de captura de CO_2 se presenta durante la etapa de desarrollo de la cobertura. Para ello se asume el avance de la sucesión secundaria sobre los diferentes tipos de cobertura en un periodo de 14 años; tomando como supuesto una tendencia del territorio a expandir la frontera agrícola y pecuaria en una situación aparente sin proyecto y un periodo de 14 años que considera las etapas de Construcción y operación.

Al finalizar este periodo, el avance de la regeneración natural sobre la cobertura bosque fragmentado permite mantener su condición y con ello su capacidad de sumidero de carbono. Dado que no se dispone de la tasa de crecimiento y/o incremento de la biomasa para dicha cobertura en la zona del proyecto, se toma como referencia la tasa anual de incremento neto de la biomasa aérea reportada por (Orrego y Del Valle, 2003) para bosques secundarios, la cual corresponde a 6,23 ton /ha año.

Los cálculos sobre el contenido de carbono almacenado en la biomasa por tipo de cobertura, al año 14 y la pérdida de la capacidad de captura de CO_2 se presentan en la Tabla 8.3.21.

Tabla 8.3.21 Pérdida de la capacidad de captura de CO_2 para las coberturas a remover en un periodo

Cobertura	Tasa de crecimiento Biomasa (ton/ha año)	Biomasa (ton/ha)	Factor de expansión de la Biomasa (FEB)	Biomasa + FEB	Carbono contenido en la biomasa (ton/ha)	Área (ha.)	Carbono Almacenado (Ton C)	Dióxido de carbono fijado (Ton CO_2)
Bosque de galería y/o ripario	6,23	93,45	2,50	95,95	47,98	11,41	547,18	2.006,32
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	6,23	93,45	2,50	95,95	47,98	15,21	729,83	2.676,04
Cultivos permanentes herbáceos - Caña	0,0025	0,04	130,90	130,93	65,47	31,82	2.083,19	7.638,38
Mosaico de cultivos	0,0025	0,04	130,90	130,93	65,47	0,66	42,93	157,40
Pastos arbolados	0,0025	0,04	130,90	130,93	65,47	16,62	1.087,77	3.988,48
Pastos enmalezados	0,0025	0,04	130,90	130,93	65,47	14,13	924,95	3.391,47
Pastos limpios	0,0025	0,04	130,90	130,93	65,47	22,58	1.478,01	5.419,39
Tejido urbano discontinuo	0,0025	0,04	130,90	130,93	65,47	0,36	23,63	86,63
Vegetación secundaria alta	0,39	5,85	10,17	16,02	8,01	19,66	157,48	577,43
Vegetación secundaria baja	0,39	5,85	10,17	16,02	8,01	34,06	272,74	1.000,05
Zonas de extracción minera	0,0025	0,04	130,90	130,93	65,47	0,94	61,72	226,31
Zonas industriales o comerciales	0,0025	0,04	130,90	130,93	65,47	0,62	40,39	148,08
Total						**168,05**	**7.449,81**	**27.315,97**

Fuente: Integral S.A, 2026

Estas cantidades hacen parte de las pérdidas económicas que genera el impacto analizado, dado que actúan como costo de oportunidad en el tiempo, una vez se produce la remoción de la cobertura vegetal. Para su valoración, se utiliza el precio reportado por el mercado del carbono, el cual corresponde a $ 29.070,49 /ton CO_2 para el año 2026, según lo establecido (DIAN., 2026), de esta manera se obtiene la monetización para la sucesión evaluada en las diferentes coberturas. La Tabla 8.3.22 muestra la valoración realizada entre los años 2016 y 2029.

Tabla 8.3.22 Valoración de la pérdida de la capacidad de captura de CO2 entre los años 3 y 16 del Proyecto

Cobertura	Carbono Almacenado (Ton C)	Dióxido de carbono fijado (Ton CO_2)	Valor del CO_2 $/Ton CO_2
Bosque de galería y/o ripario	547,18	2.006,32	58.324.830,91
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	729,83	2.676,04	77.793.747,43
Cultivos permanentes herbáceos - Caña	2.083,19	7.638,38	222.051.473,50
Mosaico de cultivos	42,93	157,40	4.575.610,75
Pastos arbolados	1.087,77	3.988,48	115.947.207,02
Pastos enmalezados	924,95	3.391,47	98.591.628,85
Pastos limpios	1.478,01	5.419,39	157.544.228,53
Tejido urbano discontinuo	23,63	86,63	2.518.269,07
Vegetación secundaria alta	157,48	577,43	16.786.051,59
Vegetación secundaria baja	272,74	1.000,05	29.071.956,34
Zonas de extracción minera	61,72	226,31	6.578.870,99
Zonas industriales o comerciales	40,39	148,08	4.304.847,66
Total	**7.449,81**	**27.315,97**	**794.088.722,64**

Fuente: Integral S.A, 2026

Esto indica que el costo de oportunidad de la Modificación sobre la cobertura vegetal es de 4.725.194,57$/ha teniendo en cuenta el avance de la regeneración natural. Esto es $794.088.722,64 para las 168,05 hectáreas en cobertura vegetal a intervenir y que hacen parte del aprovechamiento forestal.

Como resultado final, se obtiene el valor del impacto modificación de la cobertura vegetal, considerando el plan de remoción y utilizando como proxy la pérdida de la capacidad de almacenamiento de carbono de las coberturas a intervenir. De este modo, la transferencia de dióxido de carbono a la atmósfera, producto de la remoción y su costo de oportunidad durante los años 3 - 16. El valor total del impacto de $971.170.697,72, tal como se detalla en ANEXOS_EVALUACION_ACB.

8.3.4.2.5 Alteración a comunidades de fauna terrestre

La metodología aplicada corresponde con la utilizada para los impactos Pérdida de individuos de las poblaciones de fauna terrestre y Alteración de los servicios base de la fauna, del Proyecto licenciado. A continuación, se transcribe la metodología definida, la cual se asocia a los servicios ecosistémicos de polinización y control biológico:

a. Metodología

Valoración del servicio de polinización y dispersión de semillas

Este servicio ecosistémico – SE- hace referencia a la transferencia del polen de las plantas por el viento o animales, para permitir la producción de semillas y frutos. El vínculo entre la polinización y la calidad de vida humana se mide a través de los beneficios que los humanos obtienen de este servicio. Debido a la complejidad de lo que conlleva una vida de buena calidad (Díaz et al, 2015), el beneficio puede tener múltiples dimensiones dependiendo del tipo de contribución de la polinización, como la disponibilidad de alimentos básicos o la calidad de los alimentos.

Considerando la complejidad de la cuantificación física de este servicio ecosistémico, su monetización se realiza a partir de la metodología de transferencia de beneficios. Este método se caracteriza por realizar un traspaso de valores de un bien estimado previamente a otro muy similar que se encuentra bajo otro contexto social, cultural y económico (ANLA, 2017). Por tanto, en lugar de la recopilación de datos primarios, el enfoque de transferencia de beneficios se basa en la información de estudios existentes comparables que han aplicado métodos de valoración.

Este método permite aprovechar el esfuerzo realizado en estudios puntuales existentes, para tener una primera aproximación a la valoración del resto de los ecosistemas, de una forma rápida y económica.

Para la aplicación de la metodología se seguirán los pasos contemplados en el documento Criterios técnicos para el uso de herramientas económicas en los proyectos, obras o actividades objeto de licenciamiento ambiental (ANLA, 2017), tal como se ilustra en la Figura 8.3.3

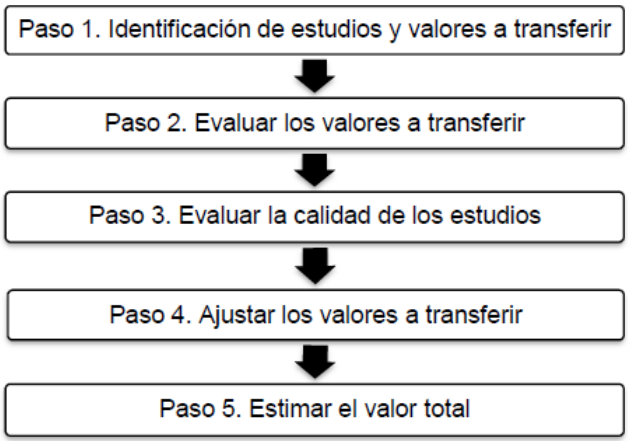

Figura 8.3.3 Pasos a seguir en la metodología de transferencia de beneficios

Fuente: (ANLA, 2017)

<u>Valoración del servicio de hábitat de especies y demás SSEE asociados a la fauna</u>

La actividad de desmonte en las áreas de intervención que implican la tala de la cobertura vegetal y con ello la disminución en el número de individuos de las poblaciones de flora, aumenta las distancias entre los parches de la cobertura y altera las condiciones microclimáticas aptas para el desarrollo de las especies. Como consecuencia, hay partición de fragmentos boscosos, pérdida de la función principal de un corredor biológico y reducción en el movimiento de la biota entre fragmentos de hábitat, que además trae consigo la alteración en el control biológico.

