

**FORMULACIÓN DE GUÍA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN  
ECONÓMICA AMBIENTAL EN PROYECTOS DEL SECTOR DE  
CONSTRUCCIÓN (CANTERAS)**

**JUAN SEBASTIÁN RIVERA MONCADA  
WILMER LEANDRO ROA ORJUELA**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
BOGOTÁ, COLOMBIA  
2019**

**FORMULACIÓN DE GUÍA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL  
EN PROYECTOS DEL SECTOR DE CONSTRUCCIÓN (CANTERAS)**

**JUAN SEBASTIÁN RIVERA MONCADA  
WILMER LEANDRO ROA ORJUELA**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIEROS AMBIENTALES**

**DIRECTOR: JUAN JOSÉ VARGAS OSORIO  
INGENIERO AMBIENTAL  
MSc ECONOMÍA DEL MEDIO AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
BOGOTÁ, COLOMBIA  
2019**

# TABLA DE CONTENIDO

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| <b>1.</b> | <b>INTRODUCCIÓN.....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2.</b> | <b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>   | <b>2</b>  |
| <b>3.</b> | <b>OBJETIVOS .....</b>   | <b>3</b>  |
| 3.1.      | OBJETIVO GENERAL .....   | 3         |
| 3.2.      | OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....  | 3         |
| <b>4.</b> | <b>MARCO TEÓRICO .....</b>   | <b>4</b>  |
| 4.1.      | VALORACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL:.....   | 4         |
| 4.2.      | ANÁLISIS DE INTERNALIZACIÓN DE IMPACTOS: .....   | 4         |
| 4.2.1.    | <i>Impactos sin internalizar:</i> .....  | 4         |
| 4.2.2.    | <i>Impactos internalizados:</i> .....  | 5         |
| 4.2.3.    | <i>Servicios ecosistémicos - SSEE:</i> .....   | 5         |
| 4.2.4.    | <i>SSEE y bienestar humano:</i> .....  | 5         |
| 4.3.      | METODOLOGÍAS VEA: .....  | 6         |
| 4.3.1.    | <i>Metodologías basadas en preferencias reveladas:</i> .....   | 6         |
| 4.3.2.1.  | Método de cambios en la productividad:.....  | 7         |
| 4.3.3.    | <i>Metodologías basadas en costos actuales y potenciales:</i> .....  | 7         |
| 4.3.3.1.  | Enfoque de costos de remplazo, proyecto sombra y método de costos evitado:.....  | 8         |
| 4.3.3.2.  | Enfoque costos de remplazo: .....  | 8         |
| 4.3.3.3.  | Proyecto sombra: .....   | 8         |
| 4.3.3.4.  | Método de costos evitados: .....   | 8         |
| 4.3.4.    | <i>Metodologías basadas en preferencias declaradas</i> .....   | 9         |
| 4.3.4.1.  | Método de valoración contingente (MVC): .....  | 9         |
| 4.3.4.2.  | Método de elección contingente (ConJoint): .....   | 9         |
| 4.3.5.    | <i>Metodologías de transferencia de beneficios</i> .....   | 10        |
| 4.3.5.1.  | Transferencia de valores fijos:.....   | 10        |
| 4.3.5.2.  | Transferencia de medidas de tendencia central:.....  | 10        |
| 4.3.5.3.  | Transferencia de funciones: .....  | 10        |
| 4.4.      | CANTERAS EN COLOMBIA. ....   | 11        |
| 4.5.      | CANTERA DE ROCA.....   | 11        |
| 4.6.      | Descripción de las maquinas, equipos y herramientas.....   | 11        |
| 4.7.      | Proceso productivo.....  | 14        |
| <b>5.</b> | <b>METODOLOGÍA .....</b>   | <b>16</b> |
| 5.1.      | FASE I - INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS CRITERIOS TÉCNICOS EMITIDOS POR LA ANLA PARA EL USO DE HERRAMIENTAS DE VALORACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL: ..... | 16        |
| 5.2.      | FASE II - ANÁLISIS DE INTERNALIZACIÓN DE IMPACTOS EN LOS ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL: .....  | 16        |
| 5.3.      | FASE - III EVALUACIÓN LAS TÉCNICAS DE VALORACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL (VEA): .....  | 17        |
| 5.4.      | FASE IV- REVISIÓN DE LOS CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LA GUÍA METODOLÓGICA Y ELABORACIÓN DE LA GUÍA: ...  | 17        |
| <b>6.</b> | <b>DESARROLLO METODOLÓGICO .....</b>   | <b>19</b> |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 6.1.      | FASE I - INTERPRETACIÓN DE LOS CRITERIOS TÉCNICOS EMITIDOS POR LA ANLA PARA EL USO DE HERRAMIENTAS DE VALORACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL: ..... | 19        |
| 6.1.1.    | <i>Criterios para la identificación de impactos ambientales significativos: .....</i>   | 20        |
| 6.1.1.1   | <i>Nivel de importancia o significancia en la jerarquización de impactos: .....</i>   | 21        |
| 6.1.1.2   | <i>Análisis de internalización de impactos: .....</i>   | 21        |
| 6.1.1.3   | <i>Presencia de elementos ecológicos vulnerables: .....</i>   | 22        |
| 6.1.2     | <i>Jerarquización de impactos ambientales internalizables y no internalizables.....</i>   | 22        |
| 6.1.2.1   | <i>Impactos ambientales internalizables: .....</i>  | 22        |
| 6.1.2.2   | <i>Impactos ambientales no internalizables:.....</i>  | 23        |
| 6.1.2.3   | <i>Metodología para el análisis de internalización:.....</i>  | 23        |
| 6.1.3     | <i>Cuantificación biofísica de los cambios en los SSEE.....</i>   | 24        |
| 6.1.3.1   | <i>Identificación de los SSEE: .....</i>  | 24        |
| 6.1.3.2   | <i>Cuantificación biofísica:.....</i>   | 25        |
| 6.1.4     | <i>Análisis de internalización .....</i>  | 25        |
| 6.1.5     | <i>Valoración económica para impactos no internalizables .....</i>  | 30        |
| 6.1.5.1   | <i>Aspectos metodológicos para la VEA.....</i>  | 30        |
| 6.1.5.2   | <i>Estrategia para la EEA como parte del EIA y del seguimiento de la licencia ambiental.....</i>  | 31        |
| 6.1.5.3   | <i>Estrategia de desarrollo de la VEA .....</i>   | 31        |
| 6.1.6     | <i>Análisis costo – beneficio en el capítulo de evaluación ambiental del EIA.....</i>   | 32        |
| 6.1.6.1   | <i>Estrategia para el análisis ACB en evaluación de impactos no internalizables .....</i>   | 32        |
| 6.1.6.2   | <i>Cálculo y comparación de la Relación Beneficio Costo .....</i>   | 33        |
| 6.2       | FASE II - ANÁLISIS DE INTERNALIZACIÓN DE IMPACTOS EN LOS ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL: .....   | 37        |
| 6.2.1     | <i>Análisis de la matriz de identificación de impactos: Matriz de Leopold. ....</i>   | 37        |
| 6.2.2     | <i>Identificación de los SSEE involucrados: .....</i>   | 40        |
| 6.2.3     | <i>Cuantificación biofísica.....</i>  | 44        |
| 6.2.4     | <i>Medida de manejo seleccionada e indicadores asociados .....</i>  | 46        |
| 6.2.5     | <i>Resultados esperados de la medida .....</i>  | 47        |
| 6.2.6     | <i>Costos ambientales anuales .....</i>   | 48        |
| 6.3       | FASE III - EVALUACIÓN LAS TÉCNICAS DE VALORACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL (VEA):.....  | 49        |
| 6.4       | FASE IV - REVISIÓN DE LOS CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LA GUÍA METODOLÓGICA Y ELABORACIÓN DE LA GUÍA: .....                                  | 56        |
| <b>7</b>  | <b>IMPACTO SOCIAL .....</b>   | <b>56</b> |
| <b>8</b>  | <b>ANÁLISIS Y RESULTADOS.....</b>   | <b>57</b> |
| <b>9</b>  | <b>CONCLUSIONES.....</b>  | <b>60</b> |
| <b>10</b> | <b>RECOMENDACIONES .....</b>  | <b>62</b> |
| <b>11</b> | <b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>   | <b>63</b> |

# LISTA DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <i>Tabla 1.</i> Análisis de internalización de impactos en la evaluación ex ante. ....                    | 27 |
| <i>Tabla 2.</i> Resultados del análisis de internalización de impactos en la evaluación ex ante. ....     | 28 |
| <i>Tabla 3.</i> Interpretación del indicador VPN. ....  | 35 |
| <i>Tabla 4.</i> Interpretación del indicador RBC.....   | 36 |
| <i>Tabla 5.</i> Impactos más relevantes según los casos de estudio.....                                   | 37 |
| <i>Tabla 6.</i> Clasificación del número de impactos negativos producto de la extracción de arcillas..... | 39 |
| <i>Tabla 7.</i> Nivel de significancia de impactos negativos. ....  | 39 |
| <i>Tabla 8.</i> Relación SSEE-indicador. ....   | 45 |
| <i>Tabla 9.</i> Listado de impactos internalizables y no internalizables.....                             | 47 |
| <i>Tabla 10.</i> Ficha # 1 remoción de la capa orgánica. ....   | 49 |
| <i>Tabla 11.</i> Ficha # 2 pérdida de agroecosistemas. ....   | 50 |
| <i>Tabla 12.</i> Ficha # 3 agotamiento de recurso hídrico.....  | 51 |
| <i>Tabla 13.</i> Ficha # 4 afectación de aguas superficiales y subterráneas.....                          | 53 |
| <i>Tabla 14.</i> Ficha #5 contaminación atmosférica por material particulado.....                         | 54 |
| <i>Tabla 15.</i> Ficha # 6 contaminación por ruido. ....  | 55 |

## LISTA DE ILUSTRACIONES

|   |    |
|---|----|
| <i>Ilustración 1.</i> Tractor o cargador del material. .... | 12 |
| <i>Ilustración 2.</i> Escavadora.....                       | 12 |
| <i>Ilustración 3.</i> Camión de volteo. ....                | 12 |
| <i>Ilustración 4.</i> Martillo hidráulico.....              | 13 |
| <i>Ilustración 5.</i> Retroexcavadora o Pajarita. ....      | 13 |
| <i>Ilustración 6.</i> Trituradora.....                      | 14 |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <i>Figura 1.</i> Estructura secuencial para la EEA.....  | 19 |
| <i>Figura 2.</i> Estructura de costos y beneficios. .... | 33 |

## LISTA DE ECUACIONES

|  |    |
|--|----|
| <i>Ecuación 1.</i> Ecuación para la estimación de costos ambientales. ....             | 27 |
| <i>Ecuación 2.</i> Estimación del VPN de los costos ambientales. ....                  | 29 |
| <i>Ecuación 3.</i> Cálculo del VPN - Diferencial entre beneficios y costos.....        | 35 |
| <i>Ecuación 4.</i> Cálculo del Valor Presente Neto y la Relación Beneficio Costo. .... | 36 |
| <i>Ecuación 5.</i> Estimación de los costos ambientales. ....                          | 49 |

## Lista de abreviaturas

| <b>Abreviatura</b> | <b>Término</b>   |
|--------------------|--|
| <i>ACB</i>         | Análisis costo-beneficio   |
| <i>ANLA</i>        | Autoridad Nacional de Licencias Ambientales  |
| <i>ConJoint</i>    | Método de elección contingente   |
| <i>CAR</i>         | Corporación Autónoma Regional  |
| <i>DaP</i>         | Disponibilidad a Pagar   |
| <i>DANE</i>        | Departamento Administrativo Nacional de Estadística  |
| <i>Eci</i>         | Costos ambientales anuales   |
| <i>EEIA</i>        | Estudios de Evaluación de Impactos Ambientales   |
| <i>EEA</i>         | Evaluación Económica Ambiental   |
| <i>EIA</i>         | Estudio de Impacto Ambiental   |
| <i>EITI</i>        | La Iniciativa para la Transparencia de las Industrias Extractivas                            |
| <i>IA</i>          | Impactos Ambientales   |
| <i>ICA</i>         | Informe de Cumplimiento Ambiental  |
| <i>LA</i>          | Licencia Ambiental   |
| <i>MCV</i>         | Método de valoración contingente   |
| <i>MADS</i>        | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible   |
| <i>PMA</i>         | Plan de Manejo Ambiental   |
| <i>PNGIBSE</i>     | Política Nacional Para La Gestión Integral De La Biodiversidad Y Sus Servicios Ecosistémicos |
| <i>POT</i>         | Plan de Ordenamiento Territorial   |
| <i>SSEE</i>        | Servicios ecosistémicos  |
| <i>TSD</i>         | Tasa Social de Descuento   |
| <i>VET</i>         | Valor Económico Total  |
| <i>VPN</i>         | Valor Presente Neto  |
| <i>VUD</i>         | Valor de Uso Directo   |

## RESUMEN

El presente documento tuvo como objetivo central presentar una herramienta que permita realizar la Evaluación Económica Ambiental (en adelante EEA) de los impactos asociados a la extracción de materiales de construcción en el sector minero, la cual es un componente obligatorio dentro del Estudio de Impacto Ambiental (en adelante EIA) en todos los proyectos de desarrollo económico que requieran de licencia ambiental. El estudio inicio con la interpretación de los criterios técnicos y procesos fundamentales que establece el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (en adelante MADS), seguido de un análisis detallado de la etapa de internalización de impactos relevantes y de valoración económica, estas dos etapas según la revisión de las guías técnicas y metodológicas son las que requieren mayor interpretación, al igual, se realizó una descripción de todas las etapas de la EEA para el entendimiento de profesionales o técnicos de cualquier área, encargados de la generación de los EIA. Lo anterior, se hizo con el fin de facilitar el entendimiento y reducir los tiempos de la elaboración de este capítulo del EIA. La interpretación de la información presentada en el documento objeto de estudio "*Criterios Técnicos para el uso de Herramientas Económicas en los Proyectos*", *Obras o Actividades Objeto de Licenciamiento Ambiental*, permitió evidenciar que, a pesar que existe una gran cantidad de información importante y necesaria, realmente los criterios no son presentados como una guía secuencial que muestre a través de un hilo conductor cuales y como se usan las herramientas económicas desde el desarrollo de la línea base hasta el momento de realizar la valoración económica ambiental. El fin de formular esta guía es lograr que; los impactos producto de los procesos de explotación sean valorados de manera apropiada y que, mediante su uso y aplicación se simplifique el desarrollo de los documentos para la evaluación de impactos ambientales enmarcados dentro de los parámetros y requerimientos que se establecen para solicitar el licenciamiento ambiental, reduciendo tiempo y mejorando la efectividad de este tipo de herramientas. Finalmente, las medidas para el manejo de impactos demostraron la posibilidad de internalizar impactos como la fragmentación de hábitat, desestabilización de taludes y afectación de la calidad visual mediante la ejecución de medidas específicas; mientras que, en impactos relacionados con la calidad del aire, aguas superficiales y subterráneas, y la remoción de capas orgánicas, fue necesario la búsqueda de las metodologías idóneas para valoración económica ambiental.

