|  |
| --- |
| **ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA VARIANTE PUERTO BERRÍO EN LOS DEPARTAMENTOS DE ANTIOQUIA Y SANTANDER** |
| **CAPÍTULO 10. EVALUACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL** |
| **CONCESION AUTOPISTA RÍO MAGDALENA** |
| **Bogotá D.C., Marzo de 2016** |
|  |

TABLA DE CONTENIDO

[10. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE IMPACTOS AMBIENTALES 3](#_Toc445192917)

[10.1. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN ECONÓMICA 3](#_Toc445192918)

[10.1.1. Marco de Referencia 3](#_Toc445192919)

[10.2. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES 8](#_Toc445192920)

[10.2.1. Marco Teórico de la Valoración Económica de Impactos Ambientales 8](#_Toc445192921)

[10.2.2. Métodos de Valoración Económica de Impactos Ambientales Aplicados al Proyecto 13](#_Toc445192922)

[10.2.3. Métodos Basados en Preferencias Reveladas 24](#_Toc445192923)

[10.2.4. Métodos Basados en Preferencias Declaradas 25](#_Toc445192924)

[10.2.5. Método de Transferencia de Beneficios 27](#_Toc445192925)

[10.3. VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS POSITIVOS O BENEFICIOS AMBIENTALES 30](#_Toc445192926)

[10.3.1. Función Dosis-Respuesta 31](#_Toc445192927)

[10.4. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO AMBIENTAL (ACB) 31](#_Toc445192928)

[10.5. EVALUACIÓN AMBIENTAL 36](#_Toc445192929)

[10.5.1. Impactos Ambientales del Proyecto 36](#_Toc445192930)

[Selección de Impactos Objeto de Valoración Económica 37](#_Toc445192931)

[VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL PROYECTO 39](#_Toc445192932)

[Objetivos 39](#_Toc445192933)

[Objetivo general 39](#_Toc445192934)

[Alcance de la valoración 39](#_Toc445192935)

[Procedimiento para la valoración 41](#_Toc445192936)

[Etapas del Proyecto y actividades con potencial de generar impactos ambientales y sociales 43](#_Toc445192937)

# EVALUACIÓN ECONÓMICA DE IMPACTOS AMBIENTALES

## METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN ECONÓMICA

### Marco de Referencia

La Evaluación Económica en el Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental dentro del Estudio de Impacto Ambiental para el Proyecto “Construcción de la Variante Puerto Berrío en los Departamentos de Antioquia y Santander”, comprende el estudio de valoración económica de impactos ambientales y el análisis costo beneficio ambiental. Este capítulo forma parte del Estudio de Impacto Ambiental que se presenta a consideración de la autoridad ambiental, dentro del proceso de solicitud de la respectiva Licencia Ambiental.

La valoración económica de los impactos ambientales fue realizada por el equipo técnico de Autopista Río Magdalena S.A.S., y en la cual se da cumplimiento a: (I) los requerimientos establecidos en los términos de referencia M-M-INA-02 Versión No 2, para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental, para la construcción de Carreteras y/o túneles con sus accesos, (II) la Metodología General para la Presentación de los Estudios ambientales la cual en el numeral 2.3.2 desarrolla el tema de la evaluación económica del proceso de Evaluación del Impacto Ambiental, y (III) El Manual Técnico de Evaluación Económica de Impactos Ambientales en Proyectos Sujetos a Licenciamiento Ambiental. (CEDE – UNIANDES - MAVDT 2010).

Los documentos mencionados se consultaron como una referencia de las directrices del Ministerio de ambiente y Desarrollo Sostenible y se ha definido una metodología adecuada para la valoración económica de los impactos, con base en la formulación de indicadores específicos para cada tema, de acuerdo con los impactos seleccionados como significativos, de tal manera que permitan medir con el mayor acierto los costos y beneficios ambientales.

El Capítulo contiene una identificación de los impactos positivos y negativos que el proyecto generará sobre los componentes físicos, bióticos y socioeconómicos. Los impactos negativos se asocian con la disminución en la oferta de los recursos naturales, deterioro de los ecosistemas e infraestructura productiva y de servicios y afectación a la salud de las personas, y afectación de la productividad pecuaria, que en el ámbito de la evaluación económica se denominan externalidades negativas (costos ambientales), mientras que los impactos positivos corresponden a las externalidades positivas (beneficios ambientales) de los proyectos y que se manifiestan en acciones de mejoramiento ambiental, mejoramiento de infraestructura, mejoramiento de las inversiones en la zona de influencia por recursos del 1%, los cuales contribuyen al mejoramiento del nivel de bienestar de la población.

Conviene señalar que el Análisis Costo Beneficio Ambiental, que se presenta en este capítulo no constituye la evaluación económica del proyecto sino una parte del mismo, razón por la cual en situaciones en que la Relación Beneficio Costo Ambiental o el Valor Presente Neto Ambiental de los proyectos viales arrojan valores menor que 1 o menor que Cero respectivamente, no sería factible sacar conclusiones definitivas sobre la rentabilidad social del proyecto, pero si, en caso contrario, los beneficios ambientales superan a los costos ambientales, se puede deducir que el proyecto será rentable y contribuirá al bienestar de la sociedad como un todo, lo cual es un indicador de un aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

De acuerdo con las orientaciones fundamentales del Manual Técnico de Valoración de Impactos Ambientales (CEDE –UNIANDES, 2010), en el caso de los ambientales negativos se identificaron aquellos calificados como moderados.

El capítulo presenta además, una síntesis del marco teórico para la valoración económica de los impactos ambientales como sustento para la selección de los métodos de valoración que permitan efectuar las respectivas mediciones y se encontró que, dadas las características del corredor, los más adecuados para el estudio fueron los métodos de enfoques de costos, precios de mercado y métodos de transferencia.

Para la valoración económica se consideraron los impactos de tipo no internalizable, es decir, aquellos que no pueden ser mitigados o recuperados en su totalidad con las medidas de manejo ambiental, se utilizaron metodologías alternativas asociadas con enfoque de costos de recuperación, cambios en productividad, costos de tratamiento o transferencia de beneficios, entre otras y en algunos casos se diseñaron metodologías a propósito con base en la experiencia de la Consultoría y en su aplicación en otros proyectos valorados y presentados al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Dentro de ese conjunto, se considera que los impactos negativos constituyen los costos ambientales y los impactos positivos se asimilan los beneficios ambientales, y bajo esas premisas se valoran en términos de pesos ($) y luego es obtiene la Relación Beneficio / Costo. Este ejercicio se aplica con el fin de disponer de un conjunto de calificaciones de los diferentes conceptos de costos y de beneficios ambientales.

Una vez conocidos esos valores se facilita el análisis, permitiendo orientar a quienes deben tomar las decisiones de ejecución del proyecto y que en todo caso resulten favorables desde la perspectiva ambiental.

En el caso específico del Proyecto Construcción de la Variante Puerto Berrío en los Departamentos de Antioquia y Santander, se trata de un proyecto, cuya área de intervención alcanza **85,45 Ha,** y la longitud de la vía será de **14,4 Km;** El proyecto está ubicado en la jurisdicción de los municipios de Puerto Berrío en el Departamento de Antioquia y Cimitarra en el Departamento de Santander. En la siguiente Figura se muestra la ubicación geográfica del proyecto.

Este capítulo contiene una valoración económica del Proyecto Construcción de la Variante Puerto Berrío en los Departamentos de Antioquia y Santander. Con base en los resultados del respectivo Estudio de Impacto Ambiental, se establecerán los costos y beneficios ambientales y el análisis costo beneficio ambiental.

|  |
| --- |
|  |

Figura 10.1 Localización del Proyecto

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2016

Para efectos de la evaluación económica de los costos y beneficios ambientales se aplicaron las metodologías y los parámetros definidos por la Consultoría a las coberturas de diseño, considerando que en el área de intervención existen recursos naturales y actividades económicas que se alteran, como consecuencia de la intervención tanto sobre la cobertura vegetal en bosques, como sobre la productividad pecuaria.

De acuerdo con Walsh, “El objetivo de darle un valor económico a los impactos ocasionados por el proyecto es el de cuantificarlos a través de la unidad comercial, estableciendo de este modo una herramienta de gestión para la toma de decisiones del proponente en los costos a invertir en las medidas de manejo ambiental”. Para complementar el uso de la valoración económica ambiental como herramienta de gestión se presenta en la siguiente Figura el Diagrama de Planificación Ambiental”

|  |
| --- |
|  |

Figura 10.2 Diagrama de Planificación Ambiental

Fuente: Walsh Perú. S.A. Soluciones Ambientales para un Desarrollo Sostenible

## VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

### Marco Teórico de la Valoración Económica de Impactos Ambientales

La Evaluación Económica de los de Impactos Ambientales, aunque de aplicación reciente en Colombia, se ha constituido en una valiosa herramienta para adelantar el análisis de las incidencias abióticas, bióticas y socioeconómicas de los proyectos sobre el medio ambiente y sus resultados permiten construir criterios que orienten a quienes toman las decisiones hacia el logro de un desarrollo económico sostenible, que cuide la cantidad y calidad de los bienes y servicios ambientales. De esta manera, la sociedad puede esperar que esas decisiones contemplen aspectos que no afecten su calidad de vida de forma sustancial, puesto que, si el Plan de Manejo Ambiental busca compensar, evitar, mitigar o corregir los impactos ambientales denominados internalizables, la evaluación económica o valoración económica de los impactos profundiza en el análisis de los impactos no internalizables, o dicho de otra forma, de las externalidades negativas y positivas de un proyecto.

En el concierto mundial se viene tratando de concientizar a los países sobre el replanteamiento del desarrollo económico, que tradicionalmente buscaba solamente expandir las actividades productivas sin incluir la dimensión ambiental y desde años recientes se ha adoptado el principio del “desarrollo sustentable” porque las consecuencias de los malos manejos de los recursos naturales y las intervenciones antrópicas han llevado a su depredación y a que se agoten, poniendo en riesgo la sobrevivencia humana.

Los grandes acuerdos globales incluyen ya ese enfoque y las nuevas metodologías de evaluación de proyectos pasaron de la evaluación de impacto tradicional a la valoración monetaria de los costos y beneficios ambientales, cuando de emprender un proyecto se trata y sus resultados son fundamentales para que se determine si un proyecto debe realizarse o no.

Es más, se aboga por el fomento del uso racional de los recursos y el control de los impactos ambientales adversos derivados del desarrollo de actividades económicas. Por ello, se debe recoger la información ambiental crítica para analizar un proyecto

Usualmente un proyecto tiene dos tipos de costos, los costos de inversión, operación y mantenimiento, que se incluyen en las evaluaciones económicas o estudios de factibilidad para decidir sobre la ejecución y los costos relacionados con la evaluación ambiental (bien sea DAA o EIA) que se exige en el proceso de licenciamiento de acuerdo con la normatividad vigente, que se consignan en el Plan de Manejo Ambiental y corresponden a los impactos denominados internalizables.

Dentro del conjunto de impactos identificados existen otros denominados no internalizables cuya valoración exige un enfoque diferente para expresar en unidades monetarias las afectaciones ambientales y poderlos incluir dentro del análisis de beneficios y costos económicos del proyecto.

Así, la evaluación económica de impactos ambientales evidencia tanto los costos como los beneficios y poder luego relacionarlos para establecer cuál de los dos es mayor, concluyendo que, si los costos son superiores, la recomendación es la de no ejecutar el proyecto por su afectación a los recursos naturales y a los bienes y servicios ambientales y por tanto la calidad de vida humana. Si, por el contrario, los beneficios son más elevados se recomendará como viable el proyecto, desde la perspectiva ambiental.

Este tipo de evaluación es útil para medir la eficiencia económica en la asignación de recursos en diversas actividades productivas que usan al medio ambiente y los recursos naturales como insumos de producción. Existe un amplio marco teórico que combina los aportes de las metodologías de la economía del bienestar aplicado, la economía pública y la economía ambiental, que suministra las bases para que el evaluador proponga las mediciones de los costos y de los beneficios ambientales derivados de la ejecución de un determinado proyecto.

De ahí se desprenden deducciones valiosas para proveer criterios que faciliten el proceso de toma de decisiones sobre cómo se debe adelantar un proyecto, de tal forma que sea conveniente tanto para el inversionista privado como para la sociedad, dentro de un contexto de desarrollo sustentable.

Bajo estas premisas, la valoración económica de impactos ambientales se puede considerar como todo intento de asignar valores cuantitativos a los bienes y servicios proporcionados por los recursos ambientales, independientemente de si existen o no precios de mercado que nos ayuden a hacerlo. Muchas veces la valoración económica de los impactos ambientales puede ser compleja por ausencia de información o por la incertidumbre en el funcionamiento del ecosistema.

El valor económico del medio ambiente se deriva de los bienes y servicios que este provee para los seres humanos y es la suma del Valor Presente de los flujos de productos y servicios a través del tiempo que provienen del medio ambiente (Freeman, 1995). Cuando hay intervenciones antrópicas, se puede ocasionar daño ambiental que se define como aquel que altera el valor económico del medio ambiente al interrumpir o destruir estos flujos de servicios y productos (Koop y Smith, 1993).

De otra parte, la valoración económica no incluye solo los beneficios o costos asociados al consumo o uso del medio ambiente, sino que además considera los valores asociados a la opción eventual de poder disfrutar del recurso en el futuro, no importa si esta se hace realidad o no. Sobre este punto, la literatura especializada define los valores de existencia, es decir, los beneficios asociados con la existencia de una especie en su respectivo hábitat natural. La valoración económica de impactos ambientales implica la obtención del Valor Económico Total (VET), el cual comprende el Valor de Uso (VU) y el Valor de No-Uso (VNU) del recurso; y busca abarcar los valores que son monetizables y los que no lo son. En la siguiente Figura se ilustran los diferentes valores del medio ambiente.

|  |
| --- |
|  |

Figura 10.3 Valores del Medio Ambiente

Fuente: lt, Ruta y Sarraf (2005); Freeman (2003), Chapman et al (2003).

#### Valor de Uso

Se asocia con algún tipo de interacción entre el hombre y el medio natural, y tiene que ver con el bienestar que tal uso proporciona a los agentes económicos. Puede adquirir las cuatro formas siguientes:

##### Valor de Uso Directo (VUD)

Corresponde al aprovechamiento más rentable, o más común, o más frecuente del recurso. Debe anotarse que tal Uso Directo puede ser comercial o no-comercial. Muchos de los usos alternativos pueden ser importantes, como las necesidades de subsistencia de las comunidades locales, o para el deporte de montaña, o un valor paisajístico excepcional, por ejemplo. No se restringe, pues, a aquello que significa valor en términos de ganancia privada. Por otro lado, en los usos comerciales, esto puede tener relevancia tanto para los mercados locales como para los internacionales.

##### Valor de Uso Indirecto (VUI)

Corresponde al valor de las funciones ecológicas o ecosistémicas, como lo plantean la mayoría de los autores (Pearce et al, 1994; Barbier et al, 1996). Estas funciones ecológicas cumplen un rol de regulador o de apoyo a las actividades económicas que se asocian al recurso. El mayor problema con el Uso Indirecto es su casi total ausencia de los mercados, por lo que es difícil darle valor y no se le considera normalmente en la toma de decisiones económicas.

##### Valor de Opción (VO)

Corresponde a lo que los individuos están dispuestos a pagar para postergar el uso actual y permitir el uso futuro del recurso. Es decir, no para usarlo hoy sino mañana, en cualquiera de las posibilidades señaladas. Es algo así como un seguro, cuyo objetivo es precaverse ante un futuro incierto; pero que contempla igual su uso. Algunos autores (Barbier et al, 1996) hablan también de Valor de Cuasi-Opción, para hacer referencia al tema específico de la información, que puede ser útil hoy para la planificación de desarrollos futuros.

##### Valor de existencia (VE)

Corresponde al asignado por los individuos atribuidos a razones éticas, culturales o altruistas, y que equivale a lo que están dispuestos a pagar para que no se utilice el recurso ambiental, lo cual indica que no tiene relación con usos actuales o futuros, es decir, no implica interacciones hombre-medio (Valor de No uso), también puede asociarse al Valor de Legado (VL) o de herencia que corresponde al deseo de ciertos individuos de mantener los recursos ambientales intactos, con el fin de que las decisiones de uso o no de los recursos sean tomadas por los herederos y las generaciones futuras.

De acuerdo con las definiciones anteriores, el Valor Económico Total (VET) se expresa en la siguiente ecuación:

***VET = VU + VNU = (VUD + VUI + VO) + (VE + VL)***

En esta ecuación se sintetizan los conceptos más aceptados para enfrentar la valorización económica de los recursos naturales y los impactos ambientales, su instrumentalización y su incorporación en la política de desarrollo y la toma de decisiones.

La importancia del VET como concepto de valor se centra en el hecho de que cualquier tipo de recurso natural y/o ambiental se caracteriza por tener otros valores diferentes al valor de uso directo. Si solo se estiman valores de uso, se sub-estiman los verdaderos beneficios y/o costos ambientales, y esto generaría un gran sesgo en los estudios de análisis costo-beneficio ambiental de proyectos. La inclusión de estos valores evitaría la sub-estimación del verdadero valor del sistema ambiente - recursos. Con lo anterior se evita llegar a patrones de usos ineficientes de estos recursos por problemas de subvaloración.