Una de las estrategias para fomentar el mantenimiento de esta es el establecimiento de corredores biológicos que faciliten la conectividad estructural y funcional de los elementos bióticos. Teniendo en cuenta lo anterior, la valoración ecosistémica se estima mediante la afectación sobre el servicio ecosistémico (SE) de soporte para mantener el hábitat de las especies por medio de la aplicación de un método de proyecto sombra que tiene como fin reponer el daño generado.

La metodología de valoración económica propuesta para este impacto corresponde a la de gastos actuales y potenciales y en especial, la técnica de proyectos sombra. Mediante este método se busca una alternativa que sea capaz de reponer el daño provocado por un proyecto de desarrollo, para lo cual no es necesario devolver el ambiente a su condición inicial, sino determinar cómo se puede compensar la pérdida de utilidad inducida por el impacto ambiental a través del desarrollo de otros proyectos (proyectos "sombra") que permitan a las personas alcanzar los niveles de utilidad iniciales (ANLA, 2017).

De acuerdo con el Banco de Desarrollo de Asia (ABD, por su sigla en inglés), los supuestos implícitos en este análisis son:

- Los recursos en extinción son escasos y altamente valorados.
- Las alternativas ofrecidas por los humanos en los proyectos sombra pueden proveer la misma cantidad y calidad de bienes como el ambiente natural.
- El nivel original de bienes y servicios es deseable y debe ser mantenido.
- Los costos de los proyectos sombra no exceden el valor de las pérdidas en los servicios producidos en el ambiente natural.

El concepto detrás del proyecto sombra está relacionado con seleccionar una alternativa que sea capaz de reponer, en alguna forma, el daño causado por un proyecto de inversión, determinando cómo se puede compensar la pérdida de utilidad generada por el impacto ambiental a través del desarrollo de otros proyectos que permitan a las personas alcanzar los niveles de utilidad iniciales (ANLA, 2017).

El proyecto sombra considerado para la valoración de dicho impacto es el costo de restauración de la cobertura vegetal. Para ello, se toma la información reportada en la Resolución 379 del 31 de octubre del 2022 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, a partir de la cual se señala el valor de los costos de establecimiento y mantenimiento de plantaciones forestales comerciales, el valor de los costos de mantenimiento de bosque natural asociados al proyecto de reforestación y se fija el incentivo por árbol, para efectos del Incentivo Forestal para el año 2023.

b. Resultados

Servicio ecosistémico polinización y dispersión de semillas

Paso 1: Identificación de estudios y valores a transferir

Desde finales de la década de 1960, ha habido un aumento sustancial en el interés por el valor económico de los polinizadores a través de su servicio de polinización (Helliwell D.R, 1969) y (Costanza et al, 1997). El tema recibió un interés particular en los Estados Unidos, varios países europeos, Australia y Nueva Zelanda, donde se han realizado estimaciones del valor de la polinización para una amplia gama de cultivos. Diversos estudios han demostrado que la polinización hace una contribución muy significativa a la producción

agrícola, en particular cultivos de frutas, vegetales, fibra y nueces. Se han realizado estimaciones del valor económico anual de la polinización a escala mundial.

Para los países en desarrollo se dispone de menos información, gran parte de la cual se centra en los servicios de polinización del café, el cual es uno de los cultivos agrícolas más caros del mundo, donde la polinización contribuye significativamente a los resultados económicos (Klein et al, 2003). En el reporte de la Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas IPBES (2016) se revisaron algunos de los estudios más importantes sobre los impactos económicos de los servicios de polinización en todo el mundo a diversas escalas espaciales, sin embargo, la mayoría de los estudios se centraron en Estados Unidos, Reino, Unido, Canadá y otros países desarrollados.

Debido a la escasa información disponible de la polinización como servicio ambiental en América Latina y el Caribe, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) ha enfocado los esfuerzos investigativos en generar información relevante para dar a conocer la importancia de la polinización y su situación actual con el fin de promover el conocimiento de la diversidad apícola de la región y de resaltar la importancia de la polinización en los planes de conservación y recuperación de los ecosistemas y producción sostenible.

A pesar de la importancia del servicio de soporte de polinización, la estimación económica del servicio prestado por polinizadores naturales ha generado resultados con amplios rangos de variación. Tal es el caso, de la recopilación de las valoraciones económicas de los servicios de polinización por el reporte de (IPBES, 2016) como se muestra en la Tabla 8.3.23.

Tabla 8.3.23 Estimación económica del servicio ecosistémico de la polinización por hectárea

Autor	País	Cultivo	2015 US
Shipp et al (1994)	Canada	Pimientos dulces	$47.784 a $75.190/ha
Priess et al (2007)	Indonesia	Café	$55,34/ha
Olschewski et al (2006)	Indonesia	Café	$63/ha
Olschewski et al (2006)	Indonesia	Café	$66/ha
Whittington et al (2004)	Canadá	Tomates	$434 a $2344/ha
De Marco and Coelho (2004)	Brasil	Café	$2415/ha
Sandhu et al (2008)	Nueva Zelanda	N/a	$78 a $81/ha
Nderitu et al (2008)	Kenia	Girasol	$2072/ha
Lye et al (2011)	Reino Unido	Frambuesas	$7641/ha
Mouton (2011)	Sur Africa	Manzanas	$18,216/ha

Fuente: (IPBES, 2016)

Adicionalmente, se revisaron los resultados en TEEB - Ecosystem Services Partnership y The Economics of Biodiversity, arrojando los resultados expuestos en la Tabla 8.3.24 que se consideran adecuados para aplicar la metodología de transferencia de beneficios, debido a que se enfoca en el servicio ecosistémico impactado y su relación especialmente con el café como producto representativo en el territorio en el que se da la polinización por animales, puesto que la caña de azúcar como renglón económico principal, poliniza a través del viento.

Tabla 8.3.24 Estudios seleccionados para la transferencia de beneficios

No	Estudio relevante de polinización	Ubicación del estudio a transferir	Servicio ecosistémico del estudio a transferir	Valor determinado por el estudio		Año del estudio
				Valor	Unidad	
1	Linking deforestation scenarios to pollination services and economic returns in coffee agroforestry systems. Ecological Applications 17(2): 407-417.	Indonesia	Polinización	46	euros/ha/año	2007
2	Keeping the Amazon forests standing: a matter of values. Report for WWF Netherlands.	Ecuador	Polinización	49	USD/ha/año	2009

Fuente: Integral, 2023 con información de TEEB, The Economics of Ecosystems and Biodiversity – Valuation Database Manual -ESP

Paso 2. Evaluar los valores a transferir:

Cada uno de los estudios referidos en la Tabla 8.3.24 calcularon un valor en función de las afectaciones evaluadas, considerando unidades de medida que permitirían transferir valores. No obstante, como resultado del paso siguiente en el que se determina la compatibilidad de alguno de ellos dentro nuestro estudio, se analizará si el valor reportado se logra ajustar, teniendo en cuenta el año en el que se realizó el pronunciamiento de la Autoridad Ambiental.

Paso 3. Evaluar la calidad de los estudios:

El análisis de los estudios identificados en la Tabla 8.3.24 permitió la selección del estudio adecuado para realizar la transferencia de valores a la zona de estudio. La evaluación de cada uno se presenta en la Tabla 8.3.25.