### **Palabras clave:**

*Valoración Económica Ambiental (VEA), Estudios de Impacto Ambiental (EIA), Internalización de impactos, Impactos ambientales, Servicios Ecosistémicos (SSEE).*

## ABSTRACT

The present document was to present a tool that allows the Environmental Economic Assessment (here in after referred to as the EEA) of the impacts associated with the extraction of construction materials in the mining sector, which is a mandatory component within the Environmental Impact Study (here in after EIs) in all economic development projects that require an environmental license. The study began with the interpretation of the technical criteria and processes established by the Ministry of the Environment and Sustainable Development (here in after MADS), followed by a detailed analysis of the stage of internalization of relevant impacts and economic valuation, these two stages that according to the revision of the technical and methodological guides are those that require further interpretation, as well, there as a description of all stages of the EEA for the understanding of professionals or technicians in any area, responsible for the generation of the EIA. The above was made in order to facilitate the understanding and reduce the time of the elaboration of this chapter of the EIA. The interpretation of the information presented in the document object of study "technical criteria for the use of economic tools in the projects, activities or works" that are the subject of environmental licensing, allowed to show that, despite the fact that there is a large amount of information necessary and important; the criteria is not presented as a sequential guide that shows through a thread which and how to use economic tools from the development of the base line until the time of the economic assessment of the environment. In order to formulate this guide is important to achieve that; impacts product of the processes of exploitation are valued in an appropriate manner and that, through its use and application to simplify the development of the documents for the assessment of environmental impacts are framed within the parameters and requirements that are set to request the environmental licensing, reducing time and improving the effectiveness of this type of tools. Finally, the measures for the management of impacts demonstrated the possibility of internalising impacts such as habitat fragmentation, destabilization of slopes and affectation of the visual quality through the implementation of specific measures; whereas, for the impacts such related to air quality, surface water and groundwater and the removal of organic layers, was necessary to the search for the best methods for environmental economic valuation.

**Key Words:** *Environmental Economic Assessment (VEA), Environmental Impact Studies (EIA), Internalization of impacts, Environmental impacts, Ecosystem Services (SSEE).*

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, en Colombia, desde la puesta en marcha del Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 y 2014-2018, con su estrategia “Locomotora Minera” como actividad para el desarrollo y crecimiento económico, la problemática ambiental en los sectores con potencial minero se ha agudizado, debido a, que los proyectos tienen el carácter de utilidad pública e interés social nacional, y las entidades territoriales encargadas de la gobernabilidad están en riesgo, a razón de esto, la planificación sobre sus territorios se ve limitada, y más aún cuando estos proyectos de desarrollo económico no cuentan con actividades de prevención, corrección, compensación o mitigación de los impactos ambientales que genera este tipo de proyectos. La disminución en el tiempo de los trámites para obtener permisos para explotación y licencias ambientales han fortalecido la institucionalidad minera que ampara el título minero, dado que, permite que las medidas jurídicas favorezcan la cesión de terrenos con potencial o derechos a favor del titular de la concesión minera [1]. La valoración adecuada para del uso de los recursos sin retribución económica alguna en muchos de los proyectos contemplan medidas de manejo planteadas que no logran la prevención o corrección de los impactos relacionados, el Grupo de Valoración Económica de la ANLA en el 2016 propuso mejoras a la herramienta para generar sinergias con el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible para calcular los costos ambientales del desarrollo, dado que la ANLA tiene como meta evaluar la viabilidad económica ambiental de más de 100 solicitudes anuales de proyectos sujetos de licenciamiento ambiental [2].

El fortalecimiento de la institucionalidad minera tiene una gran desventaja, esta no se debe al volumen de explotaciones mineras que se pueden encontrar en las zonas con potencial minero y las zonas donde se realice cualquier actividad de explotación, bien sea, minería legal o ilegal, sino a que la “locomotora minera” a su paso va dejando un sinnúmero de impactos ambientales como: remoción de la capa orgánica, pérdida de agro ecosistemas, agotamiento y afectación al recurso hídrico, contaminación atmosférica por ruido y generación de gases contaminantes, que no son compensados de ninguna forma y se acumulan en el tiempo como pasivos ambientales, esto genera repercusiones sobre las personas y el ecosistema aledaño a las zonas de extracción poniendo en riesgo los recursos naturales disponibles para las generaciones futuras y la salud de las personas que conviven con las alteraciones de su ambiente [3].

La propuesta metodológica para la valoración económica de impactos ambientales a desarrollar pretende generar una guía bajo el marco de desarrollo sostenible, que beneficie tanto a los productores como a las personas que reciben los impactos directos de la actividad económica. Esta propuesta se enfoca en brindar las herramientas adecuadas para valorar impactos ambientales con base en la relación que tiene cada impacto con las diferentes metodologías de valores de uso directo, indirecto y no uso. El desarrollo del proyecto se realizará a través de la identificación los impactos más relevantes que se generan en la minería, evaluando las metodologías que más se aproximan al valor económico total de los impactos y mediante el diseño de una herramienta de consulta, que con base a la relación existente entre las metodología-impacto (pueden ser los mismos a medida que cambia la zona de estudio, pero cambian en magnitud), sea posible extrapolar la herramienta para valorar los impactos de cualquier actividad generadora de cambios en el ambiente.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, la valoración económica ambiental esta soportada por una serie de referentes como: documentos institucionales que hacen parte la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (en adelante ANLA), la cual establece una serie de herramientas teóricas y metodológicas que brinda la economía para complementar y mejorar la calidad de los procesos de evaluación ambiental [4]. El aumento en las solicitudes anuales de proyectos sujetos de licenciamiento ambiental trae consigo el planteamiento de nuevas guías técnicas para la implementación de la EEA exigidas a las empresas, esto se debe a que los profesionales que se encargan de ejecutar esta labor no cuentan con las herramientas necesarias para abordar esta temática [5]. A parte de eso, la ANLA en los reportes de eficiencia y gestión incluye únicamente la regulación de las actividades mineras bajo escenarios de legalidad, pero a finales del año 2012 la personería de Bogotá abre una investigación disciplinaria a la explotación de canteras, pues la falta de control fomenta la explotación irracional y la evasión del pago de regalías, lo que resulta importante es que el 92% de las actividades mineras desarrolladas en el distrito son de tipo ilegal [6].

Por otro lado, las instituciones ambientales como las Corporaciones Autónomas Regionales, dentro de su estructura organizacional no cuentan con personal idóneo para realizar la evaluación de la EEA, lo que dificulta el análisis económico en este contexto [5]. Dada esta falencia se hace necesario el desarrollo de guías técnicas que sean eficientes y permitan atender las situaciones específicas de un sector, en lo que respecta a la necesidad de cuantificar los servicios ambientales es de suma importancia realizar una buena evaluación económica de impactos ya que estas proyectan un valor estimado de la disposición a aceptar, desde una contraprestación por las comunidades al momento de ejecutar un proyecto, obra o actividad en el sector minero y que sean dirigidas a el área encargada para el desarrollo de la EEA por las empresas interesadas en actividades mineras [7]. Además, la valoración económica de los impactos ambientales se incluye como unos de los componentes de los estudios de impacto ambiental a los cuales están sujetos todos los proyectos que requieran de licenciamiento ambiental [8].

El fundamento del problema radica en los impactos no internalizables, los cuales tienen que ser valorados por generar afectaciones a los flujos de servicios ecosistémicos (en adelante SSEE) y por ende modifican el bienestar de las personas, deben priorizar el interés a nivel nacional y regional de contar con una herramienta que asocie los impactos más relevantes del sector minero con las metodologías idóneas para valorar impactos ambientales y así optimizar las falencias que se tiene y dar un uso adecuado a los recursos [9]. Por último, en el año 2000 se registró en el documento titulado “La situación actual de la explotación de canteras en el distrito capital” que de cada 1000 fuentes situadas en la sabana de Bogotá el 28.5% solicitaron licencia ambiental, el 85% no cuenta con permisos de explotación y el 95% no ha recibido amonestación alguna, y hasta el año 2012 la situación no presento ningún proceso sancionatorio, por ello, en el 2012 se abrió una investigación disciplinaria, entonces, el problema no radica únicamente en si las empresas realizan bien o mal sus actividades, sino también, en que las autoridades ambientales competentes no hacen el seguimiento y control que debe ameritar uno de los proyecto claves en el desarrollo del país [6].

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1.Objetivo General**

Diseñar una herramienta que permita realizar la evaluación económica de los impactos ambientales generados por la extracción de materiales de construcción o canteras.

#### **3.2.Objetivos Específicos**

- Analizar la estructura y criterios de las etapas para realizar EEA en los estudios ambientales propios de licenciamiento ambiental.
- Identificar los impactos ambientales susceptibles de incluir en la EEA y categorizar los que requieren de valoración económica ambiental mediante el análisis de internalización.
- Establecer las técnicas a utilizadas por el sector minero para valorar económicamente los impactos ambientales del sector de las canteras.
- Generar una herramienta para el sector minero que comprenda las herramientas y metodologías idóneas para el desarrollo de la EEA en un EIA.

## **4. MARCO TEÓRICO**

### **4.1. Valoración económica ambiental:**

La valoración económica ambiental significa poder contar con un indicador de la importancia del ambiente en el bienestar social, y este indicador debe permitir compararlo con otros componentes del mismo” [10]. La valoración económica del ambiente consiste en la búsqueda de la DaP por evitar los costos ambientales u obtener los beneficios ambientales utilizando con insumo de información los mercados asociados a los diferentes proyectos de desarrollo económico. La valoración económica ambiental se hace necesaria a la hora de revelar el verdadero costo del uso y escasez de los recursos naturales [11]. Este proceso se centra en la cuantificación de la disponibilidad social a pagar a partir en base a la disponibilidad individual que pueden expresar los usuarios o no usuarios de los recursos naturales. Para llevar a cabo una valoración reveladora se requiere considerar algunos factores como las características del grupo de personas afectadas y el espacio temporal, para que se refleje en términos cuantitativos las preferencias individuales por los bienes ambientales o la disposición a aceptar por la pérdida de calidad ambiental [12].

### **4.2. Análisis de internalización de impactos:**

La internalización de impactos es la consecuencia de las externalidades que se generan en un proyecto obra o actividad, es decir que para interpretar el término de “internalizar” es necesario entender el concepto de externalidad, en el contexto ambiental la externalidad es el producto no deseado de cualquier actividad antropogénica la cual conlleva a la generación de efectos negativos o positivos que irrumpen en el bienestar de la comunidad o en el ambiente y estos no tiene una compensación económica [13]. Por ende, la internalización es la actividad que busca contrarrestar los efectos de las externalidades negativas de un proyecto, obra o actividad. Entonces la externalidad será internalizada si se logra restaurar, restituir o retornar a los niveles de bienestar afectados en una comunidad o entorno, ya sea por medio de la implementación de tecnologías, medidas que prevengan o corrijan la afectación generada [14].

Para el análisis de internalización es necesario partir desde la jerarquización de los impactos: impactos sin internalizar y los impactos internalizados.

#### **4.2.1. Impactos sin internalizar:**

Son aquellas externalidades negativas producto de una actividad y que no se le ha implantado medidas de manejo, a su vez se tienen los impactos que han sido sujeto de medidas de manejo de mitigación las cuales han permitido reducir su efecto externo. Empero, de lo anterior, todos aquellos impactos que persistan una vez se han planificado todas las medidas efectivas de prevención y mitigación serán considerados como impactos

ambientales residuales, que deben ser valorados económicamente mediante metodologías de preferencias reveladas o declaradas [14] [13].

#### **4.2.2. Impactos internalizados:**

Son aquellos impactos que son reversibles o totalmente controlables, por medio de alguna tecnología o mediante la aplicación de medidas de manejo con el fin de ser corregido, prevenido o evitado, y por ende no deben sujetarse a valoración económica; no obstante, para ellos, se debe presentar la información sobre los costos de internalización, la cual debe ser incorporada como medida de manejo en el estudio de impactos ambientales en adelante (EIA) [14] [13].

#### **4.2.3. Servicios ecosistémicos - SSEE:**

Son todas las contribuciones directas e indirectas que hacen los ecosistemas al bienestar humano, se representan en elementos o funciones derivadas de los ecosistemas que son percibidas, capitalizadas y disfrutadas por el ser humano como beneficios que incrementan su calidad de vida [3].