El conocimiento de los diferentes tipos de valores que tiene el medio ambiente es fundamental para la selección de los métodos de valoración económica de los impactos, acorde con el alcance de los métodos y la disponibilidad de información.

### Métodos de Valoración Económica de Impactos Ambientales Aplicados al Proyecto

El avance de la economía ambiental ha permitido el desarrollo de metodologías para estimar con cierta precisión los costos (daños) y beneficios ambientales de los proyectos. Cada método tiene su alcance y requerimiento de información que depende del tipo de valor a estimar (uso, opción de uso y existencia) el cual a su vez depende del tipo de bien o servicio ambiental que se está tratando de valorar. Por esta razón, es útil clasificar los impactos ambientales y la forma como ellos impactan de manera directa o indirecta al hombre y al ecosistema. Freeman (1979), establece las pautas para la clasificación de los impactos ambientales a partir del tipo de afectación que genera y que constituye el punto de partida para la selección del método de valoración más adecuado según la información disponible.[[1]](#footnote-1) En la siguiente Figura se presenta un esquema de las metodologías de valoración ilustrativo de las herramientas teóricas disponibles.

|  |
| --- |
|  |

Figura 10.4 Metodologías de Valoración

Fuente: MAVDT.CEDE – UNIANDES, 2010

Cada método tiene su alcance y requerimiento de información que depende del tipo de valor a estimar (uso, opción de uso y existencia) el cual a su vez depende del tipo de bien o servicio ambiental que se está tratando de valorar.

Se trata de fomentar el manejo sostenible y sustentable de los recursos naturales y ambientales mediante el reconocimiento de los costos ambientales generados por un proyecto y evidenciando el costo de oportunidad que asume la sociedad en la producción de bienes y servicios en las economías de mercado. Así mismo, la determinación de los beneficios hace parte del análisis económico ambiental que pretende la generación de la sostenibilidad del capital natural, principio que se traduce en garantizar los niveles de calidad ambiental que deben acompañar el desarrollo económico.

Por esta razón, es útil clasificar los impactos ambientales y la forma como ellos impactan de manera directa o indirecta al hombre y al ecosistema. Freeman (1979), establece las pautas para la clasificación de los impactos ambientales a partir del tipo de afectación que genera y que constituye el punto de partida para la selección del método de valoración más adecuado según la información disponible. Dentro de las metodologías de valoración que constituyen herramientas teóricas disponibles, se seleccionaron algunas que se estimaron como apropiadas para adelantar la valoración económica de los impactos tanto negativos (costos ambientales), como positivos (beneficios ambientales) derivados de la ejecución del proyecto.

Aunque el Manual del Ministerio de Ambiente recomienda utilizar, además, otros métodos de valoración sobre preferencias reveladas y preferencias declaradas, no se emplean en este caso por las restricciones de tiempo para recolectar información primaria que sustente las estimaciones. Sin embargo, se considera que las mediciones de los costos y los beneficios ambientales aplicados al análisis de evaluación económica de los impactos generados por el Proyecto Construcción de la Variante Puerto Berrío en los Departamentos de Antioquia y Santander, guardan el rigor requerido para obtener resultados confiables.

#### Metodologías basadas en Precios de Mercado

El método de precio de mercado estima los valores económicos de los productos y/o servicios de los ecosistemas que son comprados y vendidos en los mercados comerciales, y es utilizado para cuantificar los cambios de valor en la cantidad o calidad de un bien o servicio. En este sentido, las metodologías basadas en precios de mercado, son: a) cambios en la productividad (usando precios económicos normales o corregidos - cuando existen distorsiones en los mercados - de los bienes y/o servicios impactados), b) costos de enfermedad (cuantifica los costos en los que debe incurrir un individuo para atender la enfermedad), y c) costos de capital humano (relaciona la pérdida de productividad de los seres humanos ocasionada por la muerte prematura).

##### Cambios en la Productividad

Generalmente, la calidad de los bienes y/o servicios ambientales determina los niveles y cambios en la productividad de otros bienes de carácter mercadeable. Estos cambios en productividad generados a raíz de cambios en la calidad ambiental, se traducen en una pérdida de valor o ganancias en la producción. Algunos de los bienes o servicios ambientales que son utilizados bajo este enfoque como insumos en la producción, están relacionados con el grado de erosión del suelo, la contaminación del aire, la lluvia ácida, contaminación en peces, salinidad, entre otros.

Con el fin de valorar estos cambios, se utilizan técnicas que consideran el bien/servicio ambiental como un insumo en la función de producción del bien/servicio privado. Así, tal como sucede con las funciones de producción tradicionales, si un insumo es deteriorado (por ejemplo, la calidad ambiental), se presentan pérdidas en las ganancias de los productores. Los cambios en la productividad pueden ser considerados como impactos no internalizables a la implementación de medidas de recuperación o mitigación, las cuales requieren de cierto tiempo para que el bien recupere todo su potencial productivo y en consecuencia habría una pérdida temporal de productividad.

*Este método se aplicará en la valoración económica de las afectaciones a las actividades productivas pecuarias localizadas en el Área de Intervención del Proyecto Construcción de la Variante Puerto Berrío en los Departamentos de Antioquia y Santander*

Las medidas usadas para estimar cambios en la productividad se basan en el análisis tradicional de ingresos menos costos. Los cambios físicos en la producción debido a cambios ambientales son valorados usando precios de mercado para los insumos y productos. El valor económico derivado de este análisis debe ser incorporado en el análisis económico del megaproyecto. La cuantificación monetaria de los efectos sobre la productividad sirve para agregar los resultados obtenidos dentro del análisis costo-beneficio del megaproyecto, con el fin de considerar las externalidades positivas y negativas que genere un megaproyecto económico, según sea el caso.

Los cambios en la productividad pueden ser considerados como impactos no internalizables a la implementación de medidas de recuperación o mitigación, las cuales requieren de cierto tiempo para que el bien recupere todo su potencial productivo y en consecuencia habría una pérdida temporal de productividad tal como se muestra en la siguiente Figura.

|  |
| --- |
|  |

Figura 10.5 Impacto de la medida de mitigación en la productividad

Fuente: Ecogerencia Ltda. 2011. Basado Environmental Resourses Management Departament for International development. Ministerio de Agricultura de Chile. (1997) Economía Ambiental y su aplicación a la gestión de cuencas hidrográficas. 1997

##### Método del Costo de la Enfermedad (morbilidad) y Capital Humano (mortalidad)

Los cambios en el medio ambiente pueden afectar la salud del ser humano en una amplia variedad de formas. Por ejemplo, cambios en la frecuencia de la enfermedad, incremento en la presencia de síntomas o aumento en el riesgo de contraer una enfermedad y muerte prematura. Así mismo, pueden presentarse efectos positivos sobre la disminución del riesgo de contraer una enfermedad y/o aumentar la expectativa de vida de la población.

Las medidas para valorar los cambios en la salud humana, son:

* **Morbilidad:** entendida como el cambio en la probabilidad de una persona de adquirir una enfermedad.
* **Mortalidad:** entendida como el cambio en la probabilidad de morir a una edad determinada.

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.

La valoración de los costos de la enfermedad relacionados con la contaminación ambiental (aire, agua, suelo) requiere información de la función de daño implícita (relacionada con la función dosis-respuesta), la cual relaciona el nivel de contaminación (exposición) con el grado de efectos en salud (respuesta). El objetivo es el de cuantificar los costos de la morbilidad asociada a los cambios en la calidad ambiental generada por un megaproyecto.

La utilidad de valorar los cambios en la morbilidad y/o mortalidad generados por un megaproyecto, sirve para agregar los costos/beneficios en la salud humana (morbilidad y/o mortalidad) por cambios en la calidad ambiental (agua, aire, suelo). Estos costos deben ser sumados dentro de los costos del megaproyecto como una de las externalidades negativas generadas sobre la población.

Para esto la agregación se debe tener en cuenta sólo la población efectivamente afectada y no toda la población del área de influencia del megaproyecto, asimismo los resultados se deben presentar en términos unitarios, es decir en costos de tratamiento o de enfermedad por persona.

*Este método se aplica a la medición de los costos ambientales por afectaciones de la salud humana por IRA (Infección Respiratoria Aguda) a causa de la contaminación del aire. Como se ha establecido que este impacto puede ocurrir, se utilizará en esta evaluación económica.*

#### Metodologías Basadas en Costos[[2]](#footnote-2)

Las metodologías basadas en gastos (preventivos, de reposición, de reemplazo, etc.) relacionan la estimación de los valores de los costos incurridos para remediar el daño. Estos métodos no proporcionan medidas de los valores económicos que se basan en la voluntad de los individuos a pagar por un producto o servicio.

En su lugar, asumen que los costos de evitar daños o la sustitución de ecosistemas o sus servicios, proporcionan estimaciones útiles del valor de estos ecosistemas o servicios. Esto se basa en el supuesto que, si las personas incurren en gastos para evitar los daños a los servicios de los ecosistemas, o para sustituir a los servicios de los ecosistemas, dichos servicios deben valer al menos lo que la gente paga para reemplazarlos. La valoración económica de los impactos ambientales basados en el enfoque de costos, se asocia con la valoración económica del conjunto de medidas necesarias para restaurar, prevenir y compensar los daños ambientales de un proyecto o actividad económica.

Esta valoración se sustenta en la estimación de los costos necesarios para reemplazar o restaurar un activo ambiental deteriorado.

*Este método se aplicará para valorar los impactos relacionados con*:

*Disminución de la cobertura vegetal, que se traduce en particular en pérdida de la capacidad de regulación hídrica, pérdida de capacidad de retención de sedimentos, pérdida de capacidad de captura de carbono y aprovechamiento forestal.*

*Cambios en la disponibilidad del recurso hídrico superficial, que comprende evaluar el costo del: Volumen de aguas que requiere el proyecto, tanto para uso doméstico, como industrial.*

Este valor no será necesariamente equivalente al beneficio obtenido por evitar el daño, ya que en ocasiones los requerimientos de la autoridad ambiental pueden determinar que el valor del deterioro ambiental sea mayor o menor que el costo de reemplazo y que en ocasiones se pueden presentar sesgos en la evaluación del proyecto cuando estos gastos no son exactamente iguales a los daños ocasionados (Da Silva Neto, 1994).

Los métodos que incorporan los “gastos preventivos o costos de remplazo” (Winpenny, 1991) se han convertido en una alternativa muy utilizada en la evaluación de proyectos, dada las dificultades de utilizar los métodos directos o que se sustentan en el uso de modelos econométricos para los cuales muchas veces no existe la información requerida. La justificación teórica para estos métodos es que, si los gastos de mitigación o recuperación evitan el daño ambiental, la externalidad desaparece y entonces estos gastos pasan a formar parte de los costos directos del proyecto y que corresponden a los costos ambientales del proyecto.

Para la valoración por el lado del costo de reemplazo se hace uso de una metodología de cálculo conocida como “el proyecto Sombra”, derivación utilizada para evaluar proyectos con impactos ambientales negativos. Esta técnica implica evaluar el costo del “proyecto sombra” que ofrezca un servicio ambiental sustituto para compensar la pérdida de la calidad ambiental.

Desde el punto de vista teórico se asume que, si las personas realizan el reemplazo, están revelando una DAP por la mejora ambiental (o beneficio ambiental) que es por lo menos igual al costo de reemplazo. Sin embargo, es necesario considerar que el disfrute de los bienes y servicios proveniente del recurso restaurado no será inmediato, por lo que de todas formas la sociedad está asumiendo un costo de oportunidad, el cual corresponde al costo de no contar durante un periodo determinado con los bienes y servicios que aportaba el bien restaurado.

Para esta valoración se utilizan los precios de mercado, ya sea a través de los precios de los productos o de los costos de producción, y para tal efecto, se asume que los precios del mercado reflejan la escasez relativa de los recursos y por lo tanto, son precios económicamente eficientes. Para evitar los sesgos en la valoración además del costo de reemplazo o de restauración de bien afectado se debe incorporar el costo de oportunidad asociado a la pérdida de productividad, para tal efecto, Figueroa Eugenio[[3]](#footnote-3) propone el siguiente procedimiento:

* Identificación de la línea base de referencia o situación inicial
* Evaluación del Impacto o Daño Ambiental: Cantidad y calidad de los recursos afectados,
* Actividades productivas y culturales afectadas por el daño ambiental, así como las comunidades y poblaciones afectadas.
* Identificación de las alternativas de reparación del o los recursos afectados, costo y tiempo para la restauración (plazos de restauración y horizonte de pérdidas)
* Selección de la alternativa de restauración basada en criterios de costo efectividad
* Valoración de las pérdidas productivas temporales que corresponden al valor presente de los Bienes y servicios ambientales perdidos desde el momento en que ocurrió el daño hasta la reparación total del recurso.
* Valoración económica del daño ambiental en valor presente, utilizando para ello la tasa social de descuento del país.

Una vez seleccionados los impactos objeto de valoración económica, se considera que éste método es aplicable porque se dispone de la información necesaria y permite establecer los equivalentes monetarios de los impactos ambientales tanto negativos como positivos.

Finalmente, en la teoría económica se asume que el valor se origina de la interacción del sujeto y el objeto, y las relaciones de bienestar que las mismas produzcan. En el caso del impacto ambiental económicamente valorizable, éste va a estar en función de aquel que sea imputable por la acción realizada. Las metodologías basadas en costos son:

* Costos de reemplazo (utilizados como una estimación del costo de la contaminación),
* Precios sombra (similar al de reposición o restauración de un activo físico o recurso natural),
* Costo – efectividad (intenta estimar el costo de la protección ambiental en términos del costo de formas alternativas de lograr un determinado objetivo)[[4]](#footnote-4).

El enfoque de Gastos inducidos o preventivos parte del supuesto que es posible medir los costos incurridos para reemplazar o reparar los daños en activos generados por un megaproyecto. También puede asociarse a los costos incurridos para prevenir un daño ambiental. Estos costos pueden ser interpretados como una estimación de los beneficios o costos evitados para la sociedad por evitar el daño ambiental, tal como se ve representado en siguiente Figura.

|  |
| --- |
|  |

Figura 10.6 Daños evitados por medidas de prevención

Fuente: Ecogerencia Ltda. 2011. Basado Environmental Resourses Management Departament for International development. Ministerio de Agricultura de Chile. (1997) Economía Ambiental y su aplicación a la gestión de cuencas hidrográficas. 1997

En otras ocasiones los costos incurridos corresponden a compensaciones exigidas por la autoridad ambiental para restaurar o recuperar ecosistemas deteriorados por otros proyectos, razón por la cual las medidas de manejo implementadas corresponden a externalidades positivas del proyecto. Una vez se implementen las medidas, el comportamiento del valor del recurso será como el representado en la siguiente Figura, donde se puede apreciar el cambio en bienestar dada la aplicación de una medida de compensación.

|  |
| --- |
|  |

Figura 10.7 Mejoramiento ambiental por medida de compensación

Fuente: Ecogerencia Ltda. 2011. Basado Environmental Resourses Management Departament for International development. Ministerio de Agricultura de Chile. (1997) Economía Ambiental y su aplicación a la gestión de cuencas hidrográficas. 1997

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

* La magnitud del daño es medible.
* El costo de reemplazo es calculable y este no es más grande que el valor de la productividad del recurso destruido. Por tanto, este es económicamente eficiente para ser reemplazado.
* No existen beneficios secundarios asociados con los gastos.

### Métodos Basados en Preferencias Declaradas

#### Análisis Conjoint

El análisis Conjoint es una técnica usada específicamente para comprender como los individuos desarrollan preferencias por productos o servicios, está basada sobre la premisa de que los consumidores evalúan un producto o servicio a través del valor que le dan a la combinación de los diferentes niveles de atributos incluidos entre ellos el precio.

La utilidad es la base conceptual para medir valor en Análisis Conjoint al igual que en la mayoría de los métodos tradicionales, entre ellos Costo de Viaje y Valoración Contingente.

El análisis Conjoint (AC) es frecuentemente utilizado en el área de mercadeo para describir el impacto que tiene la variación de las características de un bien sobre el consumo del mismo. En la década de los 90s., la economía ambiental lo incorpora como una metodología para revelar preferencias por cambios en calidad de bienes y servicios ambientales.

Se utiliza esta técnica teniendo en cuenta que permite que el encuestado se enfrente ante el costo de oportunidad de elegir entre una mejora en la calidad del ambiente o sacrificar la implementación de proyectos mineros que brindan opciones de trabajo y aumento en el ingreso. La técnica está construida sobre el supuesto de que los consumidores toman decisiones de consumo de un bien o servicio basados en la combinación y en el análisis de sus atributos en conjunto: de allí el término Conjoint.

En el caso de los métodos de preferencias declaradas, dado que se trata de un proceso de ampliación dentro de un área actualmente en explotación, los cambios en los atributos ambientales serán marginales con respecto al estado actual del medio ambiente lo que determina que los mismos pierdan utilidad como métodos que permiten medir las preferencias que tienen los individuos por determinados cambios en la calidad ambiental.