Tabla 8.3.25 Evaluación de los estudios

Estudio	Análisis	Conclusión de la evaluación
Linking deforestation scenarios to pollination services and economic returns in coffee agroforestry systems. Ecological Applications 17(2): 407-417.	Se llevó a cabo en Sulawesi, Indonesia donde se utilizaron datos empíricos sobre los efectos negativos del aumento de la distancia entre los bosques tanto en la diversidad de polinizadores como en la producción de café. Las simulaciones espaciales de uso de la tierra demostraron que la magnitud y ubicación del cambio forestal, influyen directamente en la disminución de los servicios de dispersión de semillas y polinización y, por lo tanto, se reducen directamente los rendimientos de café hasta en un 18%. En el momento del estudio se determinó que los bosques en el área de Sulawesi proporcionaban anualmente servicios de polinización por valor de 46 euros/ha/año. Se resalta que este estudio consideró el	Se acepta

Estudio	Análisis	Conclusión de la evaluación
	bosque tropical, convergiendo con el ecosistema del Proyecto.	
Keeping the Amazon forests standing: a matter of values. Report for WWF Netherlands.	Se centró en los patrones de consumo, la posición de los Países Bajos como un importante importador de productos básicos de esta región y la identificación de opciones para políticas más sostenibles. Adicional, se determinaron algunos de los servicios ecosistémicos proporcionados por la selva amazónica y sus valores económicos relacionados, entre ellos la polinización, teniendo en cuenta que este servicio en la selva primaria amazónica tiende a depender de polinizadores grandes, fuertes y voladores capaces de viajar largas distancias, como las abejas, pájaros y murciélagos. Para el servicio ecosistémico de la polinización el valor promedio calculado fue de 49 USD/ha/año.	Se descarta

Fuente: Integral, 2023

Paso 4. Ajustar los valores a transferir

Para actualizar los valores a pesos colombianos (COP) del 2022, se utiliza la Paridad de Poder Adquisitivo (PPA), considerando la Ecuación 8.3.11 (Correa et al, 2011), la cual toma los valores en la moneda original, valores de IPC y del ingreso per cápita, así como la tasa de cambio según la Ecuación 8.3.11:

$$Valor\ Pesos\ \frac{Col}{Valor_{\text{año 2026}}} =$$

$$\text{Valor } € \text{ año de estudio x} \left(\frac{IPC\ Indonesia\ 2026}{IPC\ Indonesia\ (2007)}\right) * \left(\frac{Ingreso\ percápita\ Indonesia\ 2026}{Ingreso\ percápita\ Colombia\ \ 2026}\right) * (tasa\ de\ cambio\ \frac{\$Col}{€})$$

Ecuación 8.3.11 Cálculo de Paridad de Poder Adquisitivo

Fuente: Correa et al., 2011

A partir del estudio de valoración económica del SE dispersión de semillas y polinización en paridad de poder adquisitivo (PPA) a pesos de 2022, se utilizaron los datos de la Tabla 8.3.26. Los valores de IPC (Índice de Precio al Consumidor) y PIB (ingreso nacional bruto per cápita en paridad de poder adquisitivo) se tomaron del Fondo Monetario Internacional (IMF, 2026); por su parte, la tasa de cambio se toma del Banco de la República (indicadores del día).

Tabla 8.3.26 Datos para aplicar la Paridad de Poder Adquisitivo (PPA)

IPC Indonesia 2026	IPC Indonesia 2007	PIB per cápita Indonesia 2026	PIB per cápita Colombia 2026	tasa de cambio $Col/Euro
124,053	56,411	19.158	22.026	4.351,06

Fuente: Integral S.A, 2026, con información del Fondo Monetario Internacional y Banco de la República

Paso 5. Estimar el valor total

Para la estimación del valor total se considera la porción del área de aprovechamiento forestal asociada a cobertura con especies arbóreas que asciende a 129,43 ha, relacionadas en la Tabla 8.3.27

Tabla 8.3.27 Coberturas con especias arbóreas

Cobertura	Área (ha)
Bosque de galería y/o ripario	11,41
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	15,21
Cultivos permanentes herbáceos - Caña	31,82
Mosaico de cultivos	0,66
Pastos arbolados	16,62
Vegetación secundaria alta	19,66
Vegetación secundaria baja	34,06
Área total con cobertura boscosa	**129,43**

Fuente: Integral S.A, 2026

De acuerdo con el valor promedio del SE ($506.034/ha/año) y lo expuesto en la Tabla 8.3.27 se obtiene un valor del servicio ecosistémico de dispersión de semillas y polinización anual corresponde $65.495.365 y un valor total de $982.430.468 como muestra la Tabla 8.3.28.

Tabla 8.3.28 Valor económico SE polinización y dispersión de semillas

Área de aprovechamiento forestal del proyecto con cobertura arbórea (ha)	Valor promedio COP/ha/año	Valor promedio COP/año	Valor económico SE polinización
129,43	$506.034	$65.495.365	$982.430.468

Fuente: Integral S.A, 2026

<u>Servicio de hábitat de especies y demás SSEE asociados a la fauna</u>

El área para restaurar corresponde al área de aprovechamiento forestal que asciende a 168,05 ha para la presente modificación de la licencia, en concordancia con la cuantificación biofísica del impacto Alteración a ecosistemas y hábitats terrestres.

Por su parte, en la Tabla 8.3.29 se presenta la información de los costos promedios de establecimiento y mantenimiento de una hectárea de bosque plantado para el núcleo región eje cafetero y sur occidente, y los valores totales por año de acuerdo con los valores establecidos en la Resolución 379 de 2022, actualizados al año 2026.

Tabla 8.3.29 Valoración de la afectación de los hábitats y/o corredores biológicos terrestres

Año	Costos de establecimiento promedio ($/ha) *	Costos de mantenimiento promedio hasta año 5 ($/ha) **	Área a restaurar (ha)	Costos totales por año para el área a restaurar ($/año)
1	3.847.917		168,05	714.977.555
2		421.073		78.239.077
3		439.486		81.660.424

Año	Costos de establecimiento promedio ($/ha) *	Costos de mantenimiento promedio hasta año 5 ($/ha) **	Área a restaurar (ha)	Costos totales por año para el área a restaurar ($/año)
4		278.858		51.814.317
5		223.010		41.437.304
Costo total del área a restaurar (COP) año 2026* **				**968.128.676**

*Corresponde al costo promedio de establecimiento por hectárea para la zona núcleo eje cafetero y sur occidente. Resolución 379 del 31 de octubre del 2022

**Corresponde al costo promedio de mantenimiento por hectárea hasta el año 5, para la zona núcleo eje cafetero y sur occidente. Resolución 379 del 31 de octubre del 2022

***Actualizado según IPC (IPC diciembre 2023:137,72. IPC diciembre 2025:152,27) reportado por: https://www.dane.gov.co/files/operaciones/IPC/ene2026/anex-IPC-Indices-ene2026.xlsx

Fuente: Integral S.A, 2026

Finalmente, se obtiene el valor total de los impactos sobre la fauna y sus servicios ecosistémicos es de $1.950.559.144, tal como se muestra en la Tabla 8.3.30.

Tabla 8.3.30 Valor total afectación fauna y sus SSEE

Valor económico polinización	$982.430.468
Valor económico hábitat para especies	968.128.676
Valor económico total	**$1.950.559.144**

Fuente: Integral, 2023

8.3.4.2.6 Alteración en la percepción visual del paisaje y Alteración de la geoforma del terreno

La metodología aplicada corresponde con la utilizada para los impactos alteración del paisaje y pérdida de sitios de interés paisajístico, aunado a esto, se incluye el impacto Alteración de la geoforma del Proyecto licenciado. A continuación, se transcribe la metodología definida, la cual se asocia al servicio ecosistémico de belleza escénica:

a. Metodología

Para realizar la valoración económica de estos impactos se toma la metodología de preferencias declaradas, y en particular, Método de valoración contingente – MVC, que intenta averiguar la valoración que le otorgan las personas a un determinado recurso ambiental de manera directa; es un modelo probabilístico, es decir, consiste en simular un mercado hipotético para un bien o conjunto de bienes para los que no existe mercado donde transarse. Su aplicación se realiza a través de encuestas, que permiten obtener la máxima Disponibilidad a Pagar (DAP) individual por tener una mejora en la calidad ambiental o por evitar el deterioro de la misma, o bien estiman la mínima Disposición a Aceptar (DAA) por tolerar dicho deterioro.

El MVC parte del supuesto que los individuos derivan utilidad (bienestar) de la disponibilidad y/o calidad del bien ambiental y de su ingreso. Por tanto, es esencia un método probabilístico, donde los individuos conocen su función de utilidad con certidumbre, pero ella no es observable en su totalidad por parte del investigador. Dicha función es explicada

por las características socioeconómicas del individuo y los atributos del bien ambiental, mientras que la parte observable está dada por el ingreso del individuo (Osorio y Correa, 2024). Para desarrollar este método, es necesario realizar los siguientes supuestos respecto al comportamiento del agente económico (Uribe et al, 2003):

- El individuo se comporta en el mercado hipotético de la misma manera como lo haría en el mercado real, y toma una decisión racional a la hora de asignar o no parte de su ingreso a la compra del bien ambiental.
- El individuo tiene información completa sobre los beneficios que el consumo del bien ambiental le generaría.
- El individuo maximiza su utilidad dada una restricción de presupuesto representada por el ingreso disponible, es decir, a la hora de decidir si paga o no, y cuanto, por el bien ambiental ofrecido, el individuo sabe que tiene un ingreso limitado para gastar.