De acuerdo con el informe Millennium Ecosystem Assessment del 2005, los SSEE pueden ser de 4 tipos: 1) De aprovisionamiento, bienes y productos que se obtienen de los ecosistemas como alimentos, madera, agua, leña y fibras, entre otros. 2) De regulación, resultante de la regulación de procesos ecosistémicos como regulación del clima, purificación del agua y mantenimiento de la calidad del aire. 3) De soporte, procesos y servicios ecológicos necesarios para el aprovisionamiento y existencia de los demás servicios (se evidencia en grandes escalas de tiempo) como la formación del suelo, el ciclado de nutrientes y la producción de hábitat para las especies. 4) Culturales, son los beneficios no materiales como el enriquecimiento espiritual y la inspiración artística, entre otros [15].

#### **4.2.4. SSEE y bienestar humano:**

El bienestar de los seres humanos depende de la satisfacción de necesidades básicas como el alimento o el abrigo, y necesidades específicas tales como sentirse seguro, saludable y aceptado socialmente [16]. Por ejemplo, la seguridad puede verse afectada por el cambio en los servicios de aprovisionamiento; cuando hay aumento de la demanda de alimentos y se mantiene estable o disminuye la oferta, incrementando así la pérdida de bienestar y la probabilidad de ocurrencia de conflictos, y/o por cambios en los servicios de regulación que podrían afectar la frecuencia y magnitud de sequías, deslizamientos de tierra e inundaciones, entre otras catástrofes. Otro factor de bienestar como la salud también está relacionado fuertemente con la producción de alimentos y la regulación de la distribución de

insectos que transmiten enfermedades y de los irritantes y patógenos en el agua y el aire [17].

### **4.3. Metodologías VEA:**

Los métodos de valoración económica se pueden clasificar en dos grupos, los basados en preferencias declaradas que acuden a interacciones directas con las personas para obtener el valor económico de los SSEE, y los que se basan en preferencias reveladas que identifican los valores a través de información de mercados relacionados indirectamente con los SSEE [13].

#### **4.3.1. Metodologías basadas en preferencias reveladas:**

Los métodos indirectos de valoración económica aprovechan la relación existente entre la calidad ambiental y un bien o servicio del mercado, se caracterizan por estimar el valor de uso directo (en adelante VUD) o indirecto de los SSEE por tipo de uso bien sea para recreación, salud o como atributo de un área.

**4.3.1.1. Metodología de precios hedónicos:** Se utiliza el método de los precios hedónicos para estimar el valor de las amenidades ambientales que influyen sobre el precio de algún bien mercadeable, su principal aplicación es calcular la variación en el precio de las viviendas en base al valor de sus atributos ambientales, también aplica al mercado automóviles y salarios [18]. El objetivo de este método es determinar el conjunto de atributos que determinan el precio de un bien y su efecto en el valor de la propiedad en términos cuantitativos, suele aplicarse sobre las variaciones de los precios de las propiedades que reflejan en valor de los atributos locales, por ejemplo: Cambios en la calidad ambiental relacionada con las propiedades al desarrollar operaciones de un proyecto económico, rehabilitación de espacios públicos cercanos a propiedades, planes de mejora del entorno físico de las poblaciones pobres, valorizando así los predios [19].

#### **4.3.2. Metodologías basadas en precios de mercado:**

Este tipo de metodologías estiman los valores económicos de los productos y/o servicios de los ecosistemas que se compran y venden en los mercados comerciales, es utilizado para medir los cambios de valor por la calidad o cantidad de un bien o servicio. Existen tres metodologías de valoración económica basadas en precios de mercado [13].

**4.3.2.1. Método de cambios en la productividad:** Los bienes de carácter mercadeable, generalmente, determinan sus niveles y cambios en la productividad a través de la calidad de los bienes y servicios, dichos cambios en la productividad son producto de cambios en la calidad del ambiente lo que genera una pérdida de valor o ganancias en la producción [12]. Este método tiene como objetivo estimar funciones que midan la relación entre la presión que se ejerce sobre el medio ambiente como causa y los resultados específicos de la misma como efectos, a través de una relación matemática que muestra como un determinado cambio en los niveles de contaminación influye en la salud humana, los ecosistemas, el capital y la producción [18]. La aplicación de este método puede abarcar una amplia gama de problemas cuando el servicio ecosistémico tiene un valor directo como factor de producción y el impacto de la disminución de la calidad ambiental sobre la producción se puede medir. Existen algunos escenarios que pueden aplicarse para este enfoque:

- Erosión de suelos.
- Lluvia acida.
- Contaminación de pesca.
- Salinidad de tierras de cultivo.

La ventaja principal de esta metodología es que su aplicación se puede realizar de forma sencilla y los datos necesarios no son de difícil acceso, por lo que resultaría relativamente económica su aplicación comparada con otros métodos [13].

**4.3.2.2. Método del costo de la enfermedad (morbilidad) y Método del costo del capital humano (mortalidad):** los cambios en la calidad del ambiente pueden afectar la salud humana bien sea positiva o negativamente, estas afectaciones pueden evaluarse por los cambios en la frecuencia de la enfermedad, incremento en la presencia de síntomas, aumento en el riesgo de contraer una enfermedad, muerte prematura, etc. Este método estima la variación de los gastos incurridos por cada individuo en la respuesta a la incidencia de una enfermedad específica, bien sea costos indirectos como los salarios o directos como el costo de tratar la enfermedad y el costo de las visitas al médico, el enfoque capital humano hace referencia al cambio en la productividad por la muerte prematura o por el incremento de las expectativas de vida de una persona [13] [19]. Este método es utilizado con frecuencia para valorar cambios en el estatus de la sociedad cuando existen variaciones como ejemplo: la calidad del aire [12].

**4.3.3. Metodologías basadas en costos actuales y potenciales:**

**4.3.3.1. Enfoque de costos de remplazo, proyecto sombra y método de costos**

**evitado:** estas metodologías relacionan la estimación de los valores de los costos incurridos para remediar la afectación, no proporcionan medidas de los valores económicos basados en la disponibilidad a pagar de los individuos, sino que asumen que los costos de evitar los daños o la sustitución de ecosistemas, son estimaciones útiles del valor de los mismos. Eso se basa en que, si las personas incurren en gastos para eliminar los daños sobre los servicios de los ecosistemas o para sustituirlos, tales servicios tienen el valor de lo que la gente pagaría por remplazarlos [13].

**4.3.3.2. Enfoque costos de remplazo:**

se basa principalmente en que es posible medir los costos incurridos para remplazar los daños ocasionados por proyectos de desarrollo económico, la estimación realizada es el límite superior del valor de los daños, pero no mide realmente los beneficios de la protección ambiental. Es particularmente útil para evaluar los costos relacionados con activos tangibles, cuyos costos de remplazo se miden fácilmente, esta información entonces puede servir para decidir si es más eficiente dejar que ocurra el daño y pagar los costos de remplazo o invertir al inicio en prevención de la contaminación [20]. Este método solamente considera el gasto por compensar o devolverle al sistema su estado original a través de la intervención antrópica. Es un método de fácil aplicación dado que no requiere de modelos econométricos para su desarrollo y tiene una aplicabilidad diversa en varios campos como recursos forestales e hídricos [21].

**4.3.3.3. Proyecto sombra:**

este método busca la forma de reponer el daño provocado por un proyecto de desarrollo económico sin la necesidad de devolver el ambiente a su condición inicial, sino buscando la forma de compensar la pérdida de utilidad a causa de la disminución de la calidad ambiental mediante el desarrollo de otros proyectos que permitan llegar al nivel de utilidad inicial [5]. La metodología tiene por objetivo determinar los costos de los proyectos sombra que podrían llegar a ofrecer un servicio ambiental con el fin de compensar las pérdidas de los SSEE en situación de vulnerabilidad. [22].

**4.3.3.4. Método de costos evitados:**

este método utiliza un modelo dosis-respuesta para su estimación a partir de la modelación de funciones de producción, costo y utilidad. Corresponde al caso en que el bien o servicio ambiental evaluado no se comercia en el mercado, pero está asociado a un bien que si tiene mercado. El objetivo del método es calcular adicionales generados a los productores y consumidores como consecuencia de un impacto negativo, cuando es positivo se estiman los costos evitados gracias a una mejora en la calidad ambiental [5].

Existen dos enfoques para llevar a cabo el desarrollo de esta metodología, el primero se basa en información sobre la pérdida potencial de bienes que generaría

en la sociedad la de los servicios ambientales para estimar el costo que tendría que asumir la sociedad mediante modelos dosis-respuesta de las funciones de producción y costos de utilidad. El segundo es determinar si existen inversiones para proteger las características de los recursos [13].

#### **4.3.4. Metodologías basadas en preferencias declaradas**

Los métodos de valoración utilizados en estas metodologías son preferibles a los indirectos dado que involucran los valores de no uso. El enfoque se plantea para valorar bienes y servicios donde no se cuenta con ningún tipo de información de mercado que revele el valor de los mismos. La información se obtiene mediante encuestas a los usuarios actuales y potenciales de los bienes a través de escenarios de hipotéticos de valoración del bien o servicio, en donde se indaga por sus características socioeconómicas, niveles de ingresos, nivel de uso que le dan a recursos naturales, gastos monetarios y costos de oportunidad del tiempo que invierten en la actividad relacionada con el recurso natural, y a través de métodos estadísticos se estima un costo económico ambiental individual por afectación del ambiente natural o también beneficio económico por una mejora del recurso [13].

**4.3.4.1. Método de valoración contingente (MVC):** este tipo de metodologías busca estimar los cambios en el bienestar de las personas producto de cambios hipotéticos en un bien o servicio del ecosistema mediante la indagación con preguntas directas sobre la disponibilidad a pagar por dichos bienes o SSEE. Este se realiza por encuestas en donde se revela la disponibilidad a pagar o aceptar de la población por determinados servicios ambientales que no cuentan con un precio establecido en el mercado [23].

La aplicación de este método de valoración presenta muy buenos resultados siempre y cuando se tenga acceso a información primaria de calidad y en cantidad, y cuando en el diseño del mercado hipotético del bien o servicio ambiental objeto de evaluación se realice de forma adecuada [23]. Este método de valoración permita aplicarse para bienes y servicios que no pueden ser valorados con otros métodos, además, la estimación obtenida no solo involucra los valores de uno directos e indirectos y los de no uso, obteniendo así una estimación que corresponde al valor económico total.

**4.3.4.2. Método de elección contingente (ConJoint):** la valoración económica realizada con este método es similar al MVC pues también permite calcular el valor económico total, la diferencia es que este no indaga en las personas sobre valores en términos monetarios, por el contrario, los valores de deducen de las opciones hipotéticas o las elecciones que las personas hacen. El análisis ConJoint tiene como objetivo determinar el peso implícito de los atributos de los recursos naturales y ambientales sobre su valor económico y estimar la valoración compensatoria como una aproximación del valor económico total de los ecosistemas [13]. Este es un

método que le permite a los encuestados elegir una opción u otra, teniendo en cuenta los atributos, características y precios de cada opción, de modo que no se le pide al encuestado que establezca una relación entre calidad ambiental y dinero.

#### **4.3.5. Metodologías de transferencia de beneficios**

Se utilizan cuando se presentan casos de ausencia de información primaria, cuando el tiempo para realizar la valoración es muy reducido y/o cuando es demasiado costoso realizar la valoración económica. Permite hacer uso de estimaciones obtenidas por cualquier método en un contexto determinado para estimar valores en otro contexto, se caracteriza por realizar un traspaso de valores de un bien estimado previamente a otro similar que se encuentra en un contexto económico, cultural y social diferente [13]. El objetivo básico de este método de estimación es obtener los beneficios de un sitio específico, mediante la adaptación de la estimación los beneficios o costos de otro lugar [24].

**4.3.5.1. Transferencia de valores fijos:** en la transferencia de valores fijos se calculan los costos o beneficios en base a valores de referencia aplicando directamente la medida. Para desarrollar esta transferencia es necesario tener estudios que contengan las medidas por persona para así al multiplicar el dato de referencia por la nueva población o la característica propia del lugar de afectación y obtener la magnitud [13].

**4.3.5.2. Transferencia de medidas de tendencia central:** en caso de que para realizar la valoración económica se quieran utilizar varios estudios bien sea porque la obtención de un valor promedio más cercano al de la población donde se realizara el cambio en el bien o servicio ambiental.

**4.3.5.3. Transferencia de funciones:** la principal diferencia en entre la transferencia de funciones y la de valores es que la primera posee un mayor énfasis técnico, los métodos descritos a continuación consideran con mayor detalle las características geográficas, demográficas, económicas y sociales en los dos contextos de análisis. Así como los resultados obtenidos presentar estimaciones más precisas sobre los recursos valorados, estos métodos implican un proceso de recolección, análisis y estimación de los beneficios con un nivel técnico más exigente [13].

- **Transferencia de funciones de demanda o de beneficios:** esta metodología de funciones considera la selección de un estudio como resultado de la revisión bibliográfica.
- **Transferencia de funciones de meta-regresión:** este es un método utilizado con mayor frecuencia ya que permite utilizar un gran número de estudios de base al corregir aquellas diferencias metodológicas en los resultados y

considerando un gran número de características del lugar donde se evalúa el cambio en el flujo de bien o servicio [13].

#### **4.4. Canteras en Colombia.**

El material de construcción de canteras es explotado principalmente en las zonas de cordillera como el altiplano Cundiboyacense, Santander, Valle del Cauca y Nariño, generalmente se realizan operaciones de perforación y voladura para el arranque del mineral, maquinaria posada para disminución del tamaño de partícula del material extraído y vehículos de transporte para desplazar el material hacia las zonas interés. Este tipo de materiales son utilizados en grandes cantidades por lo que existe una gran demanda de recurso natural para satisfacer esta necesidad, entre los más comunes esta la arena, la arcilla y la piedra, la explotación de estos habitualmente se realiza a cielo abierto. Las arenas y gravas son utilizadas como agregados pétreos para morteros y hormigones, balastro o recebo para vías y pavimentos. El sector de materiales de construcción se compone por las arcillas, calizas (cemento), piedras, gravas y arenas [25] [26].