*Este método es aplicado al estimar la afectación del recurso boscoso que genera el proyecto, al alterar la cobertura natural del entorno.*

### Método de Transferencia de Beneficios

La valoración de los servicios ambientales puede abordarse mediante el enfoque de la valoración marginal, el cual consiste en determinar los impactos que los cambios relativamente pequeños en los servicios del ecosistema producen en el bienestar humano. Los cambios en la calidad y/o cantidad de los servicios tienen valor en la medida en que afecten los beneficios que estén asociados a las actividades antrópicas o si alteran los costos de esas actividades.

El impacto se mide a través de los mercados establecidos o de las actividades de no mercado. Se ha reiterado que el valor económico de los bienes y servicios ambientales no es medible a través del mercado y que no son adecuadamente cuantificados en términos que sean comparables con los beneficios económicos de las actividades productivas y por ello se consideran invaluables debido a que son el soporte de la vida.

Con el objetivo de establecer una base adecuada para la toma de decisiones racionales entre usos alternativos de los ambientes naturales, se deben establecer estudios para estimar valores económicos que permitan a las instituciones ambientales tomar decisiones claras de política pública acerca del uso, manejo, protección y conservación de los ecosistemas.

En los últimos dos decenios se ha visto un aumento en la aplicación de las metodologías de valoración económica que estiman la disposición a pagar por mantener los beneficios que brindan los recursos naturales, o por evitar los costos ambientales que genera la actividad económica a partir del inadecuado uso de estos recursos. No obstante, debido a los altos costos de la implementación de estas metodologías, como la valoración contingente, el costo de viaje, y el método de los precios hedónicos, surgió una técnica que se basa en las estimaciones obtenidas en los estudios ya realizados con el fin de determinar el valor económico de un bien o servicio ambiental prestado por un ecosistema en un sitio de estudio diferente. Este método es conocido como el método de transferencia de valores ambientales.

Conocido más comúnmente como el método de transferencia de beneficios, no es una técnica en sí misma, como si se puede considerar a las metodologías más tradicionales de valoración económica del medio ambiente. De esta forma, el método consiste en la utilización de los valores monetarios de bienes ambientales estimados en un contexto determinado para estimar los beneficios de un bien similar bajo distinto contexto del cual se desconoce su valor.

En el 2003, Rosemberg y Loomis, definen como Vs la medida obtenida en el sito de estudio y Vp la información que se necesita en el sitio de política. En el proceso derivan estimaciones de Vpj, para el sitio de la apolítica j desde los valores obtenidos en una investigación original en el sitio de estudio i, Vsi. Los valores del sitio de estudio Vsi transfieren el valor Vti para aplicar la política en el sitio j.

j: Vsi Vti

Es importante tener en cuenta que la información transferible debe ser relevante para el sitio de política.

La transferencia de beneficios permite hacer uso de estimaciones obtenidas (por cualquier método) en un contexto para estimar valores en otro contexto. Así, la transferencia de beneficios se utiliza para calcular los valores económicos de los servicios de los ecosistemas mediante la transferencia de la información disponible de estudios ya realizados en otro sitio/lugar.

En lugar de la recopilación de datos primarios, el enfoque de transferencia de beneficios se basa en la información de estudios existentes que han aplicado métodos de valoración. En este sentido, la transferencia de beneficios puede ser definida como "la transferencia de los valores de no mercado estimados por otros estudios a un nuevo estudio, que es diferente de los estudios para los cuales los valores fueron de estimados originalmente”.

El objetivo básico de la transferencia de beneficios es estimar los beneficios de un sitio específico, mediante la adaptación de la estimación de los beneficios de otro lugar.

Los resultados de la transferencia de beneficios sirven para agregar los beneficios de un proyecto, de acuerdo al beneficio identificado y sobre el cual se va a realizar la transferencia.

Ventajas de la Transferencia de Beneficios

* La transferencia de beneficios es menos costosa que la realización de un estudio de valoración original.
* Los beneficios económicos pueden ser estimados con mayor rapidez a la hora de realizar un estudio de valoración original.
* El método puede ser utilizado como una técnica de proyección para determinar si un estudio más detallado de valoración debe llevarse a cabo.
* El método puede fácilmente y rápidamente aplicarse para hacer estimaciones en cifras brutas de los valores de los beneficios. Cuanto más similares los sitios y las experiencias, menos prejuicios resultantes.
* La estimación de valor unitario se puede convertir rápidamente a la fecha.

Fundamentalmente hay tres formas conocidas en este método:

* Transferencia de Valores Fijos
* Juicio de Especialistas
* Transferencia de Funciones

En el primer caso, se estima un sitio similar y se definen parámetros, luego estos se trasladan de manera comparativa contra el sitio donde se aplicará el estudio primario. Se pueden encontrar tres formas: La transferencia de puntos o estimación puntual, la transferencia de medidas de tendencia central (estadísticas) y la transferencia de los juicios de especialistas o medidas administrativas.

Para el juicio de especialistas se pueden realizar estudios y evaluaciones de datos de panel y también de indicadores adelantados, así como la opinión de expertos. En la transferencia de funciones, se crea un modelo con variables en arreglos (del tipo vectorial) a utilizarse como similar en el sitio donde se aplicará el proceso de valoración.

*Este método se utilizará en el ejercicio de valoración de los costos ambientales derivados de la contaminación del aire por concentración de partículas en suspensión y por gases. Esta metodología complementa la prevista para la contaminación del aire por similitud en otros estudios adelantados para medir las implicaciones en la salud humana.*

## VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS POSITIVOS O BENEFICIOS AMBIENTALES

Con la ejecución del presente proyecto, se ha estimado que se generan beneficios tales como:

* Beneficios por compensación forestal
* Beneficios por compensación por pérdida de biodiversidad
* Beneficios por Inversión del 1%

Para su valoración se utilizan las metodologías de precios de mercado y las basadas en costos.

## ANÁLISIS COSTO BENEFICIO AMBIENTAL (ACB)

Uno de los criterios básicos de decisión frente al uso o no uso de los recursos naturales está basado en la eficiencia. Desde el punto de vista económico, un uso es eficiente si como resultado del mismo se maximiza el bienestar de la sociedad como un todo. Sin embargo, desde el punto de vista de un agente privado o inversionista su concepto de eficiencia está determinado en como la decisión de utilización de recursos maximiza la riqueza de la firma.

Por lo anterior la eficiencia en la asignación de los recursos implica que los mismos sean utilizados en aquella alternativa que permita aumentar el valor neto del producto generado por los mismos. Debe notarse entonces que el criterio de eficiencia depende del agente que hará uso de los recursos lo cual implica que lo eficiente para un inversionista o agente privado no lo sea para la sociedad como un todo y viceversa, ni tampoco que un uso eficiente desde el punto de vista económico permita una distribución de ingresos aceptable para la sociedad.

La eficiencia económica está relacionada con los indicadores de rentabilidad social, tales como el Valor Presente Neto Económica – VPNE y Relación Beneficio Costo - RBC es decir, que aquellas alternativas que tengan los mayores niveles de indicadores de rentabilidad social serían las que garanticen un uso más eficiente de los recursos, que para el caso que nos interesa correspondería al uso de los recursos naturales.

La determinación de los indicadores de rentabilidad social solamente es posible a través de una evaluación económica o Análisis Costo Beneficio ACB. El ACB se define como una herramienta de evaluación de proyectos, la cual permite estimar el beneficio neto de un megaproyecto, medido desde el punto de vista de las pérdidas y ganancias generadas sobre el bienestar social.

El Análisis Costo Beneficio implica primero realizar la valoración de los impactos positivos y negativos del proyecto que corresponden a expresiones monetarias de los costos y beneficios, establecer el balance entre los beneficios y costos del proyecto al cual se le denomina flujo neto económico y tercero, obtener el flujo descontado de beneficios y costos utilizando para ello una tasa social de descuento para obtener el indicador de rentabilidad social denominado Valor Presente neto, el cual se estima con la siguiente expresión.

Donde, Beneficios: corresponde a la valoración de los impactos positivos en el año i; Costos: el valor de los impactos negativos en el año es la tasa social de descuento; es el indicador del año.

Calculado el VPN, se aplican los criterios de aceptación o rechazo del proyecto ya sea que el VPN mayor a cero, menor a cero, e igual a cero, respectivamente, como se indica en la siguiente Tabla.

Tabla 10.1. Interpretación del Indicador VPN

|  |  |
| --- | --- |
| VALOR PRESENTE NETO | INTERPRETACIÓN |
|  | Los beneficios del proyecto son mayores que sus costos, por lo tanto, el proyecto es rentable desde el punto de vista social lo que implicaría tomar la decisión de ejecutar el proyecto |
|  | El proyecto genera beneficios iguales a los costos, considerando la tasa social de descuento, Por lo tanto, no genera cambios sustanciales en el bienestar social. |
|  | Los costos del proyecto son mayores a sus beneficios. Por tanto, se debe rechazar el megaproyecto, ya que provoca pérdidas en bienestar social. |

Fuente Fuente CEDE, Uniandes. MAVDT 2010

Otro indicador de rentabilidad social que puede ser utilizado para el análisis de decisión corresponde a la Relación Beneficio Costo (RBC). La cual está dada por el cociente entre el valor actual de los beneficios y el valor actual de los costos.

Los resultados de este indicador muestran la contribución del proyecto al bienestar de la sociedad como un todo y la interpretación del mismo se presenta en la siguiente Tabla.

Tabla 10.2. Interpretación del Indicador RCB

|  |  |
| --- | --- |
| RELACIÓN BENEFICIO COSTO | INTERPRETACIÓN |
|  | El proyecto genera bienestar social, por lo tanto, se acepta el megaproyecto. |
|  | El proyecto no presenta cambios en bienestar social, por lo tanto, es indiferente. |
|  | El proyecto empeora el bienestar social. Por lo tanto, no es recomendable su ejecución. |

Fuente Fuente CEDE, Uniandes. MAVDT 2010

En lo que respecta al Análisis Costo Beneficio Ambiental este es un componente de la evaluación económica y social de proyectos o del Análisis Costo-Beneficio (ACB) y aunque el Estudio de Impacto Ambiental constituye el instrumento por excelencia para la identificación y evaluación física de los impactos ambientales y por ende para el otorgamiento de la licencia ambiental por parte de la autoridad ambiental competente, la valoración de estos impactos por sí sola no es suficiente para decidir sobre la conveniencia o aporte del proyecto a un nivel generalizado de bienestar (Nacional, regional y/o local). El ACB incorporando la variable ambiental se puede expresar de la siguiente manera:



Donde, VP y VPN son el valor presente y el valor presente neto del proyecto usando una tasa de descuento “r”; B son los beneficios directos del proyecto; C, los costos directos y E, los costos externos (ambientales) netos del proyecto. Los costos ambientales netos, E, pueden ser negativos o positivos. Para el componente ambiental se trata de identificar las externalidades, o en otros términos, los impactos negativo (costos) o positivos (beneficio) que se impone o transmite a un grupo o individuo ajeno, o externo a la puesta en marcha de un proyecto, bien sean estos costos o beneficios de índole económico o social.

La dificultad de incorporar los costos y beneficios ambientales en la evaluación de proyectos surge de la dificultad de valorarlos empíricamente, por lo que como se mencionó anteriormente, la valoración de estos costos y beneficios se puede estimar en función de la disponibilidad a pagar de los individuos por un cambio favorable o que estarían dispuestos a aceptar en compensación por un cambio desfavorables en las condiciones que afectan su bienestar, todo esto derivado de la aplicación de acciones, proyectos o políticas del gobierno.

Los proyectos pueden producir tanto impactos negativos como positivos. Los impactos positivos son aquellos que generan externalidades positivas y efectos indirectos que mejoran el bienestar económico y la calidad de vida de las personas, todo esto traducido en beneficios ambientales. Por el contrario, los impactos negativos son los que se manifiestan en términos de externalidades negativas que no son más que costos sociales tales como afectaciones a la salud pública, reducción de la cantidad y calidad de recursos naturales y degradación de ecosistemas.

Estos impactos, negativos y positivos, pueden ser de tipo internalizable y no internalizables[[5]](#footnote-5). Los impactos ambientales internalizables son todos aquellos impactos que se pueden corregir y/o mitigar y se pueden llevar a un estado muy cercano al que se tenía antes del impacto. Por ejemplo, se pueden corregir a través de la implementación de planes de manejo ambiental que sean efectivos en reversar las afectaciones.

En cambio, los impactos no internalizables, son aquellos que no se pueden reversar totalmente en términos de la afectación generada. Se manifiestan en términos de externalidades que generan importantes costos para la sociedad y que amenazan con garantizar la sostenibilidad del capital natural, indispensable para la existencia de las futuras generaciones.

Una vez valorados los beneficios y costos ambientales se procede al cálculo de los indicadores de rentabilidad VPN o RBC, sin embargo, tal como se mencionó anteriormente el ACB ambiental es una parte del Análisis Costos Beneficio o Evaluación Económica del Proyecto, por consiguiente si resultara una Relación Beneficio Costo Ambiental menor que uno o Valor Presente menor que Cero no es posible sacar conclusiones definitivas sobre la real contribución del proyecto al bienestar de la sociedad y sobre la aceptación o rechazo del proyecto, al menos que se incluya en el análisis la valoración de todos los impactos del proyecto.

Ahora bien, se prefiere que los beneficios ambientales sean mayores que los costos ambientales porque es un indicador no sólo de uso sostenible de los recursos naturales, sino que el proyecto con seguridad será rentable desde el punto de vista social, permitiendo a las autoridades ambientales tomar decisiones más acertadas sobre autorizaciones ambientales basados en criterios económicos y no físicos.

## EVALUACIÓN AMBIENTAL

La evaluación ambiental se basa en el EIA y los análisis son consistentes con las directrices formuladas en el Manual Técnico del MAVDT que constituye una guía importante para la valoración de los impactos ambientales.

### Impactos Ambientales del Proyecto

El Manual Técnico de Valoración Económica de Impactos Ambientales establece que la estrategia más adecuada para abordar el análisis ambiental, es aquella donde se parte de la ***evaluación de los impactos***. En el contexto de la valoración económica, una de las características más relevantes que se debe tener en cuenta, aparte de los demás atributos cualitativos usados para la jerarquización del impacto, se refiere a su carácter interno o externo[[6]](#footnote-6).

Mediante la aplicación de la metodología establecida en él se identificaron las actividades del proyecto que generarán mayores impactos sobre el ambiente y se estableció cuáles componentes ambientales tienen mayor posibilidad de afectación por el desarrollo del proyecto en sus diferentes fases señaladas en la descripción del proyecto.

La evaluación de los impactos se llevó a cabo mediante la confrontación entre las actividades del proyecto con potencial de generar impactos y la oferta ambiental del área de estudio, la cual resulta de la caracterización del medio abiótico, biótico y socio económico y cultural en cada uno de sus componentes e indicadores presentados en el Capítulo de Caracterización del Área de Influencia del Proyecto, y la demanda de recursos naturales por parte del proyecto, consignada en el respectivo Capítulo .

En términos generales el desarrollo y materialización de las actividades del proyecto, desde el punto de vista abiótico, biótico y socioeconómico tiene impactos, cuyas afectaciones se propone corregir o recuperar a través de la ejecución oportuna de las medidas previstas en el Plan de Manejo Ambiental diseñado conforme a los requerimientos de los términos de referencia que orientan el Estudio de Impacto Ambiental.

La evaluación permitió identificar los posibles impactos, positivos o negativos, a generar durante las etapas de pre-construcción, construcción y operación del Proyecto y priorizar los mismos con el fin de determinar las medidas de manejo necesarias para prevenir, corregir, mitigar y/o compensar estos.

Los impactos identificados y evaluados para cada uno de los componentes abiótico, biótico y socioeconómico, se han agrupado de acuerdo con su grado de importancia. A partir de la evaluación de los impactos ambientales se identificaron las actividades del proyecto que generan mayores repercusiones, teniendo en cuenta el porcentaje de interacciones con el ambiente.

### Selección de Impactos Objeto de Valoración Económica

Dado que se trata de la realización de un Análisis Costo Beneficio Ambiental, la selección de los impactos debe abarcar los positivos y negativos y como el Manual Técnico de Valoración Económica del MAVDT recomienda que la evaluación se realice sobre los impactos más relevantes, se procedió entonces a seleccionar del total de los impactos identificados que tuvieran mayor nivel de importancia por su capacidad de generar deterioros ambientales y daños a la población o que por el contrario, constituyen externalidades positivas que contribuyen al incremento en el nivel de bienestar de la población.