Para el caso específico de la valoración económica de los impactos sobre el paisaje, se utilizó la disponibilidad a pagar en tiempo de trabajo, esto es, la disponibilidad a trabajar-DAT- como medida de la valoración. Para ello se les preguntó a los encuestados cuántos días de trabajo estarían dispuestos a ofrecer mensualmente, para conservar las condiciones actuales de los escenarios de valoración, esta información en conjunto con los ingresos reportados permite estimar la DAP. Según (Ahlheim et al, 2010), citado por (Reyes y Yepes, 2013) la DAT resulta ser una buena medida del valor monetario, dado que cumple con tres condiciones:

- Ser estrictamente monótona creciente en la utilidad individual.
- Ser parte de la vida diaria de las personas para que estén familiarizados con ella.
- Teóricamente, puede ser agregada sobre los individuos

El punto de partida obligado del MVC lo constituyen las encuestas en las cuales el entrevistador construye un mercado simulado para el bien ambiental objeto de estudio, y trata de averiguar el valor que se pagaría por el mismo.

Dicho instrumento presenta información relativa al bien ambiental, a sus atributos y a las condiciones socioeconómicas del encuestado. De manera puntual, la encuesta presenta una definición del bien ambiental relacionado con el impacto a valorar. Las secciones siguientes de la encuesta preguntan la percepción y la disposición a pagar por conservar la condición actual del bien ambiental a partir de una pregunta de DAP en términos de días de trabajo, es decir, la disposición a contribuir en tiempo de trabajo, para la conservación del escenario actual, que permite determinar el costo de oportunidad y así poder inferir el valor de disposición a pagar, teniendo en cuenta el ingreso del encuestado.

Posteriormente se planteó la pregunta de calificación del nivel de desagrado respecto a la afectación que el proyecto generará sobre el bien ambiental; a partir de dicha calificación se construye un ponderador de afectación que fue aplicado a la DAP calculada y permitió obtener el impacto del proyecto sobre la el bien ambiental.

Análisis estadístico de la encuesta

La aplicación de la encuesta se desarrolló entre el 25 de julio y el 2 de agosto del año 2017 en las veredas y corregimientos del área de influencia directa del proyecto desde donde serán visibles las obras del Proyecto. En total se realizaron 66 encuestas.

Las preguntas realizadas al final de la encuesta estaban orientadas a conocer la disponibilidad a trabajar por conservar las condiciones actuales del paisaje, para ello se preguntó a los encuestados si estaban dispuestos a ofrecer parte de su tiempo para conservar el paisaje actual, como resultado se obtuvo que de los 66 encuestados, 61 estaban dispuestos a ofrecer parte de su tiempo, estos representan el 92% de la población encuestada. En la Tabla 8.3.31 se presentan los resultados de la disponibilidad a trabajar para conservar cada uno de los elementos del paisaje

Tabla 8.3.31 Respuestas de los encuestados sobre de la disponibilidad a trabajar para conservar los elementos del paisaje

Componente del paisaje	Menos de medio día	Medio día	Un día	Día y medio	Dos días	Más de dos días
Relieve	1	19	28	2	9	2
Vegetación	2	12	29	2	13	3
Hidrología	1	13	25	3	14	5
Usos del suelo		13	28	5	9	6
Fauna	13	25	2	16	1	3

Fuente: Integral, 2017

Estimación del modelo

La estimación del MVC permite determinar la probabilidad de una respuesta positiva al escenario de valoración, esto es, la probabilidad de estar dispuesto a ofrecer parte del tiempo para conservar el recurso a valorar. Una primera aproximación a la función que describa dicha probabilidad relaciona la variable dependiente (Y), con las variables socioeconómicas y ambientales independientes (X).

De acuerdo con (Riera et al, 2005), se puede asumir que la verdadera DAP sigue una distribución de probabilidad logística (modelo Logit), cuya estimación se realiza a partir del Método de Máxima Verosimilitud (MV). El Cual permite estimar los parámetros del modelo a partir de la maximización de la función de verosimilitud. Para lo cual se hizo uso del software distribuido bajo licencia pública R Versión 3.4.0.

Para el cálculo del ponderador de afectación del paisaje se estimó, a partir de un modelo Logit, la probabilidad de que el encuestado califique con el mayor nivel de desagrado (opción “Mucho”) la afectación del proyecto sobre el recurso valorado.

Las estimaciones se abordaron inicialmente incluyendo todas las variables capturadas en la encuesta, posteriormente se retiraron del análisis las variables que contenían información redundante (esto es, variables con poco aporte marginal en la explicación de la variación). Finalmente, la estimación Logit determinó el mejor modelo con mayor significancia de los parámetros. Las medidas de tendencia central de la disponibilidad a pagar-DAP- de los encuestados se abordaron a partir de la mediana de los datos, mientras que los ponderadores de afectación de los escenarios de línea base se construyeron a partir de la media.

Según el modelo presentado en la Figura 8.3.4 la variable que mejor explica la DAT por parte de los encuestados por conservar las condiciones actuales del paisaje es el logaritmo

del nivel de ingreso[3] (Log.ing), variable significativa para el modelo, que indica que el ingreso afecta negativamente la disponibilidad a pagar por conservar cada uno de los componentes del paisaje.

```
> summary(m1)

Call: glmRob(formula = modelo)
Deviance Residuals:
     Min       1Q   Median       3Q      Max
-2.28934  0.07052  0.18079  0.39346  1.25878

Coefficients:
            Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept) 49.38280   23.99765   2.058  0.03961
Edad        -0.07557    0.04611  -1.639  0.10125
Genero2     -2.25720    1.56089  -1.446  0.14815
log.ing.    -2.99234    1.57495  -1.900  0.05744

(Dispersion Parameter for binomial family taken to be 1 )

    Null Deviance: 91.5 on 65 degrees of freedom

Residual Deviance: 26.08645 on 62 degrees of freedom

Number of Iterations: 4

Correlation of Coefficients:
         (Intercept) Edad    Genero2
Edad     -0.4003
Genero2  -0.6379      0.1562
log.ing. -0.9962      0.3319  0.6123
```

Figura 8.3.4 Modelo econométrico de DAT por conservar el paisaje actual

Fuente: Integral, 2017, a partir de estimaciones del software R 3.4.0

Ahora bien, la medida de tendencia central de la disponibilidad a pagar de los encuestados es de $34.709 mensuales por persona, calculada a partir de la mediana de los valores predichos en el modelo. La Figura 8.3.5 presenta el cálculo de la misma y el intervalo de confianza al 95%, el cual reporta un valor máximo de DAP de $45.313 y un mínimo de $27.159. Vale la pena aclarar que considerando que la encuesta preguntaba disponibilidades para cada uno de los componentes del paisaje, se estimó un modelo general cuya DAP es el promedio de los valores reportados para cada uno de los componentes.

[3] La estimación se realizó considerando el logaritmo natural del ingreso, con el fin de estandarizar el comportamiento de la variable, considerando la variabilidad de la misma.

```
> res=replicate(5000,simulacion(n=50))
> quantile(res,probs=c(0.025,0.975))
    2.5%    97.5%
27159.44 45313.60
>
> median(disposicion)
[1] 34709.38
```

Figura 8.3.5 Mediana de la DAP por conservar el paisaje actual

Fuente: Integral, 2017, a partir de estimaciones del software R 3.4.0

Este valor representa el beneficio que en términos económicos tiene para cada persona mantener o conservar inalterados los componentes del paisaje. Ahora bien, para determinar el valor monetario del impacto que el proyecto genera sobre el paisaje, se estimó un ponderador, a partir de la percepción de los entrevistados respecto a la afectación que este genera sobre el atributo paisajístico. Para ello, se calculó la probabilidad de que un encuestado califique con el mayor nivel de desagrado el escenario de intervención del proyecto sobre el paisaje[4].

La Figura 8.3.6 presenta los resultados del mejor modelo estimado, el cual corresponde a un modelo Logit, que depende de la edad, del nivel educativo, la ocupación, el género, el ingreso[5] y de la calificación del nivel de agrado/desagrado del paisaje que lo rodea (CalificaPaisajeRodea). No obstante, la variable explicativa más representativa es el nivel de ingreso, con signo negativo, lo cual indica que los encuestados con mayor nivel de ingresos, son quienes en su mayoría presentan los menores niveles de desagrado por el proyecto.

[4] Esto es que el encuestado haya respondido que le desagrada “mucho” la afectación del paisaje con el proyecto.