#### **4.5. Cantera de roca.**

También conocidas como canteras de peña, provienen de la formación geológica de rocas sedimentarias, ígneas o metamórficas de una zona determinada, las canteras por su condición estática las hace fuentes limitadas de materiales, al estar ubicadas en formaciones rocosas, montañas presentan materiales de menor dureza debió a que no sufren ningún proceso de clasificación y sus características físicas dependen de la historia geológica de la región, estas canteras generalmente se explotan haciendo cortes o excavaciones en los depósitos o yacimientos [27].

#### **4.6. Descripción de las maquinas, equipos y herramientas.**

A continuación, se presentan de manera generalizada los equipos básicos que habitualmente se usan para la extracción y procesamiento de arcillas y/o materiales de construcción, se presenta el listado de estas para las etapas de un proyecto, obra o actividad:

Generalmente se usa maquinaria pesada como: Retroexcavadoras, cargadores, excavadores, escarpes, tractores, camión de volteo (vagoneta), martillos, trituradores.

Respecto a las herramientas a utilizar, básicamente se contemplan las que son usadas para el mantenimiento de la maquinaria, por ejemplo: llaves de boca, mixtas, de corona, etc. Tuercas, pernos, destornilladores, herramientas de uso multifuncional, alicates y/o pinzas, extractores de poleas, ruedas, rodamientos, tabla de roscas.

- **Tractor:** Es una máquina de gran tamaño utilizada para mover grandes volúmenes de tierra, en la parte frontal cuenta con una pala que es la encargada del movimiento de la tierra, generalmente se utilizan tractores tipo oruga el cual tiene un dispositivo de tracción mejor que el de ruedas, debido a un conjunto de eslabones modulares que permiten un desplazamiento estable aun en terrenos irregulares, véase en la representación en la Imagen 1) [28].

**Ilustración 1.** Tractor o cargador del material.



**Fuente:** Civilgeeks.

- **Excavadora:** Es una máquina que cuenta con una pala en la parte final de un brazo mecánico, cuya función es para cargar tierra que puede ser depositada en otra parte del terreno o en un camión véase en la Imagen 2) [28].

**Ilustración 2.** Excavadora.



**Fuente:** Civilgeeks.

- **Camión de volteo (Vagoneta):** Tienen una batea en la parte trasera utilizada para el acarreo de tierra, normalmente se denominan en función de su capacidad de carga en metros cúbicos de carga 3m<sup>3</sup>, 6m<sup>3</sup>, 9m<sup>3</sup>, 15m<sup>3</sup>, véase en la Imagen 3) [28].

**Ilustración 3.** Camión de volteo.



**Fuente:** Civilgeeks.

- **Los martillos hidráulicos:** se desarrollaron en respuesta a las necesidades de la minería, canteras, excavaciones y túneles, se basa en los mismos principios que un martillo neumático, pero se acciona a través de un fluido especial, denominado "fluido hidráulico", que circula a presiones elevadas. Suele ser de grandes dimensiones, y generalmente debe acoplarse a una excavadora o tractor, véase en la Imagen 4) [29].

**Ilustración 4.** Martillo hidráulico.



**Fuente:** Depositphotos.

- **La cargadora retroexcavadora:** es una pieza de equipo esencial para casi cualquier proyecto de minería y construcción. Es un vehículo multiuso que combina las habilidades de una excavadora con una cargadora. Ésta consiste en tres herramientas principales: un lampón frontal, una retroexcavadora, y un tractor. Si es que eran orugas o ruedas dependía de la superficie en se espera transitar. Cuenta con un motor diésel que la vuelve capaz de transitar de sitio a sitio sin necesitar ser remolcada o transportada, véase en la imagen 5) [30].

**Ilustración 5.** Retroexcavadora o Pajarita.



**Fuente:** Blogger.

- **Molino arenero o trituradora:** son plantas móviles de trituración para áridos y minerales, que también pueden llamarse trituradoras móviles de áridos y minerales o plantas de canteras móviles, son un nuevo tipo de planta de trituración que conjugan la versatilidad del movimiento libre junto con la eficacia del rendimiento en la producción, básicamente son usadas para producir arenas más finas dependiendo el tipo de material de construcción que se desea obtener, no todas las canteras implementan este tipo de maquinaria, véase en la imagen 6) [29].

**Ilustración 6.**Trituradora.



**Fuente:** Arenera Rio Guache C.A.

#### **4.7. Proceso productivo**

Se hizo una breve descripción de manera generalizada en el proceso de extracción, dado que no todas las empresas realizan los mismos procesos ya no siempre se cuenta con los mismos factores como: su localización, tipo de material a extraer y la forma de extracción, por ello es difícil establecer un proceso estándar.

El proceso productivo comienza con la extracción del agregado, la explotación de la arcilla generalmente se efectúa a cielo abierto, utilizando medios mecánicos convencionales como los mencionados en el numeral anterior (retroexcavador, buldócer, etc.) [29].

Para una extracción adecuada, se debe tener en cuenta la topografía del terreno, límites del mismo, características físicas y mecánicas de la arcilla, dimensiones de los frentes y taludes de trabajo y vigencia de las licencias de explotación.

La extracción de los materiales para construcción se puede realizar mediante diferentes técnicas de explotación, está sujeto a los factores mencionados anteriormente y a los costes de inversión de la empresa que ejecuta el proyecto, a continuación se establecen las técnicas más utilizadas en proceso productivo: la extracción se realiza de 2 formas: explotación con explosivos y sin uso de estos, la técnica de explotación sin el uso de explosivos permite obtener fragmentos de geometría bien definida, los cueles son usados como material ornamental [27].

La organización de las actividades y etapas de un proyecto, obra o actividad se desarrollan bajo un esquema de producción continuo, empezando por la limpieza del macizo rocoso, seguido por el corte y separación de bloques, paralelamente se realiza la evacuación del material orgánico, esto corresponde a la preparación de bancos. Una vez el banco está listo se procede a realizar la actividad de arranque, seguida del cargue y transporte del material a patios donde se realiza un proceso de separación del material el cual pasa por una criba o malla y clasifica las arcillas en finas y el material agregado, a continuación, las arcillas finas se transportan al acopio, y los agregados según el tipo de material a extraer serán enviados a las escombreras y así culmina la etapa de explotación. Finalmente, para el cierre y abandono de un proyecto obra o actividad generalmente se realizan las siguientes actividades: revegetalización de taludes, recuperación morfológica y paisajística.

Se debe contar con un espacio destinado para los escombros, para garantizar un manejo de aguas superficiales se debe construir zanjas o cunetas, estas actividades se encuentran dentro de la etapa de preparación.

## 5. METODOLOGÍA

Para el desarrollo óptimo de este trabajo se estipuló la entrega del presente documento en donde se desarrollaron las temáticas pertinentes que permitieron llevar a cabo los objetivos planteados en el proyecto y se realizó la entrega de otro documento que contiene toda la información relevante que debe tener en cuenta cualquier persona natural o jurídica interesada en llevar a cabo actividades mineras dentro del marco del licenciamiento ambiental en Colombia y del desarrollo sostenible. En las fases enfocadas en la identificación de los impactos y posteriormente su valoración económica, es necesario contar con información cuantitativa y cualitativa específica de la zona donde pretende ser implementada, de modo que para este trabajo se utilizaron referencias de estudios ambientales. Para la puesta en marcha del proyecto, se ejecutó el diseño de la guía metodológica en las fases establecidas a continuación para dar desarrollo y cumplir los objetivos del proyecto, así mismo, para este trabajo se utilizaron expedientes de estudios ambientales provenientes de la CAR.

### **5.1. FASE I - Interpretación y análisis de los criterios técnicos emitidos por la ANLA para el uso de herramientas de valoración económica ambiental:**

Para atender a los objetivos de investigación y al problema planteado en la propuesta de diseño fue necesario contar con una interpretación de la información presentada por el ANLA en el año 2017 en su trabajo “Criterios técnicos para el uso de herramientas económicas en los proyectos, obras o actividades objetos de licenciamiento ambiental”, dada la importancia de ofrecer una guía metodológica que esté al alcance de todas las partes involucradas en una EEA [31].

Esta interpretación se realizó mediante la revisión detallada de dicha información, un análisis de cada una de las etapas que componen la EEA y finalmente una descripción de los componentes que presentan mayor complejidad en el momento de realizar una EEA para un proyecto de extracción mineral, en especial materiales de construcción. Esta descripción se apoyó en otras fuentes que permitieron dar robustez y objetividad a la herramienta objeto de investigación.

### **5.2. FASE II - Análisis de internalización de impactos en los estudios de impacto ambiental:**

Una vez establecidos los impactos relevantes se dio inicio al análisis de internalización, este análisis se puede considerar como la etapa inicial para luego continuar con la valoración económica ambiental. En primera instancia, se procedió con la selección y análisis de los impactos que pueden ser internalizados, es decir, los que pueden tener medidas de manejo, los que se pueden evitar o corregir [13]. En este caso, la internalización es la actividad enfocada en contrarrestar los efectos de las externalidades negativas de un proyecto, obra o actividad en el sector minero, de modo que, los impactos producto de dicho sector se jerarquizan en: los impactos internalizados y los impactos sin internalizar.

La siguiente actividad se asoció con una revisión de los impactos significativos que pueden ser internalizados mediante de las medidas de manejo o que son totalmente controlables para que estos sean incorporados como medida de manejo en el PMA. Para el análisis de internalización

solicitado desde la autoridad ambiental contempla el siguiente desarrollo procedimental: 1) Descripción del impacto negativo e identificación de los SSEE comprometidos, 2) definición del indicador, 3) Cuantificación del cambio del SSEE, 4) Medida de manejo seleccionada e indicadores asociados, 5) Resultado esperado de la medida (indicador), 6) Estimación de los costos ambientales anuales [13]. Los impactos ambientales residuales o no internalizables fueron valorados económicamente mediante los siguientes aspectos:

- Los que no pueden ser controlados mediante medida de manejo de prevención o corrección.
- Los que están relacionados con la magnitud espacial de las áreas objeto del proyecto, obra o actividad en el sector canteras, es decir, la fragilidad o vulnerabilidad ambiental a las áreas que se verán afectadas con el desarrollo y ejecución [13].

Finalmente, dichos impactos proceden a ser sujetos para la elección y aplicación de los métodos de valoración económica en base a los criterios ya establecidos por parte de las agencias y autoridades ambientales.

### **5.3. FASE - III Evaluación las técnicas de valoración económica ambiental (VEA):**

Para el desarrollo de esta fase se analizaron diferentes técnicas de VEA, las cuales son una herramienta que permite calcular los costos de los cambios en el medio ambiente producto del desarrollo de una actividad económica, bien sea en base a la información directa proveniente de los mercados existentes que relacionan la calidad ambiental y los productos o servicios, o la información indirecta que involucra valores de no uso que permiten valorar bienes y servicios que no cuenten con ningún tipo de mercado, indagando a través de usuarios actuales y potenciales de los bienes [19]. Primero se revisaron los comparativos entre las técnicas de VEA asociadas al sector minero, en segunda instancia se revisaron casos de estudio donde se involucre la VEA con la minería para contextualizar el proyecto, igualmente poder analizar el modo como se están desarrollando los estudios del mismo a nivel nacional e internacional.

Para culminar esta fase se relacionaron técnicas de (VEA) con los impactos más relevantes que afectan el medio ambiente por la explotación en las canteras. Algunas metodologías VEA pueden precisar hacia determinado tipo de impactos, de modo que, en esta fase se buscó asociar la información requerida por cada metodología con la información existente relacionada con cada impacto ambiental no internalizable.

### **5.4. FASE IV- Revisión de los criterios para el diseño de la guía metodológica y elaboración de la guía:**

En esta fase de proyecto se buscó realizar el diseño de la guía metodológica para la EEA de los impactos asociados al sector canteras, esta guía deberá tener la capacidad de ser extrapolada a cualquier actividad extractiva de materiales de construcción y estará al alcance de cualquier persona natural o jurídica que desee implementar evaluación económica de impactos ambientales en el sector.

Inicialmente, en esta fase fue necesario realizar una revisión en la literatura acerca de los parámetros y la estructura que componen una guía metodológica, de modo que sea posible ofrecer una herramienta eficaz que cumpla los objetivos de valoración planteados por la entidad, y así facilite el cumplimiento al esquema de evaluación económica de impactos ambientales dentro de las actividades de evaluación y seguimiento realizado por la ANLA a los proyectos sujetos de licenciamiento ambiental [13].

Una vez definidos los criterios y la estructura que debía tener la guía para cumplir los objetivos de este proyecto, se procedió a la elaboración de dicha herramienta para así lograr conocer con detalle el tipo de datos e información necesaria para los métodos de valoración pertinentes, como conseguir y tener acceso a esta información dependiendo de la zona de estudio que se está valorando, como se ejecutan los métodos y técnicas de valoración económica pertinentes para los posibles impactos que se generan en este tipo de proyectos y finalmente obtener una guía completa para valorar económicamente los impactos ambientales del sector canteras, y dar cumplimiento al numeral 6 artículo 21 del decreto 2041 del 2014, en el cual se exige la presentación de la “Evaluación económica de los impactos negativos y positivos del proyecto” en los estudios de impacto ambiental [13].

## 6. DESARROLLO METODOLÓGICO

El desarrollo de la EEA de un proyecto sujeto de licenciamiento ambiental se basa en la identificación y selección de los impactos ambientales relevantes, la cuantificación de estos en el medio biofísico y un análisis que permite determinar impactos internalizables e impactos no internalizables, es decir, la información proveniente de estas etapas conforma la base de datos, la cual hace parte fundamental para el desarrollo del estudio. De modo que en el documento presentado por la ANLA se establecen:

- Criterios para la selección de impactos ambientales significativos.
- Jerarquización de impactos internalizables y no internalizables.
- Cuantificación biofísica de los cambios en los servicios ecosistémicos (SSEE).
- Valoración económica de impactos ambientales.