Tabla 10.3 Selección de los Impactos Negativos o Costos Ambientales

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Medio | Impactos negativos o costos ambientales | Valoración | Servicios o Valores del Componente |
| **Biótico** | Disminución de cobertura vegetal | Alteración de la capacidad de regulación hídrica. | Valor de uso indirecto |
| Alteración de la capacidad del régimen de retención de sedimentos | Valor de uso indirecto |
| Pérdida de capacidad de captura de Carbono. | Valor de uso indirecto |
| Productos maderables del bosque. Aprovechamiento forestal. | Valor de uso directo |
| **Abiótico** | Cambio del uso del suelo | Afectación de la actividad pecuaria | Valor de uso directo |
| Cambios en la disponibilidad del recurso hídrico | Demanda de agua | Valor de uso directo |
| Alteración de la calidad del aire | Afectación de la salud humana | Valor de uso directo |
| **Socioeconómico** | Socioeconómico | Cálculo de la pérdida de ingresos pecuarios | Valor de uso directo |

Fuente Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2016

Tabla 10.4 Selección de los Impactos Positivos o Beneficios Ambientales

| Medio | Impactos positivos o beneficios ambientales | Valoración |
| --- | --- | --- |
| **Biótico** | Plan de Compensación Forestal | Beneficios por compensación forestal, que comprende: Recuperación del régimen de escorrentía; Recuperación del régimen de retención de sedimentos; Recuperación de la capacidad de captura de CO2 y Beneficios por evitar aprovechamiento forestal. |
| Compensación por Pérdida de Biodiversidad |
| **Socioeconómico** | Inversión del 1% | Cálculo del 1% sobre el valor del proyecto destinado a los ítems señalados en el Decreto 1900 de 2006. |

Fuente: Autopista Río Magdalena S.A.S, 2016

## VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL PROYECTO

### Objetivos

#### Objetivo general

Realizar la valoración económica de los impactos ambientales que genere el Proyecto Construcción de la Variante Puerto Berrío en los Departamentos de Antioquia y Santander, sobre los componentes abiótico, biótico y socioeconómico en sus diferentes fases.

#### Objetivos específicos

* Realizar la valoración económica de los impactos ambientales con base en la matriz de impactos ambientales y el Plan de Manejo Ambiental para mitigar, prevenir, y compensar los impactos directos del proyecto.
* Valorar económicamente los impactos ambientales externos o externalidades del proyecto sobre los recursos naturales y la población.
* Realizar el Análisis Costo Beneficio Ambiental del Proyecto y la interpretación de los indicadores de rentabilidad resultantes

### Alcance de la valoración

La valoración económica de los impactos ambientales dará cumplimiento a: (i) los requerimientos establecidos en los términos de referencia M-M-INA-02 Versión No 2, para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental a proyectos de construcción de carreteras, (ii) la Metodología General para la Presentación de los Estudios ambientales desarrolla el tema de la evaluación económica del proceso de Evaluación del Impacto Ambiental, y (iii) El Manual Técnico de Evaluación Económica de Impactos Ambientales en Proyectos Sujetos a Licenciamiento Ambiental. (CEDE – UNIANDES - MAVDT 2010).

Para la valoración económica de los impactos ambientales se tendrán en cuenta no solo la afectación directa sobre los recursos naturales sino también la incidencia sobre las funciones ecosistémicas y productividad de los mismos y los usos actuales de los recursos naturales por otras actividades económicas.

Este análisis presentará una estimación del valor económico de beneficios y costos ambientales potenciales y considerados relevantes, sobre los flujos de bienes y servicios de la zona de influencia directa e indirecta del proyecto en el escenario de línea base y desde una perspectiva ex ante. Se identificarán además, los valores (de uso y de no uso) que serán impactados, con el fin de aplicar criterios de asignación del grado de importancia para el control de las afectaciones. Una vez estimados los beneficios y costos ambientales derivados del proyecto, se desarrollará un análisis costo beneficio ambiental, de tal forma que se pueda evaluar la eficiencia, eficacia y equidad en el desarrollo de proyectos de inversión.

La valoración económica de los impactos ambientales incluye la valoración de los beneficios o costos asociados al uso o afectación de los recursos naturales por parte del proyecto, los valores funcionales de los mismos, así como el costo de oportunidad de sacrificar o restringir actividades productivas en el futuro una vez se ejecute el proyecto.

La siguiente Figura muestra los receptores de los impactos ambientales los cuales determinan el método de valoración más apropiado de acuerdo con la disponibilidad de información.

|  |
| --- |
|  |

Figura 10.8 Receptores de los impactos ambientales

Fuente: CEDE, Uniandes. MAVDT 2010

### Procedimiento para la valoración

El procedimiento para la valoración económica de los impactos ambientales sigue la ruta planteada en el Manual Técnico de Valoración Económica de Impactos Ambientales (CEDE – MAVDT, 2010) para la aplicación del ACB económico ambiental, en la toma de decisiones, el cual plantea los pasos que se describen en la siguiente Tabla.

Estas etapas están relacionadas con las fases del ciclo del megaproyecto, dado que el análisis costo beneficio condensa los resultados del desarrollo de estos. Lo fundamental en este ACB es incorporar la valoración de los impactos ambientales (a partir de las afectaciones en el flujo de bienes y servicios ambientales impactados) dentro de la evaluación económica, sin considerar el análisis financiero.

Tabla 10.5 Etapas del análisis costo beneficio ambiental

|  |  |
| --- | --- |
| No | ETAPA |
| **1** | Definición del Proyecto a Evaluar |
| **2** | Identificación de los Impactos del Proyecto |
| **3** | Identificación de los Impactos más Relevantes |
| **4** | Cuantificación Física de los Impactos más Relevantes |
| **5** | Valoración Monetaria de los Impactos más Relevantes |
| **6** | Descontar el Flujo de Beneficios y Costos |
| **7** | Obtención de los Principales Criterios de Decisión |
| **8** | Análisis de Sensibilidad |

Fuente: CEDE, Uniandes – MAVDT, 2010. Evaluación económica de impactos ambientales en proyectos sujetos a licenciamiento ambiental

Los requerimientos de información para la evaluación económica de los impactos ambientales pueden ser agrupados en dos categorías:

* Información de Tipo Técnico
* Información de Tipo Económico

El primer tipo de información sirve para cuantificar los cambios en la calidad o en la cantidad de los bienes o servicios ambientales derivados de las acciones propuestas. Toda esta información sirve para estimar funciones de daño físico sobre los recursos naturales y ambientales (para estimar de manera objetiva la relación causa – efecto del daño físico total y marginal ambiental). Daños que luego serán traducidos por los economistas ambientales a valores económicos, para estimar los impactos en bienestar social de todas y cada de las actividades económicas emprendidas por el hombre.

El segundo tipo de información consiste en la recolección de información acerca de los precios de los bienes e insumos relacionados con los bienes o servicios ambientales, en los mercados convencionales. Esta información es sumamente útil para expresar todos los cambios en la calidad o cantidad ambiental derivados de las modificaciones en el ambiente producidas por las políticas del gobierno y por las acciones de las personas. Este tipo de información es valioso para la aplicación de los métodos de valoración incluidos dentro del enfoque indirecto.

Dentro de la evaluación económica de los impactos más relevantes del proyecto Construcción de la Variante Puerto Berrío en los Departamentos de Antioquia y Santander, se han adelantado ya las cuatro primeras etapas del análisis costo / beneficio ambiental y por tanto, en este capítulo se abordarán las fases 5, 6, 7 y 8, que se indican en la tabla anterior.

La valoración monetaria de los impactos seleccionados, considera en primer lugar los costos ambientales a nivel de cada componente y elemento y luego los beneficios ambientales, posteriormente los beneficios y costos ambientales serán consolidados en componentes y elementos para finalmente descontar el flujo de beneficios y costos y estimar los diferentes indicadores económicos. Para una mejor ilustración se describe la metodología utilizada en el estimativo de cada costo y cada beneficio, los cuales se consolidan y se soporta con el cuadro en la que se consignan las cifras base y aquellas obtenidas.

Con el propósito de evidenciar la consistencia de los resultados con el desarrollo de los argumentos teóricos, se sigue el mismo orden secuencial de los impactos seleccionados como los más significativos y por tanto, objeto del ejercicio de la respectiva valoración económica.

### Etapas del Proyecto y actividades con potencial de generar impactos ambientales y sociales

De acuerdo con el esquema de trabajo propuesto para la construcción y operación del Proyecto Construcción de la Variante Puerto Berrío en los Departamentos de Antioquia y Santander, a continuación, se describen las principales actividades, las cuales se dividen en tres fases: Pre-construcción, Construcción y Operación.

**Etapa de pre construcción**: Comprende la Compra de Predios, el Montaje de Instalaciones Temporales (campamentos, patios de maquinaria y equipos, zonas de acopio), la Instalación Señalización Preventiva, Excavaciones en área zonas de Rescate Arqueológico y el Cerramiento Temporal de Obra.

**Etapa de Construcción**: Comprende el Desmonte y Limpieza, Demoliciones, Construcción de Obras Hidráulicas y de Arte, Rellenos, Terraplenes y Compactación, Obras Geotécnicas de Protección de Taludes, Monitoreo zonas de rescate Arqueológico, Conformación de Base y Sub-base, Construcción de Pilotes y Estructuras de Concreto, Imprimación y Pavimentación de la vía, Demarcación y Señalización de la vía, Empradizarían, Acabados y Restauración de Zonas Intervenidas, Manejo y Disposición de Escombros y Materiales, Aseo y Limpieza.

**Etapa de Operación**: Mantenimiento de la vía

**Duración de las Obras y Cronograma de Actividades**

De acuerdo con los estimativos para la ejecución de la Construcción de la Variante Puerto Berrío en los Departamentos de Antioquia y Santander, se estima que la duración de la etapa de construcción es **1.008 días**, aproximadamente **36 meses**, contados a partir de la obtención de la licencia ambiental y de culminar toda la etapa de pre-construcción.

## ÁREA DE INTERVENCIÓN DEL PROYECTO

El requerimiento para las actividades futuras del Proyecto Construcción de la Variante Puerto Berrío en los Departamentos de Antioquia y Santander, comprende un Área de intervención de **85,45** **Ha**. El área de intervención**,** está definida por los límites del chaflán previamente identificados y por la franja o zona de exclusión propia de las carreteras del sistema vial nacional que en este caso “se establece que la faja de retiro obligatorio para vías nacionales es de 60 metros, medidos a partir del eje de la vía, 30 metros a cada lado*”[[7]](#footnote-7)*. En el área de intervención se ven afectados los recursos naturales como es el caso de las fuentes de agua que cruza el proyecto y que se describen más adelante, así como el suelo, flora y fauna que se encuentra en este sector. Se pudo establecer que la Construcción de la Variante Puerto Berrío en los Departamentos de Antioquia y Santander no afecta tierras de resguardos o comunidades afro colombianas.

Para efectos de la evaluación económica de los costos y beneficios ambientales se aplicaron las metodologías y los parámetros definidos por la Consultoría a las coberturas de diseño. Para el proyecto Construcción de la Variante Puerto Berrío en los Departamentos de Antioquia y Santander, se presenta en la siguiente Tabla la cobertura del Corredor vial.

Tabla 10.6 Coberturas en el Corredor Vial

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| COBERTURAS CORREDOR VIAL | | | | | |
| **COBERTURA** | **CÓD.** | **ÁREA DE INFLUENCIA** | | **ÁREA PUNTUAL DE INTERVENCIÓN** | |
| **(Ha)** | **%** | **(Ha)** | **%** |
| Tejido urbano continuo | 111 | 26,7 | 0,8 | 0,0 | 0,0 |
| Tejido urbano discontinuo | 112 | 8,2 | 0,2 | 0,06 | 0,07 |
| Red vial, ferroviaria y terrenos asociados | 122 | 43,1 | 1,3 | 31,65 | 37,04 |
| Pastos limpios | 231 | 1.886,5 | 56,1 | 38,15 | 44,65 |
| Pastos arbolados | 232 | 375,4 | 11,2 | 6,70 | 7,84 |
| Bosque abierto | 312 | 261,8 | 7,8 | 0,70 | 0,82 |
| Bosque de galería y/o ripario | 314 | 226,2 | 6,7 | 2,33 | 2,73 |
| Vegetación secundaria o en transición | 323 | 147,3 | 4,4 | 2,95 | 3,45 |
| Zonas arenosas naturales | 331 | 37,5 | 1,1 | 0,07 | 0,08 |
| Tierras desnudas y degradadas | 333 | 3,8 | 0,1 | 0,85 | 0,99 |
| Zonas quemadas | 334 | 22,7 | 0,7 | 0,93 | 1,09 |
| Zonas pantanosas | 411 | 23,1 | 0,7 | 0,32 | 0,37 |
| Ríos (50 m) | 511 | 299,1 | 8,9 | 0,74 | 0,87 |
| Cuerpos de agua artificiales | 514 | 2,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 |
| **TOTAL** | | **3.363,28** | **100** | **85,45** | **100** |

Fuente: Autopista Rio Magdalena S.A.S., 2016.

### Etapa Constructiva en Vía en Superficie

#### Medio Físico

##### Valoración de impactos sobre el recurso suelo

**Cambio de uso del suelo**

Para la valoración de los impactos no internalizables se tomó como referencia la pérdida de productividad por cambios en el uso del suelo, que significa el costo de oportunidad por sacrificar actividades productivas para dar paso a la infraestructura que requiere el proyecto.

**Valoración de impactos sobre la actividad pecuaria**

Con el propósito de medir las **afectaciones a la actividad pecuaria** en el área de influencia directa y particularmente en la franja del corredor se establecieron parámetros basados en la caracterización contenida en el EIA y se valoró el área en pastos, la capacidad de carga en UGG, los costos de producción, la inversión total y la ganancia por animal.

Se utilizaron los indicadores usuales en la evaluación de la producción pecuaria, como el número de animales y el peso promedio por cada uno, se estableció el precio/kg para animal en pie, y luego se obtuvo el valor por animal y finalmente el valor de hato ubicado en el Área de Intervención.

Una vez aplicados se obtuvo el valor económico de la producción pecuaria que se dejará de obtener a raíz de la ejecución del proyecto. El valor del impacto que representa el costo de oportunidad del recurso suelo para la actividad ganadera calculado su valor presente neto alcanza un monto de **$696.370.825.** Los resultados de las estimaciones se presentan en la siguiente Tabla.

Tabla 10.7 Afectación de la actividad ganadera en Construcción

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| CAMBIO DE USO DEL SUELO EN CONSTRUCCIÓN | | | | | | |
| **Valoración económica ambiental (afectación de la actividad ganadera)** | | | | | | |
| **Pastos** | | | | | | |
| **Tipo de cultivo \*** | **Área sembrada Ha\*** | | **Costos de producción (Ha/año) \*\*** | | **Inversión total** | |
| Pastos limpios | 38,15 | | 629.145 | | 24.001.886 | |
| Pastos arbolados | 6,70 | | 4.215.272 | |
| Zonas quemadas | 0,93 | | 585.105 | |
| Total | 45,78 | |  | | 28.802.263 | |
| **Afectación de la actividad ganadera** | | | | | | |
| **Cabezas de ganado** | | | | | **Valor producción existente** | |
| **Ganadería de Carne** | **No animales (UGG)\*\*\*** | **Peso Promedio (Kg.)** | | **Valor animal en pie (kg.) \*\*\*** | **Utilidad por animal ($)** | **Valor total pesos ($))** |
| Cría | 37 | 450 | | 4.000 | 1.800.000 | 65.923.200 |
| Ceba | 78 | 450 | | 4.000 | 1.800.000 | 140.086.800 |
| Doble Propósito | 60 | 450 | | 4.000 | 1.800.000 | 107.125.200 |
| Total | 174 |  | |  |  | 313.135.200 |
| **Ganadería de Leche** |  | **Producción promedio Litros (Vaca/dia.) \*\*\*** | | **Producción total (lit.)** | **Valor litro leche ($) \*\*\*** | **Valor total pesos año ($)** |
| Leche | 101 | 14 | | 1.410 | 950 | 361.671.156 |
| Doble Propósito | 60 | 5 | | 298 | 950 | 76.326.705 |
| Total | 160 |  | |  |  | 437.997.861 |
| **Valor total pérdida en producción ganadera** | | | | | | **779.935.324** |
| Valor Presente Neto ($) | | | | | | 696.370.825 |

Fuente Fuente: Autopista Rio Magdalena S.A.S., 2016.

\*: Extraído de Tabla de cobertura.

\*\*: El Valor de costos de producción (Ha/año) es un dato obtenido del Anuario Estadístico del Sector Agropecuario del Departamento de Antioquia, 2014. Ajustado con el IPC a dic 2015.

\*\*\*: La capacidad de carga en UGG, el promedio de producción y los costos del valor del animal se obtiene de Indicadores productivos reportados FEDEGAN.

##### Valoración de impactos sobre el recurso aire

La literatura internacional y nacional es abundante en demostrar la relación que existe entre el deterioro de la calidad del aire por emisiones de partículas y gases y la presencia de enfermedades respiratorias, incluso en aquellos casos que las medidas de mitigación son efectivas en reducir la contaminación hasta los límites permisibles.

En este sentido, la valoración del impacto no mitigable por emisiones de partículas y gases se realizó tomando como referencia los efectos que pueden tener estas emisiones en la salud de la población, para lo cual se utilizó la metodología de transferencia de función a partir de estudios realizados en otras zonas del país.

Con esta finalidad se consultó el estudio realizado por la Universidad Javeriana en la ciudad de Bogotá, sobre el incremento de las afecciones respiratorias a causa del aumento de los niveles de contaminación del aire por emisiones vehiculares, industriales y por partículas en suspensión.

Complementariamente se revisó el estudio realizado por el MAVDT en el 2005, donde se evalúo el impacto de la polución del aire en la salud, y en el tiempo perdido a causa de las enfermedades respiratorias.

Para este análisis se toma como referencia la población infantil y mayor que habita en el Área de Intervención toda vez que es la de mayor exposición por su permanencia en la misma, contrario a lo que pasa con los adultos que por situaciones labores en la mayoría de los casos se desplazan hacia otros lugares. El impacto asciende a la suma de **$67.488.000.** Los resultados se presentan en la siguiente Tabla.