[5] La estimación se realizó considerando el logaritmo natural del ingreso, con el fin de estandarizar el comportamiento de la variable, considerando la variabilidad de la misma

```
> summary(mod)

Call: glmRob(formula = modelo)
Deviance Residuals:
    Min      1Q  Median      3Q     Max
-1.8270 -0.7526 -0.5794  0.7744  2.2022

Coefficients:
                   Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)          12.54611    6.35168  1.9752  0.04824
Edad                  0.03867    0.02955  1.3088  0.19060
NivelEducativo        0.30509    0.23989  1.2718  0.20345
Ocupacion            -0.36994    0.39700 -0.9318  0.35142
Genero2              -0.58079    0.63423 -0.9157  0.35981
CalificaPaisajeRodea2  0.73360    0.90183  0.8135  0.41596
log.ing.             -1.20420    0.50369 -2.3908  0.01681

(Dispersion Parameter for binomial family taken to be 1 )

    Null Deviance: 91.5 on 65 degrees of freedom

Residual Deviance: 67.91378 on 59 degrees of freedom

Number of Iterations: 6

Correlation of Coefficients:
                   (Intercept) Edad      NivelEducativo Ocupacion Genero2   CalificaPaisajeRodea2
Edad                0.004479
NivelEducativo      0.297578    0.419367
Ocupacion           -0.515426   -0.249176  0.018074
Genero2             -0.020330   -0.071537  0.169750       0.136260
CalificaPaisajeRodea2  0.083285   -0.129889  0.099272      -0.023373  0.054875
log.ing.            -0.942940   -0.214220 -0.556868       0.426228 -0.060401 -0.186595
```

Figura 8.3.6 Modelo econométrico calificación de desagrado del paisaje con el proyecto

Fuente: Integral, 2017, a partir de estimaciones del software R 3.4.0

Según dichas estimaciones la media de la probabilidad de que los encuestados califiquen con algún nivel de desagrado el efecto del proyecto sobre el paisaje corresponde al 27,27%, con un intervalo de confianza del 95% que oscila entre el 16,24% y el 38,30% (ver la Figura 8.3.7). Este valor promedio representa el ponderador de la calificación de desagrado del proyecto sobre el paisaje y permite calcular el valor monetario del impacto.

```
alternative hypothesis: true mean is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.1624047 0.3830498
sample estimates:
mean of x
0.2727273
```

Figura 8.3.7 Media del ponderador de la afectación sobre el paisaje

Fuente: Integral, 2017, a partir de estimaciones del software R 3.4.0

Ahora bien, teniendo en cuenta la DAP promedio estimada por la conservación de los componentes actuales del paisaje ($34.709 mensuales por persona) y el cálculo del ponderador de afectación del paisaje, a partir de la intervención del proyecto (27,27%), se estima que el valor mensual por persona del impacto que el proyecto tiene sobre el paisaje es de $9.465 pesos del 2017, lo que representa $ 113.580 anuales por persona.

b. Resultados

Teniendo en cuenta el valor obtenido para la DAP al año 2017, se realizó la actualización de los precios al año 2026, a partir de la información del IPC ofrecida por el DANE.

Tal como se mencionó en este documento, a partir de la modificación de la licencia ambiental, se incluyeron dos unidades territoriales nuevas al área de influencia del Proyecto, tal como se muestra en la Tabla 8.3.32 y sobre estas se hará la monetización.

Tabla 8.3.32 Población de las nuevas unidades territoriales

Localidad	Total Habitantes
San Joaquín	230
Sector El ICA/AGROSAVIA de la vereda La Chinca	52
Total	**282**

Fuente: Integral S.A, 2026

Es así, como en la Tabla 8.3.33 se evidencia que el valor agregado para los impactos Alteración visual del paisaje y Alteración de la geoforma del terreno asciende a $ 50.916.160,85 anualmente.

Tabla 8.3.33 Valor económico del impacto sobre el paisaje y la geoforma

DAP 2017	DAP 2026*	Población nuevas localidades	Valor anual del impacto
$ 113.580,00	$ 180.553,76	282	$ 50.916.160,85

*Actualizado según IPC, Datos tomados de https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/precios-y-costos/indice-de-precios-al-consumidor-ipc. IPC 2017:96,92 IPC 2026-enero: 154,07

Fuente: Integral S.A, 2026

8.3.4.2.7 Alteración de las actividades económicas

a. Metodología

La metodología aplicada corresponde con la utilizada para el impacto cambio en las actividades productivas, del Proyecto licenciado. A continuación, se refiere la metodología definida:

Para su monetización se utilizó el método de precios de mercado, en especial el cambio en la productividad, cuyo instrumento de valoración fue el valor perdido de la producción actual agrícola y pecuaria, en cada una de las zonas intervenidas por el proyecto y con ello el cambio en el ingreso de los productores como medida de la pérdida de bienestar por efecto del proyecto.

Se tomó información de las coberturas vegetales asociadas a la caña y el pasto para determinar la afectación de esta área productiva, aunado a la estimación de productividad expuesta en el componente económico de la caracterización del medio socioeconómico. Por su parte, para la determinación de los empleos en dicha área se hizo uso de la proporción a partir de lo que se encuentra licenciado, máxime porque para el presente trámite de modificación, en las áreas nuevas, no se identificó población a reasentar que ameritara un censo.

b. Resultados

La Tabla 8.3.34 muestra la información para la producción de caña en las áreas nuevas a intervenir, en la cual se evidencia una pérdida anual de $994.888.560 en 31,8 ha afectadas. Asimismo, se reporta una pérdida de $43.200.000 por los empleos que esta actividad genera.

Tabla 8.3.34 Valor total de la producción de caña afectada por año y empleos

Localidad	Total de ha	Total de producción anual (cargas)	Valor promedio unitario (por carga)	Valor promedio de cargas anuales	No. De personas dedicadas a la actividad	Total Salarios (promedio $700.000 por persona)
El Diluvio	2,35	84,60	888.000	75.124.800	1	8.400.000
El Iris	11,07	520,29	888.000	462.017.520	3	25.200.000
Guacas Abajo	11,93	334,04	888.000	296.627.520	3	25.200.000
La María	6,48	181,44	888.000	161.118.720	2	16.800.000
Total	**31,8**	**1.120,37**	**3.552.000,00**	**994.888.560**	**9**	**43.200.000**

Fuente: A partir de la caracterización socioeconómica – Integral, S.A., 2026 y censo 2012

De manera adicional en las áreas a intervenir, se presenta actividad pecuaria, por tanto, y utilizando la misma metodología de precios de mercado, la Tabla 8.3.35 muestra la pérdida económica anual referida a las áreas en pastos (potrero/pastizal) que serán ocupadas por las obras objeto de modificación del proyecto. Para su cálculo se consideró el costo total de establecimiento y mantenimiento de un potrero reportado por el anuario estadístico del sector agropecuario en el Departamento de Antioquia para el año 2010, así como la capacidad de carga de una hectárea de pasto establecida en la caracterización socioeconómica, con el fin de obtener el costo/forraje/año. Este precio se actualizó al año 2026 a partir de la información del IPC ofrecida por el DANE.

Tabla 8.3.35 Valor total de la producción pecuaria (pastos) afectada por año

Localidad	Pasto ha	Costo anual de establecimiento del potrero*	Costo anual de sostenimiento del potrero*	Costo total anual establecimiento y sostenimiento*	Capacidad de carga (animales/ha)**	Costo/forraje/año	Valor total de la producción afectada
El Diluvio	4,04	$ 327.915	$855.631	$1.183.546	1	$1.183.546	$ 4.781.526
El Iris	0,72						$ 852.153
Guacas Abajo	38,6						$ 45.684.881
La Linda	6,08						$ 7.195.960
La María	3,08						$ 3.645.322
Peñas Azules	0,8						$ 946.837
Total	**53,32**						**$ 63.106.680**

*Actualizado según IPC, Datos tomados de https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/precios-y-costos/indice-de-precios-al-consumidor-ipc. IPC 2017:96,92 IPC 2025-diciembre: 152,27

**A partir de información de la caracterización económica a nivel municipal

Fuente: Integral S.A, 2026

En cuanto a los empleos asociados a la actividad pecuaria, se calculó a partir del área licenciada en relación con el área de la presente modificación, obteniendo como resultado dos personas empleadas en dicha actividad, lo que arroja un valor $13.546.162 anualmente.

Para concluir, el valor del impacto Alteración de las actividades económicas en el marco de la modificación de la licencia asciende a $1.114.741.402, que se encuentra desagregado en la Tabla 8.3.36. El análisis costo beneficio presenta el resultado del impacto considerando la tasa de descuento planteada por el DNP para Colombia, así como el periodo en el cual se presenta el impacto, esto es, que el flujo de caja tiene en cuenta que la pérdida de la productividad agropecuaria no se da por toda la vida útil del Proyecto.

Tabla 8.3.36 Valor económico del impacto Alteración de las actividades económicas

Concepto	Valor anual
Producción anual para la Caña	994.888.560
Empleo anual para la Caña	43.200.000
Área en pasto afectada	63.106.680
Empleo anual para actividades pecuarias	13.546.162
Total	**1.114.741.402**

Fuente: Integral S.A, 2026

8.3.4.2.8 Alteración en el uso socioeconómico del suelo

a. Metodología

La metodología aplicada corresponde con la utilizada para el impacto Alteración de los servicios base del suelo, del Proyecto licenciado. A continuación, se transcribe la metodología definida, la cual se asocia al servicio ecosistémico de reciclado de nutrientes:

Este impacto hace referencia a la perturbación de los procesos ecosistémicos y estructurales del suelo, que impiden que éste cumpla sus propiedades de regulación y provisión, afecta de manera directa el reciclado de nutrientes, y su efecto sobre el bienestar de las personas y la sociedad se manifiesta a través del impacto en la provisión de otros bienes y servicios ambientales.