### 6.1.FASE I - Interpretación de los criterios técnicos emitidos por la ANLA para el uso de herramientas de valoración económica ambiental:

Las herramientas económicas ofrecen un criterio adicional durante la evaluación de las solicitudes para licenciamiento ambiental, pues permiten identificar el aporte que un proyecto obra o actividad ocasiona en la generación o afectación del bienestar económico nacional soportado en los recursos naturales.

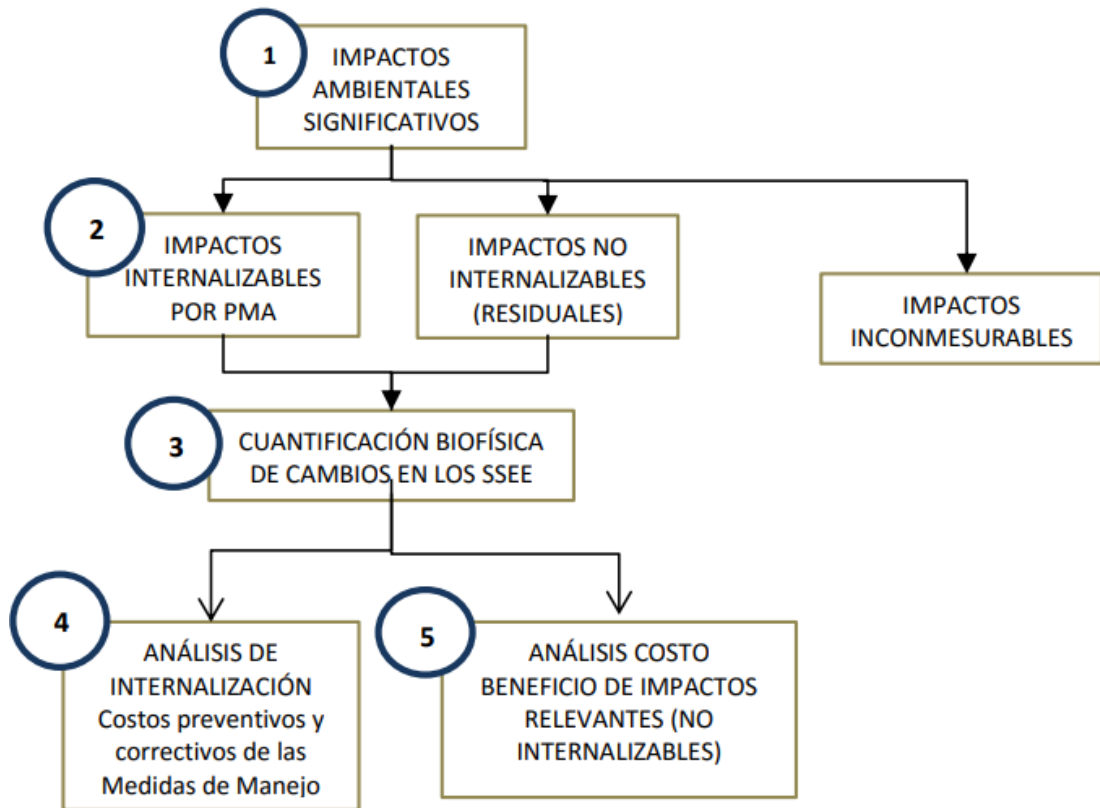
Para el desarrollo de la interpretación sobre el documento emitido por en ANLA “*Criterios técnicos para el uso de herramientas económicas en los proyectos, obras o actividades objeto de licenciamiento ambiental*” en el año 2017, planteado en los objetivos del proyecto como primera fase, se tomaron como referencia los tres pilares fundamentales que de ser llevados a cabo adecuadamente generan un análisis económico efectivo para realizar una gestión apropiada de los recursos naturales, que son, análisis costo-beneficio( en adelante ACB), análisis de internalización y valoración económica de impactos.

Dentro del marco de licenciamiento ambiental, la EEA se articula bajo tres ejes principales:

- Identificación y selección de los impactos ambientales significativos
- Cuantificación biofísica de los impactos
- Análisis de internalización [8].

La ANLA establece el desarrollo de la siguiente estructura secuencial que reúne elementos que permitirán obtener resultados confiables tal como se muestra a continuación:

**Figura 1.** Estructura secuencial para la EEA.



Fuente: Grupo de valoración económica de la ANLA.

Como se observa en la **Figura 1.**, el documento presentado por la ANLA establece:

- Criterios para la selección de impactos ambientales significativos.
- Jerarquización de impactos internalizables y no internalizables.
- Cuantificación biofísica de los cambios en los SSEE.
- Valoración económica de impactos ambientales.
- Análisis económico.

#### 6.1.1. Criterios para la identificación de impactos ambientales significativos:

A continuación, se establecen los criterios técnicos para la identificación de los impactos más relevantes, básicamente la relevancia de un impacto se refiere (a) la mayor importancia

que representa frente a los instrumentos de la evaluación ambiental de un proyecto, es decir, cuando su manejo o control requiere de un mayor esfuerzo o presenta mayor complejidad.

#### **6.1.1.1 Nivel de importancia o significancia en la jerarquización de impactos:**

En base a la revisión de la literatura, se destaca el análisis cuantitativo de los impactos como una de las fases más relevantes, dado que, esta información es parte fundamental para que el solicitante pueda plantear la correcta jerarquización de los impactos, los resultados de la evaluación cuantitativa son obtenidos mediante aplicación de métodos de evaluación ambiental como, por ejemplo: matriz Conesa, matriz de Leopold, Batelle Columbus, Listas de chequeo.

A partir de la Evaluación Ambiental del EIA se obtiene una clasificación de impactos considerados como relevantes, estos pueden clasificarse según su significancia en críticos, severos, moderados e indiferentes al evaluar sus atributos (duración, persistencia, sinergia, extensión y magnitud). Se consideran impactos significativos aquellos que clasifican en los tres niveles que revistan mayor gravedad o mayor beneficio respecto a la línea base, de esta forma los niveles de importancia o significancia visualizan las variables ambientales que puede presentar efectos más nocivos.

#### **6.1.1.2 Análisis de internalización de impactos:**

Se recomienda efectuar el análisis de internalización sobre los impactos ambientales significativos, una vez identificados los impactos susceptibles de valoración económica se seleccionan aquellos que pueden ser evitados o corregidos de acuerdo al planteamiento de las medidas de manejo del PMA, es decir, internalizados. La internalización es la actividad que pretende contrarrestar los efectos de las externalidades negativas de un proyecto, estas serán internalizadas si se logra devolver los niveles de bienestar de un individuo o comunidad, mediante prevención o corrección de la (perturbación o afectación). Los impactos significativos que pueden ser internalizados son solo aquellos que son reversibles o controlados a través de las medidas de manejo del PMA. Aquellos impactos que persisten una vez implementadas las medidas de manejo, deben ser valorados económicamente mediante metodologías de preferencias reveladas o declaradas [32].

La internalización de impactos es la consecuencia de las externalidades que se generan en un proyecto obra o actividad, es decir que para interpretar el término de “internalizar” es necesario entender el concepto de externalidad, en el contexto ambiental la externalidad es el producto no deseado de cualquier actividad antropogénica la cual conlleva a la generación de efectos negativos o positivos que irrumpen en el bienestar de la comunidad o en el ambiente y estos no tiene una compensación económica [13]. Por ende, la internalización es la actividad que busca contrarrestar los efectos de las externalidades negativas de un proyecto, obra o actividad. Entonces la externalidad será internalizada si se logra restaurar, restituir o retornar a los niveles de bienestar afectados en una comunidad o entorno, ya sea

por medio de la implementación de tecnologías, medidas que prevengan o corrijan la afectación generada [14] [13].

#### **6.1.1.3 Presencia de elementos ecológicos vulnerables:**

Dentro de un proyecto obra o actividad de extracción de materiales para la construcción, generalmente los polígonos mineros se encuentran próximos o ubicados dentro de zonas protegidas como: parques y reservas naturales, áreas destinadas a la conservación, básicamente los polígonos mineros establecidos dentro de los POT no consideran la magnitud de la afectación y partiendo de esto, se debe priorizar en la correcta ejecución e interpretación de los elementos ecológicos vulnerables.

Lo primero que se debe tener presente es si existen algunas zonas o regiones del territorio nacional en donde sus componentes ambientales presentan un mayor grado de vulnerabilidad a tales impactos significativos, ya sea por su fragilidad deben ser tenidos en cuenta. Se establecen como elementos ecológicos vulnerables: Áreas naturales únicas, sitios de conservación estratégica y coberturas frágiles en donde se identifique la existencia de impactos significativos se debe aplicar el principio de precaución.

### **6.1.2 Jerarquización de impactos ambientales internalizables y no internalizables**

#### **6.1.2.1 Impactos ambientales internalizables:**

Como se menciona en el numeral 6.2 de la presente guía, son los impactos generados por el proyecto que son controlados a través de las medidas de prevención o corrección establecidas en el PMA de su respectivo EIA. En base a la revisión de la literatura y los expedientes de la CAR, se determinó que muchas empresas tan solo se enfocan en la identificación de impactos, y en establecer medidas de manejo enfocadas en la mitigación, prevención, y compensación, pero su alcance y efectividad es muy bajo, en algunos expedientes revisados como por ejemplo: el Expediente 52527, se puede destacar que en su PMA se establecen medidas de manejo enfocadas al control de las aguas lluvias, mantenimiento de equipos, vías de acceso, medidas que en realidad no están generando ninguna solución a las afectaciones generadas por el proceso productivo, es por ello que a continuación se establece una breve descripción para que el solicitante puede entender mejor la dinámica respecto a que es, y como debe establecer los impactos internalizables [33].

Si el solicitante presenta una propuesta efectiva para la prevención o corrección de impactos sustentada en indicadores de los medios biótico, abiótico y socioeconómico, el valor de esta inversión representaría el costo de oportunidad de evitar el deterioro ambiental. Estos rubros constituyen, en primera instancia, una base de información para llevar a cabo la trazabilidad del comportamiento de los impactos ambientales en las diferentes etapas del licenciamiento

ambiental, y segundo, como un objeto de seguimiento ambiental por parte de la autoridad ambiental competente y un compromiso del solicitante de la licencia [34] [13].

#### **6.1.2.2 Impactos ambientales no internalizables:**

Son aquellos que no pueden controlarse con medidas preventivas o correctivas. se toma como ejemplo el expediente N°65616 donde solo establecen medidas aleatorias, para impactos como: pérdida de usos del suelo, afectación de aguas superficiales y subterráneas, y basados en los criterios estas medidas no alcanzan la efectividad deseada y por ende no se internalizan. Muchas empresas no desarrollan la relación impacto VS metodología VEA, básicamente el fin no es minimizar la afectación generada, sino que, se limitan a realizar los pasos o pautas que se establecen para entregar el EIA a la corporación competente, por ello se establece en esta guía la importancia de realizar un adecuado análisis e interpretación de los impactos no internalizados generados en el sector minero y asociar los impactos a las metodologías VEA más idóneas para poder generar una valoración real de dichos impactos [35].

A continuación se establecen los factores en cuenta para el solicitante; debe considerar criterios como: la fragilidad o vulnerabilidad ambiental de las áreas donde se desarrolla el proyecto, que deben ser abordados por los efectos previsibles de su desarrollo y ejecución [36] [3] [13].

#### **6.1.2.3 Metodología para el análisis de internalización:**

En los proyectos obras o actividades se generan impactos negativos que pueden ser controlados mediante medidas de prevención y corrección, estos impactos se consideran internalizados y, en consecuencia, el valor de estos impactos se establece a partir del valor de las inversiones aplicadas a las medidas establecidas en el PMA [30]. Para ello la ANLA estableció, en primera instancia que el solicitante de la licencia ambiental debe presentar la estructura de la valoración económica dentro del EIA, mediante en el siguiente orden metodológico.

Los impactos ambientales negativos pueden ser controlados en su totalidad mediante la correcta ejecución de las medidas de prevención y corrección, pero esta acción trae consigo una inversión, este monto puede reflejar el valor económico de los impactos internalizables. Para que este análisis sea factible debe contar con al menos tres criterios: 1) la predictibilidad temporal y espacial del cambio biofísico, es decir; cuantificar los impactos en tiempo y área. 2) la alta certeza y exactitud en las medidas de prevención o corrección de dichos impactos. 3) los programas o medidas contemplados para realizar la corrección ostentan una efectividad próxima al 100% [37]. Si en algún caso no se cumple con una de estas condiciones el impacto tiene que ser incluido dentro de los impactos no internalizables.

Los métodos de valoración sirven para indicar si un impacto es internalizado son:

- a. Costos preventivos: este método toma un valor económico aproximado de los impactos ambientales, ya que, usa los costos de inversión de las medidas enfocadas en prevenir y por ende evitar la generación del impacto.
- b. Costos de corrección: este método busca establecer el valor económico del impacto ambiental a partir de los costos de inversión efectuados por las medidas de corrección, cuyo fin es controlar las afectaciones generadas por la prestación de un bien o servicio ambiental.

Para la aplicación de estos métodos enfocados en costos el solicitante debe:

- Realizar en primera instancia; la descripción del impacto ambiental a ser valorado, a su vez debe incluir el bien o servicio ecosistémico afectado.
- Se deben establecer las medidas que van a internalizar el impacto, estas deben contemplar los supuestos y condiciones que exigen para que se efectúen.

Finalmente se debe indicar los costos considerados, mostrando de forma detallada los rubros y costos estimados más representativos de la medida usada, esta será la valoración económica del impacto.