Tabla 10.8 Alteración de la calidad del aire

|  |  |
| --- | --- |
| ALTERACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN CONSTRUCCIÓN | |
| Población vulnerable (niños <12 años adultos >60 años \* | 14.208 |
| Morbilidad en enfermedad vías respiratorias superiores por pm10 (70%) \*\*\* | 9.946 |
| Incidencia esperada por contaminación ambiental (8%) \*\*\* | 796 |
| Valor consulta médica \*\* | 95.000 |
| Costo con incidencia esperada | 1.020.418.560 |
| Costo sin incidencia esperada | 944.832.000 |
| **Valor adicional por contaminación (pesos$)** | **75.586.560** |
| Valor Presente Neto ($) | 67.488.000 |

Fuente Fuente: Autopista Rio Magdalena S.A.S., 2016.

\*: Dato tomado del Capítulo de Caracterización Ambiental, población en el área de intervención.

\*\*: Dato suministrado por entidades prestadoras de Salud en el municipio de Puerto Berrío. Equivale a la sumatoria del valor de la consulta ($25.000) y del tratamiento ($70,000).

\*\*\*: Los datos base para aplicar la técnica de transferencia de beneficios se obtiene del estudio realizado por la Universidad Javeriana 2001

**Demanda hídrica**

Para la construcción y operación de la vía, se requiere del aprovechamiento de aguas superficiales para actividades relacionadas con humectación o irrigación de materiales, conformación de taludes y revegetalización. Para el cálculo de la demanda de uso industrial se tomaron en cuenta factores como distancia desde la fuente a las obras, disponibilidad de la fuente de agua y capacidad de los vehículos irrigadores, entre otros. El agua se tomará de las fuentes naturales Quebradas la Sandovala y La Malena ubicadas dentro del Área de Influencia del Proyecto. Para calcular el valor de dicha demanda del recurso hídrico se toma como base la Tarifa base por Uso de Agua (TUA) establecida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en la Resolución 240 de 2004.

Se ha estimado que el proyecto demandará un total de 1.659.600m3 anuales. La captación se realizará de fuentes naturales y el valor estimado asciende a la suma de **$508.217** cifras que se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla 10.9 Demanda Hídrica

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| DEMANDA HÍDRICA | | | |
| **CORANTIOQUIA** | | | |
| **Tipo de requerimiento** | **Volumen requerido (m3) \*** | **Valor m3 de agua \*\*** | **Valor total ($)** |
| Planta de Concreto MI | 748.800 | 0,73 | 548.121,6 |
| Planta de asfalto las margaritas | 43.200 | 0,73 | 31.622,4 |
| Perdida | 90.000 | 0,73 | 65.880,0 |
| **CAS** | | | |
| **Tipo de requerimiento** | **Volumen requerido (m3) \*** | **Valor m3 de agua \*\*** | **Valor total ($)** |
| Planta de Concreto | 748.800 | 0,73 | 548.121,6 |
| Perdida | 28.800 | 0,73 | 21.081,6 |
| **Valor Total ($)** | | | **569.203** |
| Valor Presente Neto ($) | | | 508.217 |

Fuente Fuente: Autopista Rio Magdalena S.A.S., 2016.

\*: La necesidad total de agua para el proyecto es suministrada por Autopista Río Magdalena S.A.S en el escenario más crítico (demanda/día por 30 días por 12 meses).

\*\*: Tarifa por Uso de Agua promedio establecida por el MAVDT en Res. 240 de 2004. Actualizado con IPC a diciembre de 2015.

#### Medio Biótico

##### Valoración de impactos sobre el recurso Flora

***Alteración del Recurso Boscoso***

El valor del impacto no internalizable sobre el recurso flora, se realizará a partir de los efectos que generará la Construcción de la Variante Puerto Berrío en los Departamentos de Antioquia y Santander, sobre las coberturas de Bosque Abierto, Bosque de Galería o Ripario y Vegetación Secundaria, las cuales en últimas determinan el valor de los servicios que presta el bosque.

Para la valoración de este impacto se hará uso de la metodología de transferencia de beneficios por valor en uso de servicio de recreación pasiva en contemplación a través de la relación paisaje y cobertura predominante, y para tal efecto, se toma como valor de transferencia obtenido para este tipo de paisaje dentro de la evaluación económica de los impactos ambientales y Análisis Costo Beneficio Ambiental que hizo parte del Estudio de Impacto Ambiental para el Área de Exploración de Hidrocarburos – APE CPO- 9 localizado en jurisdicción de los municipios de Cubarral, Guamal, Castilla La Nueva, Acacías y San Martín Departamento del Meta. Talisman – ECOPETROL, S.A. junio de 2011.

El valor de este tipo de paisaje se obtuvo mediante la aplicación del método de Análisis Conjoint bajo el enfoque de calificación de opciones (Conjoint Rating)[[8]](#footnote-8). En el estudio de referencia, la información requerida para el AC se obtuvo de la aplicación de una encuesta aplicada a una muestra representativa de 300 habitantes de los municipios que tienen jurisdicción dentro del área de influencia directa del proyecto en el Departamento del Meta.

La escala de calificación del escenario varió de uno (1) nada preferido a diez (10) muy preferido, generando de esta forma la variable dependiente del modelo de selección discreta, que tomó el valor de 1 si el escenario fue altamente preferido (valor 10) y 0 si tuvo una calificación diferente.

El modelo especificado para el escenario correspondió a un modelo logit binomial cuya variable dependiente es la probabilidad de preferir el escenario de bosque de galería y ripario y las variables independientes corresponde a precio y variables socioeconómicas del entrevistado.

Entonces, a partir de las variables y el método de estimación anteriormente descrito, la utilidad indirecta de un individuo por cada uno de los escenarios puede ser obtenida a partir de la siguiente especificación:

Donde,

vij: Es la utilidad indirecta o preferencia del individuo por el escenario

precioj: Es el precio definido para el escenario

ingresosi: Es el ingreso mensual del individuo

edadi: Es la edad del individuo

generoi: Es el género del individuo

npershogi: Es el número de personas que conforman el hogar del individuo.

La información obtenida a través de la encuesta sirvió de insumo para la estimación del modelo econométrico utilizando el programa STATA 12.0 y cuyo resultado se presenta a continuación:



El paisaje de Bosque, en cuanto a las variables “precio” e “ingresos”, los signos de los coeficientes muestran una relación inversa y directamente respectivamente lo cual se interpreta que, manteniendo las demás variables constantes, un mayor precio del paisaje de bosque disminuye la utilidad indirecta de los individuos, mientras que, mayores ingresos aumentan la utilidad que le reporta este tipo de paisaje.

Con respecto a la variable “edad” se obtiene signo positivo, es decir, que entre más edad tenga el individuo encuestado mayor es la utilidad que le reporta el paisaje de valle. El signo de las variables “n personas” y “género”, indica respectivamente que entre mayor sea el número de personas que forman el hogar menor es la utilidad indirecta y a los hombres les reporta una menor utilidad este tipo de paisajes en comparación con las mujeres.

De acuerdo con el estudio los resultados del modelo fueron consistentes con la teoría económica y se consideró un modelo válido para el cálculo de la variación compensatoria el cual puede interpretarse como el valor económico del paisaje en su estado de línea base o la disponibilidad a por mantener el estado actual o estatus quo del escenario.

El valor de variación compensatoria del paisaje de Bosque Ripario fue de $ 1.938.329/ha que será el valor de referencia para el bosque de Galería y Ripario y el Bosque Abierto y la de Bosque Intervenido fue de $ 72.300 /ha, el que será el valor de referencia para Vegetación Secundaria.

Este valor se ajusta con la IPC del 2011 a diciembre de 2015 para lograr una variación compensatoria, este valor multiplicado por el número de hectáreas afectadas de este tipo de cobertura representa el valor del impacto por cambio en la existencia del recurso boscoso.

Dado que los valores transferidos corresponden a valores por hectárea la extrapolación a las áreas afectadas se realizará a partir de la aplicación de la siguiente ecuación:

|  |
| --- |
| VEPaisaje= S \* Ppj |

Dónde:

VEBosque = valor económico total de bosque

S = Superficie afectada por la Construcción de la Variante Puerto Berrío en los Departamentos de Antioquia y Santander (Ha)

Ppj = precio de una Hectárea de bosque ($/Ha)

El monto total por la afectación del recurso boscoso por la ejecución del proyecto alcanza un valor de **$6.441.824,** como se muestra a continuación.

Tabla 10.10 Afectación al recurso boscoso

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| RECURSO BOSCOSO | | | |
| **Cobertura** | **(Ha)\*** | **Valor por Ha\*\*** | **Valor Total** |
| Bosque abierto | 0,70 | 2.297.695 | 1.608.387 |
| Bosque de galería y/o Ripario | 2,33 | 2.297.695 | 5.353.629 |
| Vegetación secundaria o en transición | 2,95 | 85.704 | 252.827 |
| **Total** | | | **7.214.843** |
| Valor Presente Neto ($) | | | 6.441.824 |

Fuente: Autopista Rio Magdalena S.A.S., 2016.

***Disminución de cobertura vegetal***

El requerimiento constructivo para la materialización del Proyecto Construcción de la Variante Puerto Berrío en los Departamentos de Antioquia y Santander, comprende la intervención de **85,45 Ha**, que incluyen vía en superficie, plataformas de trabajo, vías industriales, zonas de manejo de escombros y material de excavación (ZODMEs), etc. De acuerdo con la distribución de la cobertura se determinó como impacto significativo la disminución de la cobertura vegetal, como consecuencia directa de las actividades de desmonte y descapote del área requerida para la construcción de la vía y demás obras requeridas para el desarrollo de las actividades de esta etapa constructiva. Como tal este impacto consiste en la eliminación de la vegetación y por tanto incluye el efecto negativo que se genera por la desaparición esa cobertura.

Para la valoración de este impacto se tomaron como referencia los tipos de coberturas del suelo señalados en el Capítulo de Caracterización del Área de Influencia del respectivo EIA, con el propósito de establecer y aplicar los diferentes parámetros de medición para el impacto producto de la remoción de cobertura vegetal y obtener así las respectivas cuantificaciones monetarias que exige la valoración económica.

De acuerdo a la caracterización del área de influencia, las coberturas de porte arbóreo que van a ser afectadas por las actividades de construcción del proyecto corresponden a Bosque abierto, Bosque de galería y ripario y Vegetación secundaria o en transición. El detalle se presenta en la siguiente Tabla.

Tabla 10.11 Cobertura vegetal en el área de intervención del proyecto

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| DISMINUCIÓN DE COBERTURA VEGETAL EN CONSTRUCCIÓN | | | | |
| **Causa** | **Detalle del impacto** | | | |
| Alteraciones derivadas de la intervención directa sobre la capa orgánica de los suelos producto de la explanación del terreno para la posterior adaptación de la variante. | **Componente** | Biótico | | |
| **Elemento** | Flora | | |
| **Indicador** | Cobertura | | |
| **Impacto** | **Disminución de cobertura vegetal** | | |
| **Coberturas** | **Bosque abierto** | **Bosque de galería y/o ripario** | **Vegetación secundaria o en transición** |
| **Uso Actual** | Conservación | Conservación | Conservación |
| **Área (has)\*** | 0,70 | 2,33 | 2,95 |
| **%\*** | 0,82 | 2,73 | 3,45 |
| **Área Total (ha)\*** | **85,45** | | |

Fuente Autopista Rio Magdalena S.A.S., 2016.

\*: Extraído de la Tabla de Cobertura Vegetal.

El valor económico total del impacto por disminución de cobertura vegetal, se asocia con la valoración de los bienes y servicios que ofrece este recurso, y que se pueden clasificar como de uso directo e indirecto. Uno de los usos directos es el maderable y su valoración está asociada al valor comercial de la madera. Los valores de uso indirecto corresponden a la provisión de servicios de protección de suelos, regulación del flujo hídrico y captura de CO2.

**Valoración de los Impactos No Internalizables**

En cuanto a los impactos no internalizables la valoración se realizó a través de una metodología de transferencia de función para medir los beneficios que generan los bosques aplicados al Programa SINA I y que en este caso su lectura inversa permite contabilizar la pérdida de estos beneficios, y por tanto las cifras reflejan los costos ambientales. Como consecuencia de la ejecución del proyecto, las áreas de bosque afectadas por tramo corresponden a las presentadas en la anterior Tabla.

Para la medición de los costos ambientales se valoran los servicios ambientales que prestan las coberturas boscosas tales como: alteración en el régimen de escorrentía, alteración del régimen de retención de sedimentos, disminución en la capacidad de captura de CO2, producción de madera y leña con valor comercial o de uso doméstico. La pérdida de estos servicios ambientales representa parte de los costos ambientales del proyecto.

**Valoración por alteración en el régimen de escorrentía**

La cobertura vegetal permite regular la escorrentía de tal manera que evita la estacionalidad drástica del suministro de agua en fuentes utilizadas para acueductos y otros usos. La plantación forestal es un bien de capital natural y productivo que genera beneficios públicos locales o regionales (regulación hídrica, retención de sedimentos, control de inundaciones), globales (absorción de CO2) y privados (producción de madera, conservación de suelos para mejorar los rendimientos de cultivos).

Un área de plantación (comparada con un área desprotegida en una microcuenca)[[9]](#footnote-9) tiene una función reguladora de la escorrentía, mejora el almacenamiento de agua y reduce su velocidad de evacuación a un cauce natural. Al aumentar el caudal en el período seco y reducirlo en el lluvioso, se mejora la disponibilidad de agua para consumo humano, riego y otros usos. En una cuenca determinada hay una disponibilidad de agua superficial que depende del patrón de precipitación, el área de la cuenca (o área de afluencia a un punto determinado o “punto de entrega” (PE) y las “pérdidas” naturales a través de evaporación, evapotranspiración e infiltración.[[10]](#footnote-10)

Esta disponibilidad se traduce en oferta, cuando el recurso natural se convierte en insumo de una actividad económica y la cuenca se convierte en un bien de capital natural productivo. Este bien, que puede incluir, componentes naturales y obras de protección (plantaciones forestales, conservación de suelos), requiere mantenimiento con el fin de sostener su capacidad productiva, lo cual tiene un costo en términos principalmente de mano de obra del beneficiario y asistencia técnica de la corporación.

La cantidad del recurso natural está disponible a una tasa natural y estocástica[[11]](#footnote-11), concentrada durante el período lluvioso del año y muy baja en el período seco, mientras que la cantidad de agua como bien económico se requiere entregar a una tasa preferiblemente constante durante el año.

Convertir el primer patrón en el segundo puede ser costoso en términos de obras de regulación, almacenamiento (embalses) y mantenimiento. Bajo este concepto, la medida pertinente para la cantidad de agua disponible en el PE no es, entonces, un volumen o caudal sino una distribución de caudales o un volumen de agua distribuido durante el ciclo hidrológico anual.

De acuerdo con lo anterior, se establecieron los siguientes criterios:

* Una hectárea que recibe, determinados mm/año de precipitación puede aportar una fracción de esta (en m3) durante tres meses secos del año. El valor de este volumen de agua es el beneficio del proyecto, que se dejaría de percibir y por tanto se constituye en un costo ambiental.
* Precipitación promedio anual de 2.600 mm/año en el área de intervención del proyecto equivalentes a 26.000 m3/año. Datos tomados del capítulo de caracterización ambiental componente abiótico.
* La tarifa de agua por el servicio de regulación hídrica del bosque ($132,01/m3) se obtiene del estudio Valoración Económica del Servicio Ambiental de Regulación Hídrica Guatemala 2002. (0,03US$/m3).
* Se considera un periodo de cinco años en los que no habrá ganancias de captura de CO2, un primer año durante la tala y la plantación y cuatro años que tarda en recuperarse el bosque según Marwin Melga, 2006

Los resultados se presentan en la siguiente Tabla en la cual se puede observar que el costo ambiental anual por la pérdida por alteración del régimen de escorrentía de la regulación hídrica para los dos tipos de bosque a intervenir. Aplicando la tasa social de descuento del 12% el Valor presente de la pérdida del servicio por regulación hídrica asciende **$91.629.084.**

Tabla 10.12 Alteración del régimen de escorrentía en Construcción

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN DE ESCORRENTÍA EN CONSTRUCCIÓN | | | | | | |
| **Componente Biótico** | **Cobertura vegetal** | | **Bosque abierto** | **Bosque de galería y/o ripario** | **Vegetación secundaria o en transición** | **VALOR TOTAL ($)** |
| **Nº Hectáreas** | | 0,70 | 2,33 | 2,95 | 5,98 |
| **Alteración del régimen de escorrentía** | Regulación hídrica | 26.000 m3/ha-año \* | 18.200 | 60.580 | 76.700 | 155.480 |
| Valor m3($) \*\* | | 132,01 | 132,01 | 132,01 | 132,01 |
| Valor anual Pesos | | 2.402.582 | 7.997.166 | 10.125.167 | 20.524.915 |
| Años establecimiento\*\*\* | | 5 | 5 | 5 | 5 |
| **Valor Total Pesos ($)** | | **12.012.910** | **39.985.829** | **50.625.835** | **102.624.574** |
| Valor Presente Neto ($) | | 10.725.813 | 35.701.633 | 45.201.638 | 91.629.084 |

Fuente: Autopista Rio Magdalena S.A.S., 2016.