La monetización de este impacto se realiza utilizando como instrumento de valoración la pérdida potencial de macronutrientes del suelo, a través de un modelo de costos de reemplazo o costos de sustitución. Criterios técnicos para el uso de herramientas económicas en los proyectos, obras o actividades objeto de licenciamiento ambiental" aprobado mediante la Resolución 1669 de 2017, (ANLA, 2017), el enfoque de costos de reemplazo parte del supuesto que es posible medir los costos incurridos para reemplazar los daños en activos generados por un megaproyecto. En este caso en particular, se consideran las cantidades y el costo de los fertilizantes requeridos para reemplazar los nutrientes medidos en cada unidad cartográfica, los cuales podrían perderse como consecuencia de la alteración de las propiedades del suelo.

Este tipo de metodología considera el gasto incurrido para restaurar y devolverle al ecosistema su estado original causado por la intervención, es una aproximación del valor de los beneficios ambientales alterados. Se emplea generalmente para valorar el uso indirecto de los impactos sobre los ecosistemas cuando no existe información sobre las funciones ambientales y su relación con los daños producidos.

No obstante, presenta como limitaciones que la estimación realizada bajo este enfoque corresponde al límite superior del valor de los daños, pero no mide realmente los beneficios de la protección ambiental por sí misma, ni considera las preferencias sociales dentro de su análisis (ANLA, 2017)

Valoraciones para el suelo a través de métodos de gastos actuales y potenciales, han sido empleadas por (Correa et al, 2011) para determinar el costo de la erosión de los suelos agrícolas en México, así como por la (FAO, - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2000) en suelos con presencia de cobertura boscosa en Guatemala y por Martínez y Némiga (SF) en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca en México para valorar los impactos del cambio en el uso del suelo.

Tal y como lo plantean (Martínez y Négima, Sf), los milímetros más superficiales del suelo son los más ricos en nutrientes y humus y los primeros que se pierden al iniciarse la erosión acelerada del suelo o al presentarse pérdida del mismo por cambio en el uso. Dichos nutrientes podrían ser restituidos por fertilizantes comúnmente utilizados en el mercado tales como el Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Potasio (K_2O), Fósforo (P_2O_5) y Nitrógeno (N) asimilable. Por tanto, se aproxima el valor de los nutrientes disponibles en el suelo, al valor comercial de dichos fertilizantes.

Para el cálculo del valor económico, se parte del Inventario físico de nutrientes para cada unidad cartográfica y del valor comercial de los fertilizantes Triple 15 y Agrofosmin[6], considerando su composición o fórmula comercial, se estima el valor económico del impacto.

b. Resultados

Tal y como se planteó en el capítulo metodológico, para la valoración de este a través del método de costo de reposición, se estima la pérdida potencial de macronutrientes del suelo, donde se consideran las cantidades y el costo de los fertilizantes requeridos para reemplazar los nutrientes medidos en cada unidad cartográfica, los cuales podrían perderse como consecuencia de la alteración de los servicios base del suelo y son indispensables para determinar el nivel de fertilidad del mismo. Tabla 8.3.37 muestra los resultados, con las áreas de cada unidad cartográfica asociada al área de intervención.

Tabla 8.3.37 Parámetros obtenidos en el monitoreo de suelos según unidad cartográfica

Unidad cartográfica	Area (ha)	Calcio (cmol/kg)	Magnesio (cmol/kg)	Potasio (cmol/kg)	Fosforo (mg/kg)	Densidad aparente (g/cm^3)
Asociación Yarumal (YA)	134,89	3,19	1,90	0,38	3,16	1,39
Asociación El Cinco (EC)	13,37	3,25	1,65	0,60	3,00	1,2
Asociación Yalí (JD)	124,15	1,39	0,81	0,33	7,97	1,31

[6] A diferencia del proyecto licenciado, se considera para el presente trámite el fertilizante agrofosmin, dado que el microfull es poco comercializado y por ende poco utilizado. En todo caso cumple con el procedimiento metodológico propuesto.

Unidad cartográfica	Area (ha)	Calcio (cmol/kg)	Magnesio (cmol/kg)	Potasio (cmol/kg)	Fosforo (mg/kg)	Densidad aparente (g/cm^3)
Complejo Tarazá (TR)	13,71	1,86	0,84	0,23	3,16	1,34
Total general	**286,12**					

Fuente: Integral S.A, 2026

Por su parte, la Tabla 8.3.38, referencia el valor comercial de dichos nutrientes, aproximándolos al valor de mercado de los fertilizantes Triple 15 y Agrofosmin, teniendo en cuenta su composición o fórmula comercial, y considerando que dichos fertilizantes entrarían en reposición de los macronutrientes perdidos al alterarse las propiedades del suelo y sus servicios ecosistémicos asociados.

Tabla 8.3.38 Valor comercial de los nutrientes

Fósforo (P_2O_5) $/kg*	Potasio (K_2O) $/kg*	Calcio (CaO) $/kg**	Magnesio (MgO) $/kg**
1.089	1.089	888	313

*Valor comercial derivado del Fertilizante Nutrimón. Cuya composición está dada por: Nitrógeno Total (N) 15 %, Fósforo asimilable (P_2O_5) 15 % y Potasio soluble en agua (K_2O) 15 %. Su precio comercial asciende $163.300/bulto por 50Kg. Precio reportado por Tierragro.com - 2026. Disponible en: https://www.tierragro.com/products/15-15-15-x-50-kg-nutrimon-fertilizantes-agro?variant=46165147287777

**Valor comercial derivado del Fertilizante Agrofosmin granulado. Cuya composición está dada por: Fósforo12%, Calcio 17%, Azufre 7%, Magnesio 6%, Boro 0,9%, Zinc 0,7%, y Cobre 0,6%. Su precio comercial asciende a $106.200/bulto por 46Kg. Precio reportado por Tierragro.com - 2026. Disponible en: https://www.tierragro.com/products/agrofosmin-granulado-46-kgs-superfertilizantes-fertilizantes-agro?_pos=1&_psq=agrofosmi&_ss=e&_v=1.0

Fuente: Integral S.A, 2026

Con base en la información anterior, y de acuerdo con la metodología del costo de reposición o costo de sustitución, se concluye que el valor de uso indirecto del impacto sobre los servicios ecosistémicos base del suelo y en particular sobre el reciclado de nutrientes, aproximado a la pérdida potencial de macronutrientes dispuestos en el mismo, asciende a $4.343.689,64 por hectárea. Teniendo en cuenta las 286,12 hectáreas a intervenir en las cuatro unidades cartográficas el valor del impacto se aproxima a 1.242.816.305, tal y como lo muestra la Tabla 8.3.39.

Tabla 8.3.39 Valor económico del impacto Alteración del uso socioeconómico del suelo

ítem	Calcio Ca	Magnesio Mg	Potasio K	Fósforo P
Total Inventario físico de nutrientes (Área total)	492.638,49	172.179,92	147.794,04	542.419,37
Valor comercial	$ 888	$ 313	$ 1.089	$ 1.089
Valor económico por nutriente	437.443.204	53.960.773	160.898.442	590.513.886
Valor económico total Pérdida de suelo	1.242.816.305			
Valor económico por hectárea	4.343.689,64			

Fuente: Integral S.A, 2026

En ANEXOS_EVALUACION_ACB se encuentra de manera detallada el valor anual del impacto, de acuerdo con el plan de remoción de suelo, el cual considera el periodo en el que se presenta el impacto (entre año 3 y 16 del Proyecto).

8.3.5 Análisis costo beneficio

Una vez elaborada la valoración económica de la modificación de la licencia ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, se procede a realizar el análisis costo beneficio que corresponde al balance de beneficios y costos generados por el proyecto a la sociedad, con miras a determinar las consecuencias para la misma, a través de una evaluación ex ante de la implementación del proyecto.

Es importante resaltar que, no se formuló una valoración independiente para el presente trámite en aras de seguir en la línea de un ejercicio integral para el Proyecto, sino que, se realizó para cada uno de los impactos aplicables, la monetización de las unidades biofísicas que se generaría, con precios actualizados al año 2026. Posteriormente, se llevó al flujo de caja el valor sumado de lo que se encuentra licenciado y aprobado por la Autoridad Ambiental ANLA mediante acta 205 del 2024 y el concepto técnico 003078 del miércoles 15 de mayo de 2024 que la soporta (página 386), con la agregación del valor de la modificación, a fin de calcular los indicadores de decisión.