### **6.1.3 Cuantificación biofísica de los cambios en los SSEE.**

Este paso se refiere a la estimación en unidades físicas del cambio temporal y espacial del impacto analizado, generalmente, no se tiene en cuenta la relación del indicador establecido en la línea base con el indicador asociado a la medida de manejo, es decir: que estos indicadores sean comparables o medibles en cuanto a las unidades y su temporalidad. Básicamente la información de la línea base debe estar sustentada en criterios técnicos que coincidan con los criterios a tener en cuenta en momento de llevar a cabo la VEA, de forma que sea posible su análisis [38].

El solicitante debe determinar los SSEE que se encuentran relacionados con los impactos ambientales significativos identificados y jerarquizados para luego lograr determinar el cambio que estos servicios pueden evidenciar (cuantificación biofísica). Es importante tener en cuenta las unidades en las que se exprese la previsible afectación por el proyecto para que coincidan y se relacionen efectivamente con el componente impactado.

#### **6.1.3.1 Identificación de los SSEE:**

“Todos los impactos ambientales generados por un proyecto se manifiestan en términos de la afectación de bienes y servicios, que se pueden o no transar en un mercado. Además, estos cambios se traducen en afectaciones sobre el bienestar de las personas, es decir, lo esencial es que los impactos ambientales afectan el bienestar humano” [36].

Toda acción de transformación del entorno natural nace de las asignaciones de valor sobre los recursos ecosistémicos, la infravaloración por desconocimiento del papel de las estructuras y funciones de la naturaleza genera su degradación progresiva e irreparable. Tales funciones establecen una conexión entre economía y ecología, dado que se refiere a la capacidad ecológica de soportar la actividad económica.

La evaluación de las funciones y SSEE requiere entender la estructura y funcionamiento ecológico en un número limitado de funciones y servicios [39]. Una vez establecidos los ecosistemas transformados y naturales existentes en el área de influencia del proyecto, se deben identificar para cada ecosistema los SSEE de; regulación, aprovisionamiento, soporte y culturales, y se debe analizar la importancia de estos sobre los habitantes de los mismos.

#### **6.1.3.2 Cuantificación biofísica:**

La valoración económica intenta vincular unas variables ambientales a valores, bien sea a través de mercados o de preferencias de la comunidad. Los impactos reflejan cambios en los parámetros ambientales, de modo que estos deben ser expresados en unidades de la variable observada, es decir, para una variable que mida área, el impacto debe expresarse en área perdida o afectada, o, si el impacto tiene relación con la producción de algún bien, este debe expresarse en una unidad que relacione el área y la producción, por ejemplo, toneladas por hectárea [40].

#### **6.1.4 Análisis de internalización**

En base a la revisión de la literatura en los expedientes provenientes de la CAR, se evidencio que en tan solo 2 expedientes de 9 revisados, hacen referencia a la internalización de impactos mediante medidas de manejo, pero no precisan el porcentaje de efectividad ni lo relacionan con la medida correctiva idónea, pero, los otros documentos no cuentan con un análisis de internalización de impactos tan solo manejan medidas de mitigación, por ello la importancia de realizar dicho análisis [41].

Hay ciertos IA negativos generados por un proyecto, obra o actividad que mediante medidas de prevención y corrección pueden ser controlados en su totalidad de tal modo que estos impactos se consideran internalizados, por tanto, el valor de las inversiones en las medidas efectuadas representa el valor económico de dichos impactos. Empero, se evidencia que las empresas sujetas de licenciamiento ambiental realizan una mala interpretación al análisis de internalización y en muchos casos no contemplan el desarrollo procedimental que establece la autoridad ambiental [42]. Las falencias no radican en falta de información o herramientas, si no por el contrario se tiene múltiples documentos, guías, metodologías que facilitan la realización del análisis, como: la “Guía para el Diseño y Construcción de indicadores en marco del Licenciamiento Ambiental en Colombia” que para finales del año 2018 la ANLA la presento como un documento cuyo objeto principal es una guía para el diseño y construcción de indicadores

que permita medir, identificar y comparar el cambio sobre los SSEE que se están evaluando, cuya aplicación está enfocada en las fichas de manejo ambiental las cuales son elementales en el momento de la construcción del análisis de internalización para la EEA [43]. Así mismo, se evidencio la importancia de la correcta formulación del indicador y el valor de este asociado a la medida de manejo que internaliza el impacto, dado que, algunos de los expedientes usados no cuentan con información específica sobre los componentes afectados en el área de influencia del proyecto, es decir, la información consignada en la línea base no es clara, lo cual dificulta la formulación del indicador [44].

A continuación, se presenta el desarrollo procedimental que establece la autoridad ambiental para el análisis de internalización:

- a. Descripción del impacto negativo e identificación de los SSEE comprometidos: el solicitante, a partir de la información consolidada en la línea base determina el impacto sujeto al análisis de internalización y paralelamente la afectación a los SSEE previstos en el área de influencia.
- b. Definición del indicador: El solicitante debe hacer uso de la información contenida dentro de la línea base, este debe especificar el indicador que se ajuste al cambio que se ocasionara en el área de influencia para los medios biótico, abiótico y socioeconómico una vez el proyecto obra o actividad entre en ejecución.
- c. Cuantificación del cambio del SSEE: este procedimiento estima en unidades físicas del cambio temporal y espacial del impacto analizado.
- d. Medida de manejo seleccionada e indicadores asociados: El análisis de internalización se contempla en una eficiente aplicación del PMA, por ello el solicitante debe indicar claramente el programa o la ficha, obra o actividad del PMA, que sea eficiente y coherente para garantizar la prevención o corrección del impacto [45]. Estos programas o fichas deben poseer la información sustancial y concisa basada en criterios técnicos, de modo que, se asegure un análisis durante todas las etapas del proyecto, obra o actividad. Paralelamente se debe establecer el método de valoración que mejor se ajusta, teniendo en cuenta los supuestos y condiciones que exijan cada método para su adecuado desarrollo.
- e. Resultado esperado de la medida (indicador): El solicitante debe cuantificar las medidas, si la medida de prevención o corrección no logra la efectividad del 100%, se debe precisar los motivos y proceder a excluir el impacto del análisis de internalización, seguidamente el solicitante debe anexarlo dentro de la sección de impactos no internalizables.
- f. Estimación de los costos ambientales anuales: El solicitante debe presentar los costos ambientales considerando la temporalidad anual y un horizonte de tiempo coherente con la permanencia de los impactos generados por el proyecto.

Para la estimación de costos ambientales se utiliza la siguiente ecuación:

**Ecuación 1.** Ecuación para la estimación de costos ambientales.

$$ECi = CTi + COi + CPi$$

**Fuente:** Grupo de valoración económica del ANLA.

La ANLA estableció el siguiente formato donde se presentan los criterios para el análisis de internalización, esta busca dar una mayor eficiencia al momento de presentar la información en el EIA ya que el solicitante debe entregar la información siguiendo las pautas de tal formato.

**Tabla 1.** Análisis de internalización de impactos en la evaluación ex ante.

| Impacto negativo  | Servicio ecosistémico ambiental | Indicador base- EIA línea |       | Cuantificación del servicio ecosistémico ambiental) | Medida de PMA |                 | Costos ambientales anuales - ECI |     |     |
|-------------------|---------------------------------|---------------------------|-------|---|---------------|-----------------|----------------------------------|-----|-----|
|                   |                                 | Nombre                    | Valor |   | Nombre        | Valor indicador | CTi                              | COi | CPi |
|                   |                                 |                           |       |   |               |                 |                                  |     |     |
| Valores totales   |                                 |                           |       |   |               |                 |                                  |     |     |
| Valores total ECI |                                 |                           |       |   |               |                 | $CTi + COi + CPi$                |     |     |

**Fuente:** Grupo de Valoración Económica de la ANLA, 2015

Este formato condensa la información ex ante de la ejecución de un proyecto, donde se valoran los indicadores de la línea base VS las medidas del PMA, esta tabla se desarrolla de la siguiente manera: en primera instancia el solicitante se remite a la línea base del EIA, toma el SSEE afectado en base al impacto generado como por ejemplo: IA para este supuesto es remoción de la capa orgánica, basando se en la descripción del impacto se establecen los posibles servicios afectados, ejemplo; se tomó el servicio de aprovisionamiento de materias primas bióticas (leña), luego se relaciona con el indicador establecido en la línea base como por ejemplo: nombre del indicador (producción) valor (Toneladas producto / ha\*año), luego se establece el cambio del servicio en unidades de temporalidad mediante la diferencia del valor del indicador con el valor del indicador de la línea base como ejemplo; se nombra la medida (revegetalización) y el valor del indicador en (producto sembrado / ha\* año), finalmente se realiza la sumatoria de Eci que está dada por:

Cti= costos de transacción, COi= costos de operación, CPI=costos de personal, que se requieren para la internalización del impacto [8].

Los costos ambientales anuales (Eci): Son la sumatoria de los costos anuales de la implementación de la medida de manejo que internaliza el impacto. De acuerdo con lo anterior, el horizonte de tiempo debe estar proyectado en función a la duración o vida del impacto internalizado; este iniciara desde el año 0 que es equivalente al primer año de ejecución del proyecto, obra o actividad. Como resultado del análisis de internalización de costos ambientales, se debe entregar lo indicado en la **Tabla 2**.

**Tabla 2.** Resultados del análisis de internalización de impactos en la evaluación ex ante.

| Componente del costo                 | valor año 0 | valor año i | valor año n | VPN (especificar la TDS )      |
|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------------|
| Eci: costos ambientales del proyecto |             |             |             | $Ti = \sum (EC)i (1 + s)^{-i}$ |
| Tl: total de Valores internalizados  |             |             |             |                                |

**Fuente:** Grupo de Valoración Económica de la ANLA.

La aplicación de este modelo tiene como fin realizar el análisis de internalización de los impactos que efectivamente se pueden prevenir o corregir, y que se garantice una mayor eficiencia del PMA propuesto.

Finalmente, se presentan algunas consideraciones para el correcto desarrollo de la EEA que el solicitante debe tener en cuenta:

- ✓ Duración de los impactos: Determina el tiempo para la construcción del flujo, es importante resaltar que la duración del proyecto no siempre corresponde a la duración de los impactos, de hecho, los impactos tienen una mayor duración que la obra, ya sea por su efecto permanente, acumulativo y/o sinérgico. Por esto, el solicitante debe priorizar para cada uno de los impactos su duración, y esto debe tener coherencia con los criterios de selección de las medidas del PMA [8].
- ✓ Año cero: Primer año de ejecución del proyecto, año en que se inicia las inversiones. El solicitante debe tener claro este aspecto para poder establecer la agregación intertemporal de los beneficios y costos. También debemos aclarar que, en el año 0, el VPN de los costos es igual al valor estimado de dichos costos, por ende, no se presenta un descuento intertemporal.
- ✓ Año base: Se toma como referencia para definir los precios con los que se estiman los costos del proyecto, es importante explicarlo adecuadamente en el análisis. Finalmente, según Pearce, se debe deflactar los precios al año base,

es decir; que los precios nominales se transforman en moneda constante referida a un año concreto [46].

- ✓ Tasa de descuento para agregación intertemporal de valores económicos: La tasa social de descuento – TSD, es el factor que permite comparar beneficios futuros/costos económicos del proyecto y de este modo obtener el VPN de ambos, es relevante, no solo porque mediante estos se determina la viabilidad de llevar a cabo la medida de prevención o corrección, sino también permite comparar las obras que poseen estructuras temporales distintas permitiendo así establecer el mejor uso alternativo de los recursos disponibles [47]. Finalmente es importante priorizar la situación bajo la cual se realiza el análisis, ya que si el análisis es ejecutado con precios reales o constantes se usa dicha tasa (TSD), empero, si se realiza con precios nominales, se debe hacer uso de la tasa social de descuento nominal, para Colombia la tasa oficial para este indicador es del 12% anual [48].
- ✓ Valor presente neto- VPN: El solicitante después de obtener el flujo de costos, debe utilizar la TDS para obtener el VPN de los costos ambientales de forma anual, es importante realizar especificar para cada tipo de costo valorado, es decir para cada impacto internalizado. La agregación intertemporal permite el cálculo del VPN y se obtiene de la siguiente ecuación:

**Ecuación 2.** *Estimación del VPN de los costos ambientales.*

$$VPN = \sum_{i=0} \frac{ECi}{(1 + s)^i}$$

**Fuente:** *Grupo de valoración económica de la ANLA.*

Dónde:

*ECi*: Costos ambientales en el año *i*.

*s*: Tasa social de descuento.

*i*: Indicador del año.

La ecuación 2: está dada por la sumatoria de las variables que en este caso son: los costos ambientales en el año inicial, sobre uno más la tasa social de descuento potenciado a el indicador establecido.

Para la puesta en marcha del seguimiento y monitoreo, y el análisis ex post, será indispensable una definición adecuada de la cuantificación biofísica de los SSEE involucrados por los impactos no internalizables [48].

### **6.1.5 Valoración económica para impactos no internalizables**

Generalmente en los proyectos se identifican dos costos, por un lado, los costos asumidos por los inversionistas que comprenden los costos de inversión, operación y mantenimiento, y, por otro lado, los costos provenientes del control de los impactos ambientales presentes en el área de influencia. Los costos de los impactos ambientales que son controlados en su totalidad a través de la implementación de las medidas del PMA, representan la inversión necesaria para llevar a cabo la ejecución de las medidas de prevención o corrección, en cambio, los impactos que no caben dentro del marco de la internalización deben ser atendidos a través de su valoración económica ambiental (VEA), estimando el costo por evitar o reducir la afectación, o asignar un valor de pérdida de recursos naturales [49].