\*: Precipitación promedio anual es de 2600 mm/año en el área de influencia equivalentes a 26.000 m3/año. Dato tomado del capítulo de caracterización abiótica del EIA.

\*\*: La tarifa de agua por el servicio de regulación hídrica del bosque ($132,01m3) se obtiene del estudio Valoración Económica del Servicio Ambiental de Regulación Hídrica Guatemala 2002. (0,03US$/m3), convertido en pesos del 2002 a la tasa de cambio vigente en ese año ($2.778,21) y actualizado con el IPC hasta diciembre de 2015.

\*\*\*: Se considera un periodo de cinco años en los que no habrá ganancias de captura de CO2, un primer año durante la tala y la plantación y cuatro años que tarda en recuperarse el bosque según Marwin Melga, 2006.

**Alteración del régimen de retención de sedimentos**

El manejo apropiado de los bosques contribuye a reducir la erosión y la carga de sedimentos a las fuentes de agua potable, lo que se traduce en ahorros en costos de tratamiento para mejorar los índices de turbiedad. La reforestación de una hectárea puede reducir la sedimentación de cauces mediante una reducción de la pérdida de suelo, lo cual se puede reflejar en una reversión de la tendencia decreciente en la capacidad de los cauces para evacuar caudales (inundaciones) y en la entrega de agua de mejor calidad (menos turbiedad) a los acueductos y sistemas de riego.

Si solo se utiliza la mitad del volumen disponible actualmente y el costo de tratamiento por turbiedad (sedimentación) es de $200 por m3, se obtienen los resultados que se muestran en la siguiente Tabla. En total el costo ambiental de la alteración del régimen de retención de sedimentos en valor presente es de **$69.410.714.**

Tabla 10.13 Alteración del régimen de retención de sedimentos en Construcción

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN DE RETENCIÓN DE SEDIMENTOS EN CONSTRUCCIÓN | | | | | | |
| **Componente biótico** | **Cobertura vegetal** | | **Bosque abierto** | **Bosque de galería y/o ripario** | **Vegetación secundaria o en transición** | **VALOR TOTAL ($)** |
| **Nº Hectáreas** | | 0,70 | 2,33 | 2,95 | 5,98 |
| **Alteración del régimen natural de retención de sedimentos** | Regulación hídrica | 13.000 m3/ha-año \* | 9.100 | 30.290 | 38.350 | 77.740 |
| Valor m3($) \*\* | | 200 | 200 | 200 | 200 |
| Valor anual Pesos ($) | | 1.820.000 | 6.058.000 | 7.670.000 | 15.548.000 |
| Años establecimiento\*\*\* | | 5 | 5 | 5 | 5 |
| **Valor Total Pesos ($)** | | **9.100.000** | **30.290.000** | **38.350.000** | **77.740.000** |
| Valor Presente Neto ($) | | 8.125.000 | 27.044.643 | 34.241.071 | 69.410.714 |

Fuente: Autopista Rio Magdalena S.A.S., 2016.

\*: Equivale al valor medio de la precipitación promedio de la zona. Ya que una vez establecido el volumen de agua aportado al suelo en el ítem de regulación hídrica, se estima que el valor retenido en el sedimento llega a ser del 50% del volumen total, ya que por la escorrentía y evaporación se pierde una fracción del volumen que genera la precipitación por lo tanto se estima este valor para el cálculo de la regulación por retención de sedimentos.

\*\*: El valor del tratamiento por turbidez del agua es de $200/m3, este valor se obtiene de consultas a firmas que hacen tratamientos de agua y el dato final lo suministró el Doctor Joaquín Fonseca, Ingeniero Químico de la Universidad Nacional, Master en Ingeniería Sanitaria de la misma Universidad y con más de 30 años de experiencia en temas de aguas residuales.

\*\*\*: Se considera un periodo de cinco años en los que no habrá ganancias de captura de CO2, un primer año durante la tala y la plantación y cuatro años que tarda en recuperarse el bosque según Marwin Melga, 2006.

**Disminución en la capacidad de captura de CO2**

Una hectárea reforestada puede aumentar la captura de CO2. ¿Cuántas hectáreas con árboles necesitaríamos plantar para compensar nuestras emisiones contaminantes de dióxido de carbono (CO2)? La captura de carbono (CO2 atmosférico causante del Calentamiento Global) ocurre únicamente durante el desarrollo de los árboles, y se detiene cuando los árboles llegan a su madurez total. Los árboles absorben dióxido de carbono (CO2) atmosférico junto con elementos en suelos y aire para convertirlos en madera que contiene carbono y forma parte de troncos y ramas. La cantidad de CO2 que el árbol captura durante un año, consiste sólo en el pequeño incremento anual que se presenta en la biomasa del árbol (madera) multiplicado por la biomasa del árbol que contiene carbono.

Aproximadamente 42% a 50% de la biomasa de un árbol (materia seca) es carbono. Hay una captura de carbono neta, únicamente mientras el árbol se desarrolla para alcanzar madurez. Cuando el árbol muere, emite la misma cantidad de carbono que capturó. Un bosque en plena madurez aporta finalmente la misma cantidad de carbono que captura. Lo primordial es cuanto carbono (CO2) captura el árbol durante toda su vida.

Los árboles, al convertir el CO2 en madera, almacenan muy lentamente sólo una pequeña parte del CO2 que producimos en grandes cantidades por el uso de combustibles fósiles (petróleo, gasolina, gas, etc.) para el transporte y la generación de energía eléctrica en las actividades humanas que diariamente contaminan el medio ambiente. Después de varios años, cuando los árboles han llegado a su madurez total, absorben (capturan) únicamente pequeñas cantidades de CO2 necesarias para su respiración y la de los suelos.

El dióxido de carbono atmosférico (CO2) es absorbido por los árboles mediante la fotosíntesis, y es almacenado en forma de materia orgánica (biomasa-madera). El CO2 regresa a la atmósfera mediante la respiración de los árboles y las plantas, y por descomposición de la materia orgánica muerta en los suelos (oxidación).

Estimaciones sobre captura de carbono durante 100 años oscilan entre 75 y 200 toneladas por hectárea, dependiendo del tipo de árbol y de la cantidad de árboles sembrados en una hectárea. Se puede asumir que una tonelada de carbono en la madera de un árbol o de un bosque, equivale a 3.5 toneladas aproximadamente de CO2 atmosférico.

De acuerdo con lo anterior se han establecido los siguientes criterios para la valoración:

* Es posible inferir que 100 toneladas de carbono capturado por hectárea, equivalen a 350 toneladas de CO2 por hectárea en 100 años. Esto es una tonelada de carbono y 3.5 toneladas de CO2 por año y por hectárea, sin tomar en cuenta la pérdida de árboles.
* La tasa de absorción de CO2 de los bosques es de 5,21 toneladas de CO2/Ha/año se obtuvo del Panel Internacional sobre Cambio Climático (IPCC, 2001).
* El Banco Mundial aprueba el valor de la tonelada de CO2 de US$10. Se estima que en los últimos años este valor pueda llegar hasta los US$15 pero hasta el momento esto no ha sido aprobado.
* Para proyectos de reforestación el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, considera una relación de 1:2 de compensación arbórea.
* Se considera el mismo periodo que toma la fase sucesional de los bosques. Este es de cinco (5) años, de acuerdo con Marwin Melga, mencionado anteriormente. Se consideró que después de 5 años, la plantación bien mantenida estará desarrollada para absorber CO2 y ese criterio se aplicó a los cálculos de los costos.[[12]](#footnote-12)

Los resultados se muestran en la siguiente Tabla. En total el costo ambiental de la pérdida por disminución en la capacidad de captura de CO2 alcanza un monto en Valor presente neto de **$4.512.306.**

Tabla 10.14 Disminución de la capacidad de captura de CO2 en Construcción

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| DISMINUCIÓN EN LA CAPACIDAD DE CAPTURA DE CO2 EN CONSTRUCCIÓN | | | | | | |
| **Componente biótico** | **Cobertura vegetal** | | **Bosque abierto** | **Bosque de galería y/o ripario** | **Vegetación secundaria o en transición** | **VALOR TOTAL ($)** |
| **Nº Hectáreas** | | 0,70 | 2,33 | 2,95 | 5,980 |
| **Disminución de la capacidad de captura de CO2** | Captura de CO2 | 5,21 Ton/Ha/año\* | 3,65 | 12,14 | 15,37 | 31,16 |
| Valor/Tonelada | US$10/Ton\*\* | 36,47 | 121,39 | 153,70 | 311,56 |
| Valor anual PESOS ($) | | 118.316 | 393.823 | 498.617 | 1.010.756 |
| Años establecimiento\*\*\* | | 5 | 5 | 5 | 5 |
| **Valor Total PESOS ($)** | | 591.580 | 1.969.116 | 2.493.087 | **5.053.782** |
| Valor Presente Neto ($) | | 528.196 | 1.758.139 | 2.225.970 | 4.512.306 |

Fuente: Autopista Rio Magdalena S.A.S., 2016.

\*: La tasa de absorción de CO2 de los bosques es de 5,21 tCO2/Ha/año se obtuvo del Panel Internacional sobre Cambio Climático (IPCC, 2001).

\*\*: El valor de la tonelada de CO2 se obtuvo del Banco Mundial. Ton. CO2 = US$10 y se maneja con una tasa de cambio promedio para diciembre de 2015 ($3.244,20/US$).

\*\*\*: Se considera un periodo de cinco años en los que no habrá ganancias de captura de CO2, un primer año durante la tala y la plantación y cuatro años que tarda en recuperarse el bosque según Marwin Melga, 2006.

**Aprovechamiento forestal**

En el Capítulo de Demanda de Recursos Naturales, se establece que se solicita permiso de aprovechamiento forestal, necesario para la construcción de vía en superficie, viaductos, puentes, y áreas industriales, durante su etapa de construcción. La siguiente Tabla muestra que el valor total del impacto por el volumen maderable a remover es de **$17.065.794.**

Tabla 10.15 Aprovechamiento forestal en Construcción

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| APROVECHAMIENTO FORESTAL | | | | | | | |
| **Componente biótico aprovechamiento forestal en Construcción** | | | | | | | |
| **COBERTURA VEGETAL** | **Nº Hectáreas** | **Volumen Comercial (m3) \*** | **Volumen Total (m3) \*** | **Valor Comercial Aserradero ($/m3) \*\*** | **Valor Comercial leña, varas de cultivo y artesanías ($/m3) \*\*** | **Valor Total ($)** | **Valor Presente Neto ($)** |
|
| Bosque abierto | 0,70 | 15,72 | 22,72 | 33.118 | 11.253 | **776.283** | 693.110 |
| Bosque de galería y/o ripario | 2,33 | 207,85 | 276,28 | 33.118 | 11.253 | **9.992.555** | 8.921.924 |
| Vegetación secundaria o en transición | 2,95 | 175,61 | 224,74 | 33.118 | 11.253 | **8.344.851** | 7.450.760 |
| **Valor total del Impacto** | | | | | | **19.113.689** | 17.065.794 |

Fuente: Autopista Rio Magdalena S.A.S., 2016.

\*: Datos suministrados por Autopista Río Magdalena S.A.S.

\*\*: El valor del metro cubico de madera se obtiene de datos suministrados por Ingenieros Forestales (Comercial $29.990/m3 y Leña, Varas de cultivo y Artesanías $10.190/m3), 2013. Actualizado con el IPC a diciembre de 2015.

#### Medio Socioeconómico

##### Valoración de impactos sobre el Componente: Dimensión Económica

**Cambio económico por modificación en el uso del suelo**

La Valoración de este impacto se enfoca a determinar la disminución en la demanda de mano de obra en el sector pecuario y agrícola por cambio de uso del suelo por la construcción del derecho de vía.

Con base en la información recolectada por el equipo social de la consultoría se obtuvo el valor económico de los ingresos por empleo en el sector agropecuario que se dejarán de percibir a raíz de la ejecución del proyecto. Ese valor monetario constituye un costo ambiental para los habitantes de la zona afectados en su actividad económica.

Tabla 10.16 Afectación al empleo e ingreso pecuario

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| AFECTACIÓN AL EMPLEO E INGRESO PECUARIO | | | | | | |
| **Tipo de Ganadería** | **Número de animales\*** | **Número de trabajadores por cada 100 animales \*\*** | **Número de jornales** | **Jornal pecuario\*\*\*** | **Tiempo** | **Valor total de pesos ($)** |
| Leche | 101 | 7,9 | 8 | 20.500 | 1.008 | 164.414.438 |
| Cría | 37 | 2,5 | 1 | 20.500 | 1.008 | 18.919.958 |
| Doble Propósito | 60 | 5,5 | 3 | 20.500 | 1.008 | 67.638.851 |
| Ceba | 78 | 2,4 | 2 | 20.500 | 1.008 | 38.596.715 |
| **Valor total ($)** | | | | | | **164.414.438** |
| Valor Presente Neto ($) | | | | | | 146.798.606 |

Fuente: Autopista Rio Magdalena S.A.S., 2016.

\*: Calculado en el ítem de afectación ganadera por el proyecto

\*\*: Plan estratégico de la Ganadería Colombiana PEGA 2019. FEDEGAN. Leche se emplean 7,9 jornales por cada 100 animales, en cría 2,5 jornales, en Ceba 2,4 y para ganadería Doble Propósito se emplean 5,5 jornales.

\*\*\*\*: El jornal pecuario está en promedio en $20.500 sin alimentación. Dato tomado del documento Direccionamiento Estratégico del Sector Ganadero del caribe colombiano 2011-2016.

\*\*\*\*: El tiempo (días) se extrae del cronograma elaborado de construcción del proyecto. 1.008 días equivalentes a 36 meses.

### Etapa Operativa en Vía en Superficie

#### Medio Físico

##### Valoración de impactos sobre el recurso hídrico

**Inversión del 1%**

Dentro de los impactos positivos se tiene en cuenta la compensación del 1% sobre los principales Ítems de las obras civiles, que debe aportar el dueño del proyecto por el uso de aguas de fuentes hídricas y que se refleja en los recursos destinados a la conservación de las cuencas de donde se tomará el recurso[[13]](#footnote-13).

Tabla 10.17 Presupuesto Plan de Inversión del 1%

|  |  |
| --- | --- |
| INVERSIÓN DEL 1% | |
| **Inversión Total** | **VPN** |
| **1.402.937.453** | 1.252.622.726 |

Fuente: Autopista Rio Magdalena S.A.S., 2016.

#### Medio Biótico

##### Valoración de impactos sobre el recurso Flora

**Compensación por Aprovechamiento Forestal**

La compensación ambiental por el cambio en usos del suelo en terrenos forestales, tieen como propósito llevar a cabo acciones de restauración de suelos, reforestación y mantenimiento de los ecosistemas forestales deteriorados, para que una vez lograda su rehabilitación, se compensen los servicios ambientales que prestaban los ecosistemas que fueron afectados por el cambio de uso del suelo; entre ellos, la restauración del ciclo hidrológico y los ciclos biogeoquímicos, la captura de carbono, la recuperación paulatina de la biodiversidad, la producción de oxígeno, entre otros.[[14]](#footnote-14)

Tabla 10.18 Detalle del Plan de Compensación Forestal

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| DETALLE DEL PLAN DE COMPENSACIÓN FORESTAL | | | |
| **Componente** | Biótico | | |
| **Elemento** | Flora | | |
| **Indicador** | Cobertura | | |
| **Impacto** | **Compensación de cobertura vegetal** | | |
| **Compensación Forestal** | **Total individuos a Talar\*** | **Total individuos a Compensar\*** | **Ha a compensar\*\*** |
| **1207** | **4395** | **3,96** |

Fuente: Autopista Rio Magdalena S.A.S., 2016.Fuente

Tabla 10.19 Recuperación del Recurso Boscoso

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| RECUPERACIÓN DEL RECURSO BOSCOSO | | | |
| **Cobertura** | **(Ha)\*** | **Valor por Ha\*\*** | **Valor Total** |
| Compensación Forestal | 3,96 | 2.297.695 | 9.097.630 |
| **Total** | | | **9.097.630** |
| Valor Presente Neto ($) | | | 8.122.884 |

Fuente: Autopista Rio Magdalena S.A.S., 2016.

Tabla 10.20 Compensación del Régimen de Escorrentía

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| COMPENSACIÓN DEL RÉGIMEN DE ESCORRENTÍA POR COMPENSACIÓN FORESTAL | | | | |
| **Componente biótico** | **Cobertura vegetal** | | **Ha a compensar** | **VALOR TOTAL ($)** |
| **Nº Hectáreas** | | 3,96 | 3,96 |
| **Compensación del régimen de escorrentía** | Regulación hídrica | 26.000 m3/ha-año \* | 102.946 | 102.946 |
| Valor m3($) \*\* | | 132,01 | 132,01 |
| Valor anual Pesos | | 13.589.894 | 13.589.894 |
| Años establecimiento\*\*\* | | 5 | 5 |
| **Valor Total Pesos ($)** | | **67.949.472** | **67.949.472** |
| Valor Presente Neto ($) | | 60.669.171 | 60.669.171 |

Fuente: Autopista Rio Magdalena S.A.S., 2016.