Por su parte, se conservan las variables del ejercicio licenciado, referido a una tasa de inflación de largo plazo igual al 4%, según las expectativas del Banco de la República y una tasa social de descuento del 12% referenciada por el Departamento Nacional de Planeación.

El ANEXOS_EVALUACION_ACB presenta el detalle de la evaluación realizada (ver hojas resaltadas en color azul), mientras que la Tabla 8.3.40 evidencia un comparativo de los resultados en el escenario licenciado y la presente modificación de licencia; asimismo, la Figura 8.3.8 muestran un resumen del cálculo elaborado.

Tabla 8.3.40 Análisis costo beneficio ambiental

Análisis Costo Beneficio Ambiental	**Licenciado (Resol 1514 de 2015 y Resol 782 de 2019)**		**Licenciado + MEIA 2026**	
	Valor total	**VPN**	**Valor total**	**VPN**
Beneficios ambientales/sociales				
Valoración económica de la modificación en las finanzas municipales (Regalías + Impuestos)	107.401.682.821	59.707.726.873	107.401.682.821	59.707.726.873
Valoración económica de la dinamización de la economía local (Generación de empleo + compras locales)	519.854.908.409	281.622.033.895	519.854.908.409	281.622.033.895
Total beneficios ambientales	**627.256.591.230**	**216.921.233.666**	**627.256.591.230**	**216.921.233.666**
VPN beneficios ambientales	**$ 216.921.233.666**		**$ 216.921.233.666**	
Costos ambientales/sociales				
Valoración económica de la alteración de las propiedades FQ y microbiológicas del suelo	4.181.750.761	2.637.839.296	6.038.043.396	4.115.053.876
Valoración económica de la alteración de los servicios base del suelo	2.308.251.456	1.358.954.592	3.554.513.312	2.463.742.319
Valoración económica de pérdida de suelo	223.387.725	141.458.084	272.968.561	181.048.977
Valoración económica de la Alteración de la calidad del agua superficial y subterránea	805.477.968	8.368.152.194	805.477.968	8.368.152.194

Análisis Costo Beneficio Ambiental	Licenciado (Resol 1514 de 2015 y Resol 782 de 2019)		Licenciado + MEIA 2026	
	Valor total	VPN	Valor total	VPN
Valoración económica de la Alteración de la dinámica del agua superficial	713.448.312	7.412.051.346	713.448.312	7.412.051.346
Valoración económica de la Alteración de los servicios de regulación de agua	47.871.949.647	20.722.673.181	47.871.949.647	20.722.673.181
Valoración económica de la Alteración de la calidad del aire	170.286.809	78.538.844	184.392.433	82.338.241
Valoración económica del Aumento en los niveles de presión sonora	2.640.502.006	1.620.209.023	2.640.502.006	1.620.209.023
Valoración económica de los impactos sobre los ecosistemas acuáticos	2.717.173.440	1.176.202.298	2.717.173.440	1.176.202.298
Valoración económica de la modificación de la cobertura vegetal	2.020.826.021	1.124.609.201	2.837.037.900	1.902.912.791
Valoración económica de la Modificación de las poblaciones de flora	2.902.899.459	971.572.255	3.672.660.993	1.229.203.965
Valoración económica de los impactos asociados a la fauna y sus servicios ecosistémicos relacionados	9.346.745.057	5.962.917.863	11.297.304.202	7.218.711.706
Valoración económica de los impactos sobre el paisaje	704.991.060	7.086.428.798	755.907.221	7.598.227.839
Valoración económica del cambio en las actividades productivas	7.347.946.366	41.712.405.999	8.462.687.768	46.714.111.425
Valoración económica del desplazamiento involuntario de la población	2.291.868.432	1.713.887.895	2.291.868.432	1.713.887.895
Total costos ambientales	**86.247.504.520**	**100.353.238.985**	**94.115.935.590**	**110.717.721.040**
Flujo de caja ambiental	**$ 127.320.127.430**		**$ 118.066.125.595**	

Fuente: Integral S.A, 2026

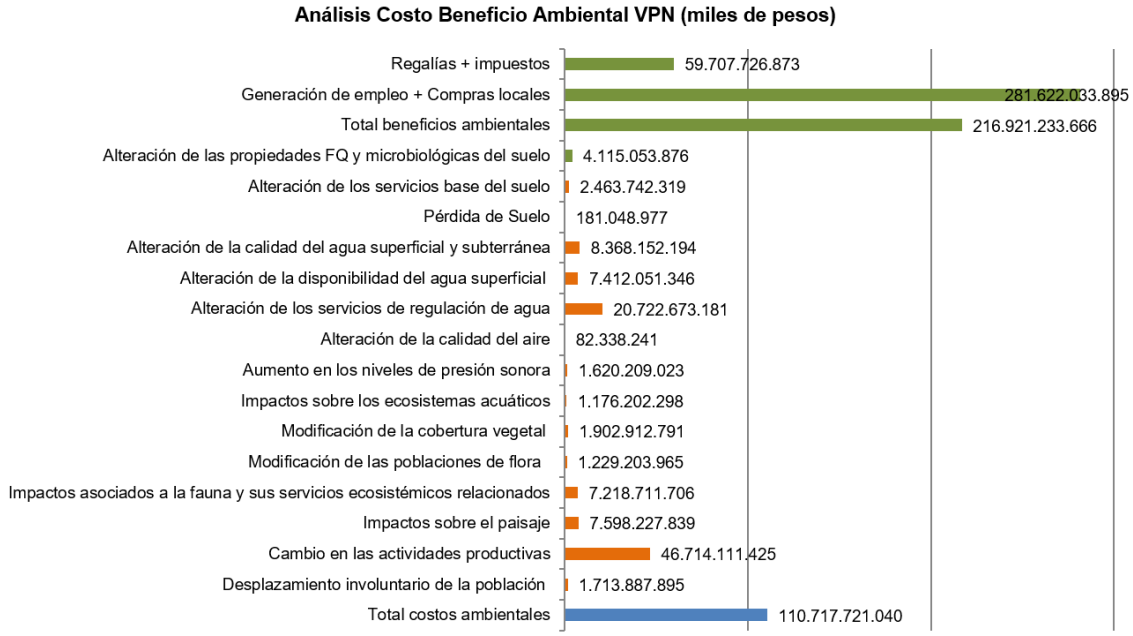

Figura 8.3.8 VPN del análisis costo beneficio ambiental

Fuente: Integral S.A, 2026

8.3.6 Cálculo de criterios de decisión

Los resultados evidencian un VPN del flujo de caja ambiental positivo y correspondiente a $118.066.125.595 lo que indica que los beneficios del proyecto son mayores que los costos, por lo tanto, se acepta el proyecto y se predice que este generará ganancias en bienestar social. Por su parte, la RBC arroja un resultado equivalente a 1,96; lo cual permite ratificar que el proyecto generará bienestar social y por lo tanto se acepta su puesta en marcha.

Lo anterior indica que el balance de capital natural generado por el proyecto es positivo, y se espera que los beneficios ambientales superen a los costos ambientales en el futuro. El valor de la RBC encontrada es una predicción que debe entenderse como la mejor aproximación sobre lo que ocurrirá en términos de bienestar social una vez que el proyecto entre en operación.

8.3.7 Análisis de sensibilidad

Una vez ajustado el flujo de caja, se procederá con el análisis de sensibilidad utilizando variables críticas que permiten corroborar la robustez de los resultados. En este sentido, con este análisis se logran identificar qué tan sensibles son los indicadores del proyecto (VPN y RBC) a variables tales como regalías, tasa de descuento y tiempo de vida del proyecto.

En este caso la sensibilidad se calcula con la modificación de la tasa de descuento, las finanzas municipales, la dinamización de la economía local y un escenario crítico que contempla la sumatoria de las tres condiciones anteriores más un aumento del 10% del total de los costos. No se modifica la vida útil del proyecto, debido a que este parámetro tiene

un soporte técnico derivado de las reservas de material evidenciada en la fase de exploración.

Como puede observarse en ANEXOS_EVALUACION_ACB si el nivel de regalías se redujera como resultado de una disminución en el nivel de producción, el impacto sobre los indicadores del proyecto sería mucho más relevante que si se modificara la tasa de descuento establecida para el país. En este sentido una reducción del 10% en las finanzas municipales produce una disminución en la relación beneficio-costo pasando de 1,96 a 1,92 y una reducción del VPN de $118.066.125.595 a $ 114.271.591.610.

Por su parte, una disminución de la tasa de descuento (del 12% al 10%) provoca modificación positiva en la RBC, la cual pasa de 1,96 a 2,04 y una reducción del VPN de $118.066.125.595 a $142.279.625.272

Para una reducción del 15% en la dinamización de la economía local, genera una disminución mayor en los indicadores, con una RBC de 1,96 a 1,72 y el VPN pasa de $118.066.125.595 a $ 91.219.741.522.