La complejidad en la elaboración de las VEA depende del tipo de valor que se quiera determinar (valor de uso o no uso), y de la metodología pertinente para cada impacto. Algunos de los impactos evaluados logran afectar diversos SSEE, de modo que, se necesitará aplicar métodos diferentes para conseguir una aproximación del Valor Económico Total (VET). “La idea fundamental es contar con evidencia sobre el VET de los impactos ambientales, para establecer medidas de manejo para su control que a la vez permitan alcanzar la senda de desarrollo económico ambiental sostenible adoptada por todo el país” [36].

“La valoración económica ambiental significa poder contar con un indicador de la importancia del ambiente en el bienestar social, y este indicador debe permitir compararlo con otros componentes del mismo” [36]. La valoración económica del ambiente consiste en la búsqueda de DAP por evitar los costos ambientales u obtener los beneficios ambientales utilizando con insumo de información los mercados asociados a los diferentes proyectos de desarrollo económico. La valoración económica ambiental se hace necesaria a la hora de revelar el verdadero costo del uso y escasez de los recursos naturales [19]. Este proceso se centra en la cuantificación de la disponibilidad social a pagar a partir en base a la disponibilidad individual que pueden expresar los usuarios o no usuarios de los recursos naturales. Para llevar a cabo una valoración reveladora se requiere considerar algunos factores como las características del grupo de personas afectadas y el espacio temporal, para que se refleje en términos cuantitativos las preferencias individuales por los bienes ambientales o la disposición a aceptar por la pérdida de calidad ambiental [37].

#### **6.1.5.1 Aspectos metodológicos para la VEA.**

Es posible que en algunos casos no se cuente con la información necesaria para ejecutar algún método de valoración económica, ya sea por restricciones de tiempo o recursos financieros, o la dificultad expresa en su obtención. En este caso, se puede acudir los métodos de transferencia de beneficios, en donde se ofrecen valores de referencia adaptables al contexto del proyecto u teniendo en cuenta sus reglas de aplicación [50].

Desde el punto de vista regulatorio existen dos momentos críticos en la ejecución de un proyecto, el primero se relaciona con su inicio o arranque, es completamente necesario

contar con información que ofrezca una predicción de impactos ambientales antes de la ejecución del proyecto, es crucial para tomar una decisión adecuada en torno a la inversión destinada para el manejo de sus impactos. Esta EEA se basará en la predicción del cambio ambiental que generará el proyecto y será medida mediante recolección de información técnica y económica que permita adelantar una estrategia de valoración económica ambiental antes que inicie el proyecto. El segundo, relacionado con la finalización o cierre del proyecto busca analizar en retrospectiva las consecuencias económicas ambientales [50].

Es recomendable que la VEA se realice bajo el escenario de la línea base y dentro del enfoque VET, también, aplicar el esquema de valoración de impactos de Dixon, Carpentier, Fallon, Sherman y Manipomoke [51]. En donde se valoran los impactos ambientales de menor complejidad con métodos convencionales y los más complejos con metodologías de valoración de bienes no mercadeables más robustas.

#### **6.1.5.2 Estrategia para la EEA como parte del EIA y del seguimiento de la licencia ambiental**

Los impactos ambientales identificados por el solicitante de licencia ambiental deben presentar su valoración económica ambiental en el capítulo de EEA dentro del EIA y debe realizar el análisis costo beneficio que le permite a la autoridad ambiental competente determinar la viabilidad ambiental y social del proyecto. En caso que se consiga identificar en el seguimiento y monitoreo que las medidas de manejo planteadas en el PMA no logran la internalización del impacto se deberá realizar la valoración económica de los SSEE involucrados [52].

Las valoraciones económicas producto de la mitigación y compensación de los impactos no internalizables constituyen las bases para la estimación de las compensaciones socioeconómicas, debe permitir obtener un valor aproximado de la disposición a aceptar una contraprestación por las comunidades. Lo ideal es que, de realizar adecuadamente la VEA, no se presenten pérdidas netas de bienestar [52].

Por otro lado, el decreto 1076 de 2015 [32], establece que en el desmantelamiento y abandono el solicitante debe presentar las medidas de manejo y el listado de actividades para tal fase, la identificación de sus impactos y los costos de las actividades pertinentes. El titular del proyecto debe presentar una póliza que cubra los costos de las actividades del plan de desmantelamiento y abandono, constituida a favor de la autoridad ambiental competente con renovación por un periodo de 3 años luego de terminada la fase. Deberá presentarse en los siguientes cinco días hábiles una vez sea declarada esta fase.

#### **6.1.5.3 Estrategia de desarrollo de la VEA**

La estrategia más efectiva para ejecutar una valoración económica inicia con la cuantificación de los impactos relevantes teniendo en cuenta su relación con el indicador de estrés y afectación. Una de las características más relevantes a tener en cuenta se refiere al

carácter internalizable o externo de los impactos (impactos que no se reflejan en precios o que su afectación no puede ser compensada [53]).

La determinación precisa del cambio en los recursos naturales requiere de información técnico científica que permita predecir y proyectar los impactos, por esta razón, la estrategia a corto plazo permite que la VEA sea factible en el contexto nacional es la utilización de indicadores de estrés y la valoración cualitativa [5].

El objeto de la identificación de impactos potenciales debe orientarse hacia el planteamiento de los objetivos para beneficiar la valoración del impacto ambiental y el manejo ambiental del proyecto para así lograr minimizar los impactos adversos y maximizar aquellos positivos.

La forma más adecuada para valorar impactos precisa de evaluar las alternativas metodológicas disponibles y aplicar aquella que se sustente efectivamente las consecuencias del impacto. Se recomiendan las metodologías de precios de mercados, gastos actuales y potenciales, y la que se desarrollan bajo el enfoque de preferencias declaradas y preferencias reveladas.

#### **6.1.6 Análisis costo – beneficio en el capítulo de evaluación ambiental del EIA**

En el EIA debe presentarse la valoración económica de los impactos no internalizables dentro de los PMA, esta estimación es el insumo utilizado para la aplicación del ACB como criterio de decisión sobre la viabilidad ambiental y social de un proyecto.

El solicitante debe incluir el ACB tanto en impactos negativos como positivos; estas valoraciones económicas deben abordarse a través de los métodos de preferencias declaradas y/o reveladas o a través de la metodología de transferencia de beneficios. Su objetivo es evaluar si los beneficios sociales generados por el proyecto son mayores a los costos sociales generados por los impactos ambientales no internalizados en base a los costos y beneficios más significativos.

El resultado de aplicar ACB puede ser o no la opción más aceptable y puede corresponder o no a la opción ambientalmente más beneficiosa, dado que, los valores económicos se basan en las preferencias de las personas que pueden coincidir o no sobre las opciones que conllevan mejores beneficios ambientales.

##### **6.1.6.1 Estrategia para el análisis ACB en evaluación de impactos no internalizables**

El ACB en la evaluación económica del EIA mide las consecuencias reales de la ejecución del proyecto obra o actividad comparando el estado actual (real) del entorno natural, con una elección hipotética del entorno natural sin la ejecución del proyecto. ACB brinda a la autoridad ambiental reguladora, bases para identificar si la implementación del proyecto genera pérdidas o ganancias en el bienestar social del país. Es importante cuantificar los servicios provistos por el ambiente porque de esta manera se sabe cuál es el valor del

ambiente como capital natural en la economía y así tener la idea del valor de su depreciación para manejarlo sosteniblemente durante el tiempo.

Al iniciar el capítulo de EEA, los objetivos del proyecto obra o actividad se describa de forma clara, pues el ACB se realizará una vez esté definido el proyecto. Luego se identifican los posibles beneficiados o perjudicados producto de la ejecución del mismo para luego realizar un análisis de la situación ambiental y social, con y sin proyecto.

#### **6.1.6.2 Cálculo y comparación de la Relación Beneficio Costo**

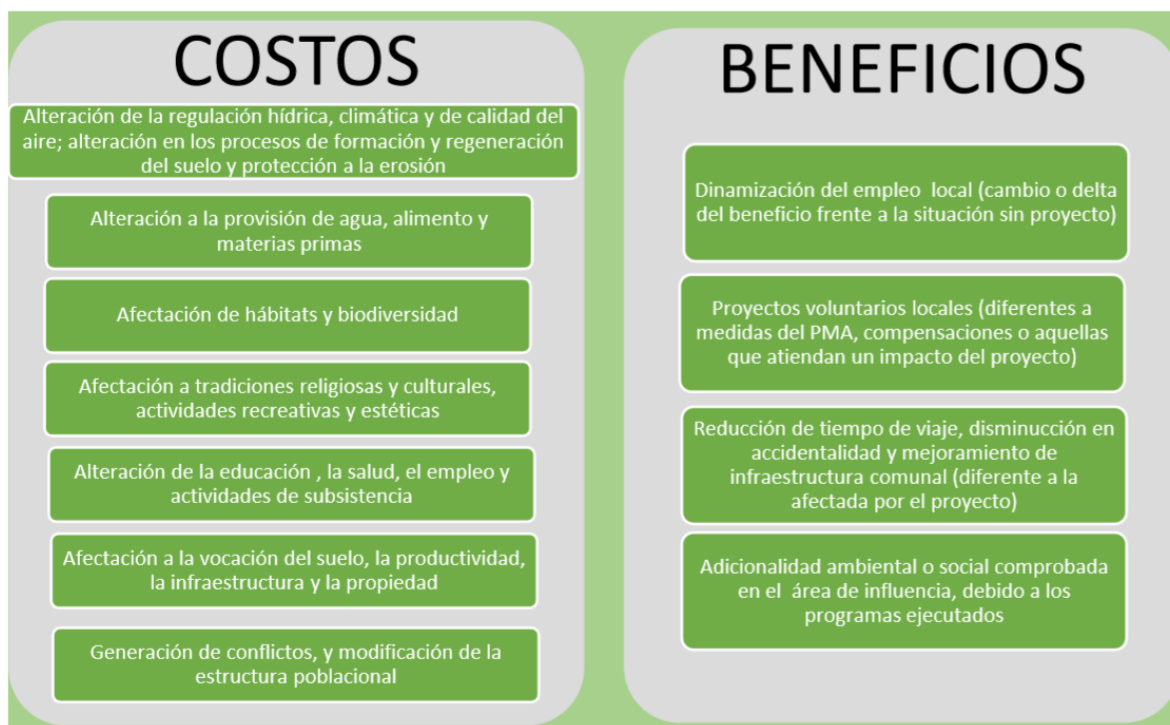
El análisis costo-beneficio permite realizar balance entre las pérdidas y las ganancias económicas para cada una de las opciones bajo las cuales puede ejecutarse un proyecto, obra o actividad, y de esta forma lograr elegir la alternativa que brinde mayores beneficios; es así como después de la valoración de los impactos (de mayor significancia) sobre los SSEE, tales estimaciones se incluyen en un flujo de costos y beneficios con una distribución acorde con la duración de cada impacto y el horizonte del proyecto (mensual o anual) [54].

De modo que, los beneficios pueden concebirse como una mejora en la dimensión social, económico o ambiental de la población que está dentro del área de influencia del proyecto y se entiende como ganancia de bienestar cuando este indicador es positivo, mientras que, si es negativo, se disminuye el bienestar.

Los costos responden al valor de los impactos negativos o externalidades negativas que genera la ejecución del proyecto, estas externalidades deben ser valoradas mediante las diferentes metodologías para VEA

En la **Figura 2**. Se indican los costos y beneficios que deben ser incluidos en el ACB, el monto de inversiones para implementar las medidas del PMA (incluyendo compensación), o dirigidas a tasas por uso de los recursos (1%, regalías, entre otras) y el pago de impuestos, no deben ser contemplados como beneficios.

**Figura 2.** Estructura de costos y beneficios.



**Fuente:** Grupo de Valoración Económica de la ANLA.

Para lograr el desarrollo del criterio de decisión o indicador Relación Costo-Beneficio, tal flujo debe ser llevado a su respectivo VPN actualizándolo mediante el uso de una tasa de descuento. El descuento es un procedimiento técnico que actualiza el flujo de costos externos para poder expresarlos en función de su valor, no en el momento que se producen, sino, en el momento de la toma de decisiones.

Con el flujo de costos y beneficios consolidado, este debe descontarse mediante la tasa social de descuento, y a si llegar al Valor Presente Neto - VPN de los beneficios/costos. El análisis costo beneficio utilizado para este tipo de procedimientos y procesos resulta no ser convencional, ya que hace referencia a los beneficios netos generados a las comunidades aledañas al proyecto por la afectación en el flujo de los SSEE impactados [24].

El análisis costo beneficio utilizado para este tipo de procedimientos y procesos resulta no ser convencional, ya que hace referencia a los beneficios netos generados a las comunidades aledañas al proyecto por la afectación en el flujo de los SSEE impactados.

La Tasa Social de Descuento (TSD) permite comparar los beneficios y los costos económicos del proyecto en diferentes momentos y con relación al mejor uso alternativo de esos recursos. La TSD incluye las preferencias de las generaciones futuras en el cálculo del VPN de los costos y beneficios [55]. Es posible que la TDS empleada se mantenga fija o

decrezca en los momentos de interés para su estudio, pero el solicitante -deberá justificar apropiadamente su elección. Para Colombia, este indicador es del 12% anual .

También, anualmente, se deben agregar los beneficios y costos, teniendo en cuenta los periodos sobre los cuales se presenta el impacto y el número de afectados así: # de viviendas, # de hogares, # de hectáreas. Lo anterior, se debe especificar para cada tipo de costo y beneficio valorado [24]. Para calcular el VPN se utiliza la siguiente ecuación (Ecuación 3):

**Ecuación 3.** Cálculo del VPN - Diferencial entre beneficios y costos.

$$VPN = \sum_{i=0} \frac{B_i - C_i}{(1+r)^i} = \sum_i \frac{B_i}{(1+r)^i} - \sum_i \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

Fuente: MAVDT & CEDE.

Donde:

$B_i$ : beneficios del proyecto en el año  $i$ .

$C_i$ : costos del proyecto en el año  $i$ ;

$r$ : tasa social de descuento.