\*: Precipitación promedio anual es de 2600 mm/año en el área de influencia equivalentes a 26.000 m3/año. Dato tomado del capítulo de caracterización abiótica del EIA.

\*\*: La tarifa de agua por el servicio de regulación hídrica del bosque ($132,01m3) se obtiene del estudio Valoración Económica del Servicio Ambiental de Regulación Hídrica Guatemala 2002. (0,03US$/m3), convertido en pesos del 2002 a la tasa de cambio vigente en ese año ($2.778,21) y actualizado con el IPC hasta diciembre de 2015.

\*\*\*: Se considera un periodo de cinco años en los que no habrá ganancias de captura de CO2, un primer año durante la tala y la plantación y cuatro años que tarda en recuperarse el bosque según Marwin Melga, 2006.

Tabla 10.21 Compensación del Régimen de Retención de Sedimentos

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| COMPENSACIÓN DEL RÉGIMEN DE RETENCIÓN DE SEDIMENTOS POR COMPENSACIÓN FORESTAL | | | | |
| **Componente biótico** | **Cobertura vegetal** | | **Ha a compensar** | **VALOR TOTAL ($)** |
| **Nº Hectáreas** | | 3,96 | 3,96 |
| **Compensación del régimen natural de retención de sedimentos** | Regulación hídrica | 13.000 m3/ha-año \* | 51.473 | 51.473 |
| Valor m3($) \*\* | | 200 | 200 |
| Valor anual Pesos ($) | | 10.294.595 | 10.294.595 |
| Años establecimiento\*\*\* | | 5 | 5 |
| **Valor Total Pesos ($)** | | **51.472.973** | **51.472.973** |
| Valor Presente Neto ($) | | 45.958.012 | 45.958.012 |

Fuente: Autopista Rio Magdalena S.A.S., 2016.

\*: Equivale al valor medio de la precipitación promedio de la zona. Ya que una vez establecido el volumen de agua aportado al suelo en el ítem de regulación hídrica, se estima que el valor retenido en el sedimento llega a ser del 50% del volumen total, ya que por la escorrentía y evaporación se pierde una fracción del volumen que genera la precipitación por lo tanto se estima este valor para el cálculo de la regulación por retención de sedimentos.

\*\*: El valor del tratamiento por turbidez del agua es de $200/m3, este valor se obtiene de consultas a firmas que hacen tratamientos de agua y el dato final lo suministró el Doctor Joaquín Fonseca, Ingeniero Químico de la Universidad Nacional, Master en Ingeniería Sanitaria de la misma Universidad y con más de 30 años de experiencia en temas de aguas residuales.

\*\*\*: Se considera un periodo de cinco años en los que no habrá ganancias de captura de CO2, un primer año durante la tala y la plantación y cuatro años que tarda en recuperarse el bosque según Marwin Melga, 2006.

Tabla 10.22 Compensación en la capacidad de Captura de CO2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| COMPENSACIÓN EN LA CAPACIDAD DE CAPTURA DE CO2 POR COMPENSACIÓN FORESTAL | | | | |
| **Componente biótico** | **Cobertura vegetal** | | **Ha a compensar** | **VALOR TOTAL ($)** |
| **Nº Hectáreas** | | 3,96 | 3,959 |
| **Compensación de la capacidad de captura de CO2** | Captura de CO2 | 5,21 Ton/Ha/año\* | 20,63 | 20,63 |
| Valor/Tonelada | US$10/Ton\*\* | 206,29 | 206,29 |
| Valor anual PESOS ($) | | 669.239 | 669.239 |
| Años establecimiento\*\*\* | | 5 | 5 |
| **Valor Total Pesos ($)** | | **3.346.195** | **3.346.195** |
| Valor Presente Neto ($) | | 2.987.674 | 2.987.674 |

Fuente: Autopista Rio Magdalena S.A.S., 2016.

\*: La tasa de absorción de CO2 de los bosques es de 5,21 tCO2/Ha/año se obtuvo del Panel Internacional sobre Cambio Climático (IPCC, 2001).

\*\*: El valor de la tonelada de CO2 se obtuvo del Banco Mundial. Ton. CO2 = US$10 y se maneja con una tasa de cambio promedio para diciembre de 2015 ($3.244,20/US$)

\*\*\*: Se considera un periodo de cinco años en los que no habrá ganancias de captura de CO2, un primer año durante la tala y la plantación y cuatro años que tarda en recuperarse el bosque según Marwin Melga, 2006.

##### Valoración de impactos sobre los recursos Flora y Fauna

**Plan de Compensación por Pérdida de Biodiversidad**

Consiste en las acciones que tienen como objeto resarcir a la biodiversidad por los impactos o efectos negativos que no puedan ser evitados, corregidos, mitigados o sustituidos y que conlleven pérdida de la biodiversidad en los ecosistemas naturales terrestres y vegetación secundaria; de manera que se garantice la conservación efectiva de un área ecológicamente equivalente donde se logre generar una estrategia de conservación permanente y/o su restauración ecológica, a fin de que al comparar con la línea base se garantice la no pérdida neta de biodiversidad. La pérdida de biodiversidad se presenta cuando por procesos de transformación y degradación del paisaje, el tamaño, el contexto paisajístico y la riqueza de los elementos de la biodiversidad es perturbada y disminuida y, se inician procesos de pérdida y extinción local o regional. El principio de la no pérdida neta de biodiversidad o ganancia neta de biodiversidad se refiere a la compensación que es diseñada y ejecutada para alcanzar resultados de conservación in situ medibles, que de manera razonable pueda esperarse que darán lugar a la no pérdida neta (BBOP, 2012).[[15]](#footnote-15)

Colombia, es un país con una extensión de 2.070.408 km2 incluidas las áreas terrestres (1.141.748 km2) y marinas (880.376 km2), ha sido considerado como uno de los 12 países llamados “megadiversos” en el mundo; condición que se ve reflejada en la amplia variedad de ecosistemas representados en el territorio colombiano, desde páramos, laderas y valles andinos hasta selvas húmedas tropicales, bosques secos, humedales, llanuras y desiertos (IDEAM et al. 2007). Sin embargo, la mayoría de los ecosistemas naturales de Colombia han sido transformados y degradados como resultado de actividades como la deforestación causada entre otras, por cultivos ilícitos, aprovechamiento no sostenible y sobreexplotación producción agroindustrial; la producción agropecuaria, explotación de materiales a cielo abierto, desarrollo urbano y de infraestructura, la urbanización e introducción de especies, entre otras.

En este caso la construcción de un corredor vial interviene zonas boscosas y requiere remover diversos tipos de vegetación ocasionando alteraciones en los ecosistemas. Esta rápida conversión y deterioro de los ecosistemas originales, deriva en pérdida de biodiversidad, disminución en calidad y cantidad de los recursos hídricos y degradación de los suelos y de aguas.

Dentro de este contexto de afectaciones, se propone incluir como un beneficio del proyecto, la programación de reforestaciones en las proporciones establecidas en el Manual de Compensación del MADS, que permitan recuperar las condiciones originales del entorno, inscribiendo el impulso de la infraestructura vial dentro del marco del desarrollo sustentable. A continuación, se observan en detalle estos beneficios.

Tabla 10.23 Detalle del Plan de Compensación por Pérdida de Biodiversidad

|  |  |
| --- | --- |
| DETALLE DEL PLAN DE COMPENSACIÓN BIOTICO | |
| **Componente** | Biótico |
| **Elemento** | Flora |
| **Indicador** | Cobertura |
| **Impacto** | **Compensación de cobertura vegetal** |
| **Compensación por Pérdida de Biodiversidad** | **Total Ha a compensar\*** |
| 39,10 |

Fuente: Autopista Rio Magdalena S.A.S., 2016.

Tabla 10.24 Recuperación del Recurso Boscoso

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| RECUPERACIÓN DEL RECURSO BOSCOSO | | | |
| **Cobertura** | **(Ha)\*** | **Valor por Ha\*\*** | **Valor Total** |
| Compensación por Pérdida de Biodiversidad | 39,10 | 2.297.695 | 89.839.875 |
| **Total** | | | **89.839.875** |
| Valor Presente Neto ($) | | | 80.214.174 |

Fuente: Autopista Rio Magdalena S.A.S., 2016.

Tabla 10.25 Compensación del Régimen de Escorrentía

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| COMPENSACIÓN DEL RÉGIMEN DE ESCORRENTÍA EN CONSTRUCCIÓN | | | | |
| **Componente biótico** | **Cobertura vegetal** | | **Ha a compensar** | **VALOR TOTAL ($)** |
| **Nº Hectáreas** | | 39,10 | 39,10 |
| **Compensación del régimen de escorrentía** | Regulación hídrica | 26.000 m3/ha-año \* | 1.016.600 | 1.016.600 |
| Valor m3($) \*\* | | 132,01 | 132,01 |
| Valor anual Pesos | | 134.201.366 | 134.201.366 |
| Años establecimiento\*\*\* | | 5 | 5 |
| **Valor Total Pesos ($)** | | **671.006.830** | **671.006.830** |
| Valor Presente Neto ($) | | 599.113.241 | 599.113.241 |

Fuente: Autopista Rio Magdalena S.A.S., 2016.

\*: Precipitación promedio anual es de 2600 mm/año en el área de influencia equivalentes a 26.000 m3/año. Dato tomado del capítulo de caracterización abiótica del EIA.

\*\*: La tarifa de agua por el servicio de regulación hídrica del bosque ($132,01m3) se obtiene del estudio Valoración Económica del Servicio Ambiental de Regulación Hídrica Guatemala 2002. (0,03US$/m3), convertido en pesos del 2002 a la tasa de cambio vigente en ese año ($2.778,21) y actualizado con el IPC hasta diciembre de 2015.

\*\*\*: Se considera un periodo de cinco años en los que no habrá ganancias de captura de CO2, un primer año durante la tala y la plantación y cuatro años que tarda en recuperarse el bosque según Marwin Melga, 2006.

Tabla 10.26 Compensación del Régimen de Retención de Sedimentos

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| COMPENSACIÓN DEL RÉGIMEN DE RETENCIÓN DE SEDIMENTOS EN CONSTRUCCIÓN | | | | |
| **Componente biótico** | **Cobertura vegetal** | | **Ha a compensar** | **VALOR TOTAL ($)** |
| **Nº Hectáreas** | | 39,10 | 39,10 |
| **Compensación del régimen natural de retención de sedimentos** | Regulación hídrica | 13.000 m3/ha-año \* | 508.300 | 508.300 |
| Valor m3($) \*\* | | 200 | 200 |
| Valor anual Pesos ($) | | 101.660.000 | 101.660.000 |
| Años establecimiento\*\*\* | | 5 | 5 |
| **Valor Total Pesos ($)** | | **508.300.000** | **508.300.000** |
| Valor Presente Neto ($) | | 453.839.286 | 453.839.286 |

Fuente: Autopista Rio Magdalena S.A.S., 2016.

\*: Equivale al valor medio de la precipitación promedio de la zona. Ya que una vez establecido el volumen de agua aportado al suelo en el ítem de regulación hídrica, se estima que el valor retenido en el sedimento llega a ser del 50% del volumen total, ya que por la escorrentía y evaporación se pierde una fracción del volumen que genera la precipitación por lo tanto se estima este valor para el cálculo de la regulación por retención de sedimentos.

\*\*: El valor del tratamiento por turbidez del agua es de $200/m3, este valor se obtiene de consultas a firmas que hacen tratamientos de agua y el dato final lo suministró el Doctor Joaquín Fonseca, Ingeniero Químico de la Universidad Nacional, Master en Ingeniería Sanitaria de la misma Universidad y con más de 30 años de experiencia en temas de aguas residuales.

\*\*\*: Se considera un periodo de cinco años en los que no habrá ganancias de captura de CO2, un primer año durante la tala y la plantación y cuatro años que tarda en recuperarse el bosque según Marwin Melga, 2006.

Tabla 10.27 Compensación en la capacidad de Captura de CO2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| COMPENSACIÓN EN LA CAPACIDAD DE CAPTURA DE CO2 EN CONSTRUCCIÓN | | | | |
| **Componente biótico** | **Cobertura vegetal** | | **Ha a compensar** | **VALOR TOTAL ($)** |
| **Nº Hectáreas** | | 39,10 | 39,100 |
| **Compensación de la capacidad de captura de CO2** | Captura de CO2 | 5,21 Ton/Ha/año\* | 203,71 | 203,71 |
| Valor/Tonelada | US$10/Ton\*\* | 2037,11 | 2037,11 |
| Valor anual PESOS ($) | | 6.608.792 | 6.608.792 |
| Años establecimiento\*\*\* | | 5 | 5 |
| **Valor Total Pesos ($)** | | **33.043.961** | **33.043.961** |
| Valor Presente Neto ($) | | 29.503.537 | 29.503.537 |

Fuente: Autopista Rio Magdalena S.A.S., 2016.

\*: La tasa de absorción de CO2 de los bosques es de 5,21 tCO2/Ha/año se obtuvo del Panel Internacional sobre Cambio Climático (IPCC, 2001).

\*\*: El valor de la tonelada de CO2 se obtuvo del Banco Mundial. Ton. CO2 = US$10 y se maneja con una tasa de cambio promedio para diciembre de 2015 ($3.244,20/US$)

\*\*\*: Se considera un periodo de cinco años en los que no habrá ganancias de captura de CO2, un primer año durante la tala y la plantación y cuatro años que tarda en recuperarse el bosque según Marwin Melga, 2006.

## Análisis costo beneficio del proyecto

En las siguientes Tablas se muestran con detalle los beneficios y costos ambientales para el corredor vial; donde los costos ambientales totales ascienden a **$8.421.071.410** y los beneficios totales ascienden a **$ 8.858.086.753.** Por tanto,la Relación Costo / Beneficio total es de **1,05.**