Finalmente, considerando el escenario crítico que contempla las tres anteriores variaciones, más un incremento del 10% en el total de los costos del flujo de caja, se genera un movimiento negativo de la RCB que pasa de 1,96 a 1,60 y el VPN pasa de $118.066.125.595 a $94.694.740.236. No obstante, todos los escenarios siguen prediciendo ganancias en términos de bienestar social. En la Tabla 8.3.41 se puede ver estos resultados y su comparación con ejercicio licenciado.

Esta condición refleja la alta incidencia de los beneficios ambientales sobre el flujo del proyecto, máxime cuando dicho valor está en relación directa al volumen de producción del proyecto y se refleja durante los 25 años de vida útil del mismo.

Tabla 8.3.41 Sensibilidad de los indicadores

Escenario	Licenciado (Res 1514 y Res 782)		Licenciado + Modificación 2026	
	VPN	RCB	VPN	RCB
Escenario inicial	$ 127.320.127.430	2,16	$ 118.055.195.587	1,96
Disminución Tasa Social de Descuento (pasa de 12% a 10%)	$ 152.282.362.753	2,24	$142.279.625.272	2,04
Disminución de los beneficios (Reducción del 10% en las finanzas municipales)	$ 123.525.593.445	2,12	$ 114.271.591.610	1,92
Disminución de los beneficios (Reducción del 15% en dinamización temporal de la economía local)	$ 100.473.743.357	1,89	$ 91.219.741.522	1,72
Escenario crítico: Suma de tres escenarios iniciales e Incremento en un 10% en los costos	$ 105.697.751.465	1,75	$ 94.694.740.236	1,60

Fuente: Integral S.A, 2026

BIBLIOGRAFÍA

Adger, N. e. (1994). Towards estimating total economic value of forests in México. Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, University of East Anglia y University College London. CSERGE Working Paper GEC 94-21. ISSN 0967-8875.

Ahlheim et al. (2010). *La-bour As a Utility Measure In Contingent Valuation Studies – How Good Is It Really?», fzid Discussion Paper No. 13-2010, Universität Honenheim, Stuttgart.*

Andrade I. (2003). *¿Cómo monitorear el secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles?*

ANLA, A. N. (2017). *Criterios Técnicos para el uso de herramientas económicas en los proyectos, obras o actividades objeto de licenciamiento ambiental.* Bogotá D.C.

Ávila at al. (2001). *Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. Agroforestería de las Américas vol.8. no.30.* Costa Rica.

Banco de la República. (11 de 02 de 2026). *Indicadores económicos del día*. Obtenido de https://suameca.banrep.gov.co/indicadores-economicos-del-dia/

BEZAURY-CREEL, J. E. (2009). *El Valor de los Bienes y Servicios que las Áreas Naturales Protegidas Proveen a los Mexicanos. The Nature Conservancy Programa México - Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.* México.

Brown S. (1997). *Estimating biomass and biomass change of tropical.* Roma.

CATIE, C. A. (2008). *Modelos alométricos para la estimación de biomasa aérea de dos especies nativas en plantaciones forestales del trópico de Cochabamba, Bolivia.* Costa Rica.

CONAP, C. N. (1999). *Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas: una aproximación al valor económico de los bienes y servicios ambientales.* Obtenido de <http://www.chmguatemala.gob.gt/Members/esolorzano/mis-documentos-2011/documentos/Estudio%20sobre%20Valoracion%20Economica%20del%20SIGAP_vf.pdf>.

Conservation Strategy, F. (2007). *Tenosique: Análisis Económico Ambiental de un Proyecto Hidroeléctrico en el Río Usumacinta. Serie técnica N° 10.* Arcata California,.

Correa et al. (2011). Valoración económica del ruido: una aplicación a través del método de transferencia de beneficios. *Ensayos de Economía No.39. Julio-diciembre*.

Correa et al. (2011). *Valoración económica del ruido: una aplicación a través del método de transferencia de beneficios. Ensayos de Economía No.39.*

Costanza et al. (1997). *The value of the world's ecosystem services and natural capital.*

Cotler et al. (2011). *¿Cuánto nos cuesta la erosión de suelos? Aproximación a una valoración económica de la pérdida de suelos agrícolas en México. Investigación ambiental vol. 3. no.2.* México.

Curtis I. A. (2004). *Valuing ecosystem goods and services: a new approach using a surrogate market and the combination of a multiple criteria analysis and a Delphi panel to assign weights to the attributes. Ecological Economics.*

DIAN., D. d. (2026). *Resolución número 00003 del 30 de enero de 2026.*

Díaz et al. (2015). *A Rosetta Stone for nature's benefits to people.*

FAO, - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2000). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2000. Evaluación de los productos forestales no madereros en América Central. Programa de Evaluación de los Recursos Forestales Documento de Trabajo N°22.* Roma.

Frank R. H. (1991). *Microeconomía y comportamiento.*

Helliwell D.R. (1969). *Valuation of wildlife resources.*

Holdrige et al. (1971). *Forest Environments in Tropical Life Zones: A Pilot Study.*

Holdrige, L. R. (1967). *Life zone ecology.* Costa Rica.

IDEAM - UDCA. (2015). *Estudio nacional de la degradación de suelos por erosión en Colombia.* Obtenido de https://observatorio.epacartagena.gov.co/ftp-uploads/pub-estudio-nacional-degradacion-de-suelos-por-erosion.pdf

IMF. (2026). *Base de datos de Perspectivas de la economía mundial.* Obtenido de https://www.imf.org/-/media/files/publications/weo/weo-database/2022/weoapr2022all.xls

IPBES. (2016). *The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production.*

IPCC. (2006). *Report of the twelfth session of the intergovernmental panel on climate change. Reference manual and workbook of the IPCC 1996 revised guidelines for national greenhouse gas inventories.* México.

Jaramillo, J. D. F. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo.* Medellín: [Libro en CD-ROM]. 1a ed. Universidad Nacional de Colombia.

Klein et al. (2003). *Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees.*

Larsen B. (2004). *Cost of Environmental Damage: A Socio-Economic and Environmental Health Risk Assessment.* Bogotá.

Lopera et al. (2003). *Fijación de carbono en plantaciones tropicales de Pinus patula. Existencias y flujos de carbono en ecosistemas forestales tropicales de Colombia.* Medellín.

Lugo et al. (1988). *Análisis analítico de las tasas de producción y la biomasa de troncos en plantaciones forestales tropicales. Forest Ecology and Management, 23, 179-200.*

Martínez et al. (2007). *Contaminación atmosférica y efectos en la salud de la población de Medellín y su área metropolitana. .* Medellín.

Martínez et al. (2008). *Carbono orgánico y propiedades del suelo. EN: Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal Vol 8, N°1.* Chile.

Martínez y Négima. (Sf). *Calculadora Ambiental para determinar la multa económica por pérdida del capital natural en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca.* México.

MinAmbiente. (2018). *Tasa Compensatoria por Aprovechamiento Forestal Maderable en Bosque Natural.* Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/negocios-verdes/tasa-compensatoria-por-aprovechamiento-forestal-maderable-en-bosque-natural/

OPS. (2005). *Evaluación de los Efectos de la Contaminación del Aire en la Salud de América Latina y el Caribe.* Whasington.

Orrego et al. (2003). *Medición de la captura de carbono en ecosistemas tropicales de Colombia.* Medellin.

Orrego y Del Valle. (2003). *Biomasa de la vegetación herbácea y leñosa pequeña y necromasa en bosques primarios intervenidos y secundarios.* Bogotá.

Osorio y Correa. (2024). *Valoración económica de costos ambientales: marco conceptual y métodos de estimación. Semestre Económico, vol. 7, núm 13, enero-junio, pp. 159-193.*

Pope et al. (2002). *Lung cancer, Cardiopulmonary mortality, and Long-term exposure to Fine particulate air pollution.*

Reyes y Yepes. (2013). *Evaluación económica de preservar el mono Tití Cabeciblanco: una aplicación del método de valoración contingente. Economía & Región, Vol. 7, No. 1.* Cartagena.

Riera et al. (2005). *Manual de economía ambiental y de los recursos naturales.* Madrid: Thomson Editores.

Rodríguez J y Ramírez. (2008). Modelación de carbono aéreo y subterráneo de Tectonagrandis y Pinuspatula en plantaciones comerciales del Neotrópico.

Uribe et al. (2003). *Introducción a la Valoración Ambiental y Estudios de Caso.* Bogotá: Ediciones Uniandes.

Zambrano et al. (2004). *Emisión y captura de carbono en los suelos en ecosistemas forestales. Revista Forestal Latinoamericana. Universidad de los Andes. Mérida N° 35. .*