Tabla 10.28 Flujo de Beneficios y Costos

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **RELACIÓN COSTO BENEFICIO** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **BENEFICIOS** | **Año 1** | **Año 2** | **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** | **Año 18** | **Año 19** | **Año 20** |
| **COMPONENTE BIÓTICO** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Recuperación del recurso boscoso | 89.839.875 | 89.839.875 | 89.839.875 | 89.839.875 | 89.839.875 | 89.839.875 | 89.839.875 | 89.839.875 | 89.839.875 | 89.839.875 | 89.839.875 | 89.839.875 | 89.839.875 | 89.839.875 | 89.839.875 | 89.839.875 | 89.839.875 | 89.839.875 | 89.839.875 | 89.839.875 |
| Compensación Pérdida Biodiversidad - Recuperación de la regulación hídrica |  |  |  |  | 671.006.830 | 671.006.830 | 671.006.830 | 671.006.830 | 671.006.830 | 671.006.830 | 671.006.830 | 671.006.830 | 671.006.830 | 671.006.830 | 671.006.830 | 671.006.830 | 671.006.830 | 671.006.830 | 671.006.830 | 671.006.830 |
| Compensación Pérdida Biodiversidad - Recuperación de la capacidad de retención de sedimentos |  |  |  |  | 508.300.000 | 508.300.000 | 508.300.000 | 508.300.000 | 508.300.000 | 508.300.000 | 508.300.000 | 508.300.000 | 508.300.000 | 508.300.000 | 508.300.000 | 508.300.000 | 508.300.000 | 508.300.000 | 508.300.000 | 508.300.000 |
| Compensación Pérdida Biodiversidad - Recuperación de la captura de CO2 |  |  |  |  | 33.043.961 | 33.043.961 | 33.043.961 | 33.043.961 | 33.043.961 | 33.043.961 | 33.043.961 | 33.043.961 | 33.043.961 | 33.043.961 | 33.043.961 | 33.043.961 | 33.043.961 | 33.043.961 | 33.043.961 | 33.043.961 |
| Recuperación del recurso boscoso | 9.097.630 | 9.097.630 | 9.097.630 | 9.097.630 | 9.097.630 | 9.097.630 | 9.097.630 | 9.097.630 | 9.097.630 | 9.097.630 | 9.097.630 | 9.097.630 | 9.097.630 | 9.097.630 | 9.097.630 | 9.097.630 | 9.097.630 | 9.097.630 | 9.097.630 | 9.097.630 |
| Compensación Forestal - Recuperación de la regulación hídrica |  |  |  |  | 67.949.472 | 67.949.472 | 67.949.472 | 67.949.472 | 67.949.472 | 67.949.472 | 67.949.472 | 67.949.472 | 67.949.472 | 67.949.472 | 67.949.472 | 67.949.472 | 67.949.472 | 67.949.472 | 67.949.472 | 67.949.472 |
| Compensación Forestal - Recuperación de la capacidad de retención de sedimentos |  |  |  |  | 51.472.973 | 51.472.973 | 51.472.973 | 51.472.973 | 51.472.973 | 51.472.973 | 51.472.973 | 51.472.973 | 51.472.973 | 51.472.973 | 51.472.973 | 51.472.973 | 51.472.973 | 51.472.973 | 51.472.973 | 51.472.973 |
| Compensación Forestal - Recuperación de la captura de CO2 |  |  |  |  | 3.346.195 | 3.346.195 | 3.346.195 | 3.346.195 | 3.346.195 | 3.346.195 | 3.346.195 | 3.346.195 | 3.346.195 | 3.346.195 | 3.346.195 | 3.346.195 | 3.346.195 | 3.346.195 | 3.346.195 | 3.346.195 |
| **COMPONENTE SOCIOECONÓMICO** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inversión del 1% | 1.402.937.453 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **TOTAL BENEFICIOS** | **1.501.874.958** | **98.937.505** | **98.937.505** | **98.937.505** | **1.434.056.936** | **1.434.056.936** | **1.434.056.936** | **1.434.056.936** | **1.434.056.936** | **1.434.056.936** | **1.434.056.936** | **1.434.056.936** | **1.434.056.936** | **1.434.056.936** | **1.434.056.936** | **1.434.056.936** | **1.434.056.936** | **1.434.056.936** | **1.434.056.936** | **1.434.056.936** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **COSTOS** | **Año 1** | **Año 2** | **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** | **Año 18** | **Año 19** | **Año 20** |
| **COMPONENTE ABIÓTICO** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Afectación de la actividad ganadera | 779.935.324 | 751.133.061 | 751.133.061 | 751.133.061 | 751.133.061 | 751.133.061 | 751.133.061 | 751.133.061 | 751.133.061 | 751.133.061 | 751.133.061 | 751.133.061 | 751.133.061 | 751.133.061 | 751.133.061 | 751.133.061 | 751.133.061 | 751.133.061 | 751.133.061 | 751.133.061 |
| Afectación a la salud de la población | 12.640.320 | 12.640.320 | 12.640.320 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Demanda Hídrica | 569.203 | 569.203 | 569.203 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **COMPONENTE BIÓTICO** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pérdida del recurso boscoso | 7.214.843 | 7.214.843 | 7.214.843 | 7.214.843 | 7.214.843 | 7.214.843 | 7.214.843 | 7.214.843 | 7.214.843 | 7.214.843 | 7.214.843 | 7.214.843 | 7.214.843 | 7.214.843 | 7.214.843 | 7.214.843 | 7.214.843 | 7.214.843 | 7.214.843 | 7.214.843 |
| Perdida por regulación hídrica | 102.624.574 | 102.624.574 | 102.624.574 | 102.624.574 | 102.624.574 | 102.624.574 | 102.624.574 | 102.624.574 | 102.624.574 | 102.624.574 | 102.624.574 | 102.624.574 | 102.624.574 | 102.624.574 | 102.624.574 | 102.624.574 | 102.624.574 | 102.624.574 | 102.624.574 | 102.624.574 |
| Perdida por captura de CO2 | 77.740.000 | 77.740.000 | 77.740.000 | 77.740.000 | 77.740.000 | 77.740.000 | 77.740.000 | 77.740.000 | 77.740.000 | 77.740.000 | 77.740.000 | 77.740.000 | 77.740.000 | 77.740.000 | 77.740.000 | 77.740.000 | 77.740.000 | 77.740.000 | 77.740.000 | 77.740.000 |
| Perdida de la capacidad de retención de sedimentos | 5.053.782 | 5.053.782 | 5.053.782 | 5.053.782 | 5.053.782 | 5.053.782 | 5.053.782 | 5.053.782 | 5.053.782 | 5.053.782 | 5.053.782 | 5.053.782 | 5.053.782 | 5.053.782 | 5.053.782 | 5.053.782 | 5.053.782 | 5.053.782 | 5.053.782 | 5.053.782 |
| Aprovechamiento forestal | 19.113.689 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **COMPONENTE SOCIOECONÓMICO** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Afectación del Empleo Pecuario | 164.414.438 | 164.414.438 | 164.414.438 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **TOTAL COSTOS** | **1.169.306.174** | **1.121.390.222** | **1.121.390.222** | **943.766.260** | **943.766.260** | **943.766.260** | **943.766.260** | **943.766.260** | **943.766.260** | **943.766.260** | **943.766.260** | **943.766.260** | **943.766.260** | **943.766.260** | **943.766.260** | **943.766.260** | **943.766.260** | **943.766.260** | **943.766.260** | **943.766.260** |
| \* Se considera un periodo de 5 años en los que no habrá ganancias en los servicios Ecosistémicos por compensación forestal, los cuales incluyen un primer año durante la plantación y cuatro años más que tardan los individuos arboreso en alcanzar un DAP capaz de proveer al ambiente dicho0s servicios según Marwin Melga, 2006. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | **Año 1** | **Año 2** | **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** | **Año 18** | **Año 19** | **Año 20** |
| BENEFICIOS | 1.501.874.958 | 98.937.505 | 98.937.505 | 98.937.505 | 1.434.056.936 | 1.434.056.936 | 1.434.056.936 | 1.434.056.936 | 1.434.056.936 | 1.434.056.936 | 1.434.056.936 | 1.434.056.936 | 1.434.056.936 | 1.434.056.936 | 1.434.056.936 | 1.434.056.936 | 1.434.056.936 | 1.434.056.936 | 1.434.056.936 | 1.434.056.936 |
| COSTOS | 1.169.306.174 | 1.121.390.222 | 1.121.390.222 | 943.766.260 | 943.766.260 | 943.766.260 | 943.766.260 | 943.766.260 | 943.766.260 | 943.766.260 | 943.766.260 | 943.766.260 | 943.766.260 | 943.766.260 | 943.766.260 | 943.766.260 | 943.766.260 | 943.766.260 | 943.766.260 | 943.766.260 |
| **FLUJO DE CAJA 1** | **332.568.783** | **-1.022.452.717** | **-1.022.452.717** | **-844.828.755** | **490.290.676** | **490.290.676** | **490.290.676** | **490.290.676** | **490.290.676** | **490.290.676** | **490.290.676** | **490.290.676** | **490.290.676** | **490.290.676** | **490.290.676** | **490.290.676** | **490.290.676** | **490.290.676** | **490.290.676** | **490.290.676** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **INDICADORES DE RETANBILIDAD SOCIAL** | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **TSD** | **VAN** | **437.015.343** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **12%** | **VP BENEFICIOS** | **8.858.086.753** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | **VP COSTOS** | **8.421.071.410** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | **RBC** | **1,05** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Fuente: Autopista Rio Magdalena S.A.S., 2016.

## ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Tabla 10.29 Análisis de Sensibilidad

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD | | | | |
| **Análisis de Sensibilidad** | **Valor presente Costos** | **Valor Presente Beneficios** | **Flujo de caja** | **Relación B/C** |
| Beneficios/Costos | 8.421.071.410 | 8.858.086.753 | 437.015.343 | 1,05 |
| Beneficios/Costos +10% | 9.263.178.551 | 8.858.086.753 | -405.091.798 | 0,96 |
| Beneficios/Costos +20% | 10.105.285.692 | 8.858.086.753 | -1.247.198.939 | 0,88 |
| Beneficios -10%/Costos | 8.421.071.410 | 7.972.278.078 | -448.793.332 | 0,95 |
| Beneficios -20%/Costos | 8.421.071.410 | 7.086.469.402 | -1.334.602.008 | 0,84 |
|  |  |  |  |  |
| **ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD** | | | | |
| **Análisis de Sensibilidad** | **Valor presente Costos** | **Valor Presente Beneficios** | **Flujo de caja** | **Relación B/C** |
| TIO 12% | 8.421.071.410 | 8.858.086.753 | 437.015.343 | 1,05 |
| TIO 10% | 7.655.519.464 | 8.052.806.139 | 397.286.675 | 1,05 |
| TIO 5% | 8.020.068.010 | 8.436.273.098 | 416.205.088 | 1,05 |

Fuente: Autopista Rio Magdalena S.A.S., 2016.

Las cifras anteriores evidencian que el proyecto resiste variaciones en el incremento de costos y modificaciones hacia la disminución de beneficios, arrojando resultados siempre favorables en la relación B/C ambiental. Este comportamiento obedece a que los beneficios son superiores a los costos ambientales**.**

## AFECTACIÓN A LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

De manera complementaria a los análisis anteriores, la Consultoría ha estimado las afectaciones a los servicios Ecosistémicos y el detalle se presenta en las siguiente Tabla.

Tabla 10.29 Servicios Ecosistémicos

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **AFECTACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS** | | | | | |
|  | | | | | |
| **Servicios Ecosistémicos** | **Descripción** | **Impactos Negativos a evaluar** | **Valor Costos Ambientales ($)** | **Impactos Positivos Evaluados** | **Valor Beneficios Ambientales ($)** |
| **Servicios de Provisión** | Beneficios representados en bienes que se obtienen de los ecosistemas como alimentos, fibras, maderas, leña, agua, suelo, recursos genéticos, pieles, mascotas, entre otros. Bienes que ofrece la naturaleza de forma directa para suplir las necesidades básicas. | Afectación de la actividad Pecuaria | 779.935.324 |  |  |
| **Total Servicios de Provisión** | | | **779.935.324** |  | **0** |
| **Servicios de Regulación y Soporte** | **De Regulación**. Beneficios que se obtienen de la regulación de los procesos de los ecosistemas. Son la expresión del equilibrio en los procesos biológicos del ecosistema y el buen funcionamiento de los mismos. Son servicios y procesos ecológicos necesarios para el aprovisionamiento y existencia de los demás servicios ecosistémicos. Estos servicios se evidencian a escalas de tiempo y espacio mucho más amplias que los demás. **De Soporte.** También llamados Servicios Base, son aquellos procesos ecológicos que ocurren dentro los ecosistemas y que benefician de forma indirecta. Sin ellos la naturaleza sería incapaz de ofrecer todos los demás bienes y servicios que afectan directa o indirectamente a la especie humana; es decir los servicios de Provisión, de Regulación y Culturales. | Alteración del régimen de escorrentía | 102.624.574 | Compensacion Forestal + Compensacion por Pérdida Biodiversidad - Recuperacion de la regulación hídrica | 738.956.302 |
| Alteración del régimen natural de retención de sedimentos | 77.740.000 | Compensacion Forestal + Compensacion por Pérdida Biodiversidad- Recuperacion de la capacidad de retención de sedimentos | 576.249.472 |
| Disminución de la capacidad de captura de CO2 | 5.053.782 | Compensacion Forestal + Compensacion por Pérdida Biodiversidad- Recuperacion de la captura de CO2 | 36.390.156 |
| Recurso Boscoso | 7.214.843 |  | 98.937.505 |
| **Total Servicios de Regulación y Soporte** | | | **192.633.199** |  | **1.450.533.434** |
| **TOTAL** | | | **972.568.523** |  | **1.450.533.434** |
|  |  | **B/C** | **1,49** |  |  |

Fuente: Autopista Rio Magdalena S.A.S., 2016.

El cálculo de la Relación B/C aplicado únicamente a los costos y beneficios sobre los ecosistemas estratégicos, da como resultado **1,49** lo que refuerza la viabilidad del proyecto en términos ambientales.

## SOSTENIBILIDAD

Las metodologías del DNP y de las entidades internacionales contemplan dentro de sus lineamientos para evaluar los proyectos, como factores de éxito, que se constituyen en elementos esenciales para garantizar su sostenibilidad los siguientes: Apropiación por los beneficiarios; Política de apoyo por parte del Gobierno Local y Nacional; Tecnologías apropiadas; Aspectos socioculturales favorables; Igualdad entre mujeres y hombres; Capacidades institucionales y de gestión; Protección del medio ambiente y Sostenibilidad económica y financiera.

Particularmente la sostenibilidad se establece como un componente identificativo de todo proyecto de desarrollo. Bajo la sostenibilidad se entiende la posibilidad de darle continuidad a los efectos positivos del proyecto, una vez que este haya finalizado. Dentro de los criterios para garantizar la sostenibilidad y que se deben evaluar para validar un proyecto, está la autonomía financiera.

Los factores de viabilidad también llamados de sostenibilidad se han incluido para evaluar los proyectos con el fin de valorar la coherencia y calidad del diseño de una intervención. La viabilidad o sostenibilidad hace referencia básicamente a la capacidad de permanencia en el tiempo de los efectos de un proyecto.

En concordancia con estos factores, el proyecto Construcción de la Variante Puerto Berrío en los Departamentos de Antioquia y Santander, muestra un Indicador de Relación Costo / Beneficio de **1,05**, que lo califica como viable y sostenible, desde la perspectiva de la evaluación económica de los costos y beneficios ambientales derivados de su ejecución, puesto que el valor de los beneficios supera el de los costos, lo que se traduce en impulso al desarrollo económico local y regional y en la elevación de los niveles de bienestar de las poblaciones involucradas.

Por tanto, las inversiones destinadas a la ejecución del proyecto Vial de la Construcción de la Variante Puerto Berrío en los Departamentos de Antioquia y Santander, tendrían un adecuado y oportuno retorno en el tiempo y la intervención cumple con los objetivos para los cuales se planteó.

1. Una relación de los impactos ambientales comprende:

   * **Impactos sobre la Población** Incremento o disminución de la morbilidad o mortalidad, la productividad laboral, los costos de tratamientos, de la presencia de olores, visibilidad y riesgos de accidentes.
   * **Impactos sobre la Infraestructura** Disminución y/o mantenimiento de la vida útil, tratamiento o mantenimiento de la infraestructura de vivienda, desvalorización de infraestructuras, pérdida de vida útil.
   * **Impactos sobre el ecosistema** Disminución o aumento de la productividad pesquera, forestal y agropecuaria, capacidad de uso recreacional, disminución de biodiversidad, estabilidad biológica y estética paisajística, servicios funcionales, producción y recarga hídrica, protección contra erosión y purificación del aire.

   [↑](#footnote-ref-1)
2. MAVDT. CEDE. U de los Andes. Evaluación Económica de Impactos Ambientales en Proyectos. [↑](#footnote-ref-2)
3. Centro de Estudio para el Desarrollo (CED). Valoración Económica del Daño Ambiental, Universidad de Chile, 2003. [↑](#footnote-ref-3)
4. Se puede definir como la manera de encontrar la forma menos costosa y más efectiva de lograr los objetivos de conservación o algún otro tipo. (Dixon y Pagiola et. al. 2009). [↑](#footnote-ref-4)
5. Para un mayor detalle sobre estos tipos de impactos revisar el Manual Técnico de Valoración Económica de Impactos Ambientales CEDE – MAVDT, 2010. [↑](#footnote-ref-5)
6. Los impactos internos son aquellos derivados de acciones tomadas para producir o consumir un bien y que pueden ser reflejados en su costo o precio o si afectan sólo en las actividades de producción o consumo; mientras los externos se refieren a aquellos que no se pueden reflejar en precios o que la afectación no puede ser compensada (Asian Development Bank, 1996). [↑](#footnote-ref-6)
7. Franja definida en la Ley 1228 de 2008, artículo 2°, del Ministerio de Transporte. [↑](#footnote-ref-7)
8. Las características del AC, así como los insumos utilizados para la valoración, la estructura de la encuesta se describió en el numeral 12.5.3.1. [↑](#footnote-ref-8)
9. En este ejercicio se supone que la “situación sin proyecto”, es una zona con bosques naturales fragmentados y de galería, por lo que la “situación con proyecto” es la misma zona pero deforestada, con suelos desprotegidos y por lo tanto con procesos erosivos que afectan los servicios ambientales que presta. [↑](#footnote-ref-9)
10. Parte de la infiltración fluye a los ríos y se convierte nuevamente en fuente superficial disponible en el punto de entrega. [↑](#footnote-ref-10)
11. Teoría estadística de los procesos cuya evolución en el tiempo es aleatoria. [↑](#footnote-ref-11)
12. Con el fin de establecer el valor en dólares del C02 capturado por los bosques plantados, se consultaron varias fuentes, **Chicago Climate Exchange**: en operación desde diciembre del 2003; señala que el precio ha fluctuado desde $0.90 hasta los $2.10 dólares por tonelada de CO2 (datos a junio de 2005). En general, los compradores de los **Bonos de Carbono** son empresas privadas de países desarrollados, aunque también algunos países han establecido directamente poderes de compra. En este momento se establece una negociación entre compradores y vendedores donde se discuten la magnitud de las emisiones reducidas, los plazos de reducción, los precios, el calendario de pago y las sanciones por incumplimiento entre otros. Una vez llevado a cabo el proyecto, una segunda entidad operacional independiente, verifica y cuantifica la reducción de emisiones efectiva.

    El mercado de carbono se viene desarrollando a nivel mundial desde 1996, pero sólo en los últimos años adquirió mayor fuerza. Se estima que sólo en el año 2002 se transaron bonos equivalentes a 70 millones de toneladas. Actualmente, la reducción de una tonelada CO2 tiene un precio en el mercado de Bonos de Carbono entre 10 y 15 dólares. Como se puede observar, los **Bonos de Carbono** son un mecanismo internacional de descontaminación para reducir las emisiones contaminantes al medio ambiente.

    Luego de revisar esas fuentes y de conocer las cifras que maneja el Banco Mundial, se encontró que hasta el 2005 el Banco mundial utilizaba 5 dólares por ton de CO2 y la consultoría estimó este valor como un promedio de las otras fuentes consultadas y se adoptó para la estimación del valor de los beneficios por captura de CO2. [↑](#footnote-ref-12)
13. Decreto 1900 de 2006. [↑](#footnote-ref-13)
14. Conafor. Comisión Nacional Forestal [↑](#footnote-ref-14)
15. MADS. Dirección de Bosques [↑](#footnote-ref-15)