$i$ : indicador del año.

El análisis costo-beneficio se debe presentar por el periodo de vida útil del proyecto. Considerando que, el año cero de un proyecto corresponde al primer año de ejecución de recursos, o año en que se inician las inversiones.

Una vez obtenido el VPN, este debe ser analizado teniendo en cuenta que el criterio de aceptación, rechazo o indiferencia en la viabilidad de un proyecto, consiste en un VPN mayor a cero, menor a cero, e igual a cero, respectivamente (ver tabla 4).

**Tabla 3.** Interpretación del indicador VPN.

| Valor Presente Neto<br>– VPN | Interpretación  |
|------------------------------|---|
| VPN > 0                      | Los beneficios del proyecto son mayores que sus costos; por lo tanto, se considera que desde el punto de vista social, se aporta de manera subsidiaria en la toma de decisión sobre la viabilidad ambiental del proyecto y se dice que éste genera ganancias en bienestar social. |
| VPN = 0                      | El proyecto no produce beneficios ni costos; por lo tanto, no genera cambios sustanciales en el bienestar social.   |
| VPN < 0                      | Los costos del proyecto son mayores a sus beneficios; por tanto, se debe rechazar el proyecto, ya que provoca pérdidas en bienestar social.   |

**Fuente:** MAVDT & CEDE.

También Es posible usar otra alternativa de análisis, como la relación beneficio costo RBC, que está dada por el cociente entre el valor actual de los beneficios y el valor actual de los costos [56].

**Ecuación 4.** Cálculo del Valor Presente Neto y la Relación Beneficio Costo.

$$RBC = \frac{\sum_i \frac{Bi}{(1+r)^i}}{\sum_i \frac{Ci}{(1+r)^i}} = \frac{VPN_{beneficios}}{VPN_{costos}}$$

**Fuente:** MAVDT&CEDE (2010).

Este indicador muestra como resultado la relación del proyecto en términos del bienestar social generado y este se usa como criterio sobre la rentabilidad de cada una de las alternativas en base a la perspectiva social. Una RBC mayor a uno, significa que el proyecto genera resultados económicamente positivos para la sociedad. Un valor menor que uno, significa que el proyecto provoca un deterioro en bienestar social, y el valor de 1, representa el umbral para la aceptación del proyecto [8].

**Tabla 4.** Interpretación del indicador RBC.

| Relación Beneficio Costo – RBC | Interpretación  |
|--------------------------------|---|
| RBC > 1                        | El proyecto genera bienestar social; se aporta de manera subsidiaria en la toma de decisión sobre la viabilidad ambiental del proyecto y se dice que éste genera ganancias en bienestar social. |
| RBC = 1                        | El proyecto no presenta cambios en bienestar social; por lo tanto es indiferente.   |
| RBC < 1                        | El proyecto empeora el bienestar social; por lo tanto, no es recomendable su ejecución.   |

Fuente: MAVDT & CEDE.

## 6.2 FASE II - Análisis de internalización de impactos en los estudios de impacto ambiental:

### 6.2.1 Análisis de la matriz de identificación de impactos: Matriz de Leopold.

Se tomaron 10 casos de estudio, entre expedientes de la CAR y EIA de proyectos asociados a la extracción de materiales para construcción, se generó un copilado de los impactos producto de la evaluación cuantitativa de cada uno de los estudios analizados, véase en **Anexo 2**. Matriz – Revisión de casos de estudio IA.

La ponderación se realizó de la siguiente manera, en primera instancia, se relacionó el aspecto ambiental con los IA generados en cada uno de los casos de estudio, y se clasificaron según su nivel de significancia, el análisis se desarrolló tomando todos los impactos y relacionándolos con los casos de estudio que los contemplaban, para obtener los impactos más relevantes se seleccionaron los impactos que más se repitieron, como se observa en la Tabla 6. Básicamente mediante esta recopilación se identificaron los posibles impactos generados en el proceso de explotación de arcillas [57].

**Tabla 5.** Impactos más relevantes según los casos de estudio.

| NIVEL DE SIGNIFICANCIA | ASPECTO AMBIENTAL                      | IMPACTO AMBIENTAL               |
|------------------------|--|---------------------------------|
| IRRELEVANTE            | Generación de ruido                    | Reducción de la calidad de vida |
|                        | Emisión de partículas de polvo y pm    | Contaminación atmosférica       |
|                        | Emisión de otros agentes contaminantes |                                 |
|                        | Generación de residuos                 | Generación de estériles inertes |
| MODERADO               | Modificación de la morfología          | Alteración morfológica          |
|                        | Cambios paisajísticos                  | Perdida de la cobertura vegetal |

|   |  |  |
|---|--|--|
|   |  | Fragmentación de hábitats                                      |
|   | Generación de residuos   | Cambio en la composición de suelos                             |
|   |  | Alteración de composición química en fuentes hídricas          |
|   |  | Alteración de la calidad de las aguas                          |
|   | Generación de molestias a la comunidad                         | Reducción de la calidad de vida                                |
|   | Afectación de la red vial                                      |  |
|   | Afectaciones respiratorias de operarios                        |  |
|   | Degradación de características químicas y biológicas del suelo | Cambio en la composición geológica                             |
| Arrastre de sedimentos por aguas de escorrentía | Perdida de la capa orgánica                                    |  |
| <b>SEVERO</b>                                   | Generación de ruido  | Contaminación atmosférica                                      |
|   | Cambio en la geomorfología                                     | Modificación del relieve                                       |
|   | Modificación de la morfología                                  | Perdida de suelo<br>Degradación de la zona objeto del proyecto |
|   | Alteración del cauce   | Alteración de la escorrentía superficial                       |
|   | Cambios paisajísticos  | Impacto visual   |

**Fuente:** los Autores.

La elección de la matriz de Leopold como herramienta para la identificación de los impactos ambientales se tomó con base a las ventajas que presenta este método. Estas favorecen el desarrollo de la guía pues el método no requiere de medios sofisticados para su aplicación, presenta un barrido completo del proyecto y su uso no requiere de análisis complejos. Por otro lado, las desventajas que representa utilizar esta matriz son: su proceso de evaluación es subjetivo por ende se debe contar con un grupo de evaluadores expertos en este tipo de proyectos, no hay una interacción entre los diferentes factores ambientales, no se distingue entre efectos a corto y largo plazo para contra arrear esta externalidad se pueden realizar matrices según las escalas de tiempo, a su vez serán abordadas con el fin de evitar las ambigüedades existentes al utilizar dicha herramienta.

Teniendo en cuenta la especificidad del tema objeto de estudio (Valoración económica de impactos ambientales en proyectos de extracción de materiales de construcción) la matriz ha sido modificada en algunos aspectos para lograr ajustarla hacia un enfoque específico. La herramienta constituye un método indirecto que califica las interacciones entre proyecto y ambiente. Normalmente los factores ambientales que componen una de las entradas de la matriz no apuntan hacia un impacto específico, sino, hacia la alteración de uno de los componentes del medio ambiente. De modo que, para este trabajo y basados en la bibliografía y los listados de impactos del libro de arboleda, se ingresaron una serie de impactos que están relacionados directamente con la actividad objeto de estudio, con el fin de dar más precisión y robustez a la herramienta utilizada para la identificación. También, se construyó un proceso extractivo que contempla la mayor cantidad de actividades que se consideraron pertinentes en la preparación, explotación y desmantelamiento; que logren generar una perspectiva de todas las interacciones posibles dentro en un proyecto de extracción de material para construcción. Finalmente se invirtió el orden de los ejes, es decir, los factores ambientales receptores de impactos \ acciones del proyecto susceptibles de producir impactos) [58], con el fin de facilitar la lectura y el conteo, y su respectivo análisis.

Finalmente se procede a realizar la categorización para la posterior identificación de impactos relevantes, a continuación, se presenta la interpretación de los resultados:

Los impactos determinados con base en la bibliografía y los listados de impactos del libro de Arboleda relacionados con los proyectos del sector minero, más específicamente para extracción de arcillas en canteras a cielo abierto, fue un total de 43 impactos. Mediante la ponderación de la matriz de Leopold se identificaron según su clase: 41 impactos negativos y 2 impactos positivos. Basados en los criterios de; clase, magnitud e importancia, se jerarquizaron los impactos según su nivel de significancia o relevancia, como se puede observar en la **Tabla 1**.

**Tabla 6.** Clasificación del número de impactos negativos producto de la extracción de arcillas.

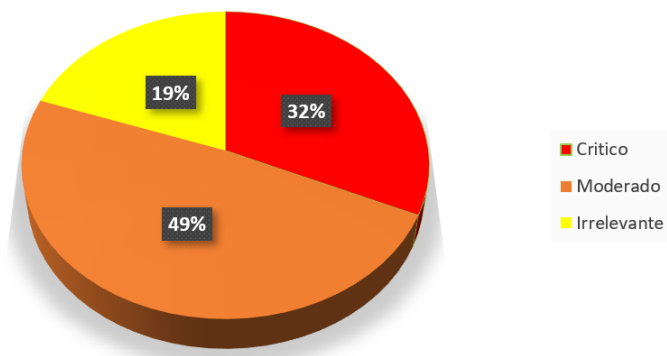
| NIVEL DE SIGNIFICANCIA | DE | NUMERO DE IMPACTOS | DE |
|------------------------|----|--------------------|----|
| Critico                |    | 13                 |    |
| Moderado               |    | 20                 |    |
| Irrelevante            |    | 8                  |    |

Fuente: Autores.

Como se observa en la **Tabla 2**, el 49% de los impactos identificados tienen un nivel de significancia moderado. Dentro de este grupo los componentes FARI más afectados son: geología en un 70%, suelos en 70%, geomorfología en 100%, agua en un 90%, político en 100%.

**Tabla 7.** Nivel de significancia de impactos negativos.

## NIVEL DEL SIGNIFICANCIA



Fuente: Autores.

El 32% de los impactos negativos tiene un nivel de significancia crítico, los componentes FARI con mayor grado de afectación son: Suelo con el 30%, Geología con el 37%, flora con el 55%, Fauna con el 69%, Aire con el 70%, Paisaje con el 77%.

El restante 19% de los impactos negativos tiene un nivel de significancia irrelevante. Los componentes FARI con mayor grado de afectación son: económico con el 100%, demográfico, social y político con el 50%, agua con el 10%. Véase en el **Anexo 2**. Matriz - Matriz.

### 6.2.2 Identificación de los SSEE involucrados:

En esta etapa del proyecto se encuentran jerarquizados los impactos ambientales según su relevancia y su respectiva clasificación global. A continuación, observamos los impactos clasificados de mayor a menor nivel de relevancia, con su respectivo valor ponderado entre paréntesis “(valor)”, una breve descripción del impacto, los SSEE involucrados y finalmente los indicadores que permiten evaluar el cambio.

- **Impacto relevante #1 (9.5)**

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| <b>Componente</b>              | Flora.   |
| <b>Impacto ambiental</b>       | Perdida de especies endémicas.   |
| <b>Descripción del impacto</b> | Se debe al cambio que sufre el ecosistema por la intervención antrópica. Como consecuencia se ven afectadas las especies endémicas bien sea por la fragmentación del hábitat o por la pérdida de coberturas vegetales. |
| <b>Servicios ecosistémicos</b> | Servicios de regulación y de soporte, por ejemplo, el ciclo hídrico, control de la erosión y fotosíntesis, formación de suelo, respectivamente.  |
| <b>Indicadores</b>             | Flow of freshwater provision, indicador de manejo de suelos (IMS) y Secuestro de C.  |

- **Impacto relevante #2 (9.07)**

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| <b>Componente</b>              | Suelo.   |
| <b>Impacto ambiental</b>       | Remoción de la capa orgánica.  |
| <b>Descripción del impacto</b> | Es un proceso que implica la pérdida de las capas de suelo y por ende la alteración de los horizontes orgánicos.   |
| <b>Servicios ecosistémicos</b> | Servicios culturales, de regulación y aprovisionamiento como: la recreación y el turismo, en mayor medida la formación de suelo y finalmente la reducción de la producción primaria. |
| <b>Indicadores</b>             | Presión del sitio (#turistas/año), Intensidad de uso (#personas/hectárea), Indicador de manejo de suelos (IMS) y Toneladas producto/ha*año.  |

- **Impacto relevante #3 (9)**

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>Componente</b>              | Paisaje.  |
| <b>Impacto ambiental</b>       | Fragmentación de hábitats.  |
| <b>Descripción del impacto</b> | La fragmentación es una transformación del paisaje que conlleva a la generación de discontinuidades en los hábitats; lo que en principio era una superficie continua de vegetación, se transforma en un conjunto de fragmentos aislados entre sí.                                       |
| <b>Servicios ecosistémicos</b> | Servicios de soporte, aprovisionamiento y culturales se ven afectados, principalmente, formación de suelo y fotosíntesis directamente, en menor medida la producción de materias primas bióticas y finalmente, apreciación estética e inspiración para la cultura, el arte y el diseño. |
| <b>Indicadores</b>             | Indicador de manejo de suelos (IMS), Secuestro de C, Toneladas producto/ha*año y Coberturas vegetales conservadas ó áreas conservadas   |

- **Impacto relevante #4 (8.67)**

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>Componente</b>              | Geomorfológico.   |
| <b>Impacto ambiental</b>       | Desestabilización de taludes.   |
| <b>Descripción del impacto</b> | Se conoce como el movimiento, desprendimiento o desplome de una cantidad de masa, generando inestabilidad en el terreno debido a la pérdida del apoyo en la base del mismo.   |
| <b>Servicios ecosistémicos</b> | Servicios de soporte y aprovisionamiento y regulación principalmente. La formación del suelo estos servicios y los procesos ecológicos son necesarios para el aprovisionamiento así mismo el servicio de regulación de control de la erosión. |
| <b>Indicadores</b>             | Indicador de manejo de suelos (IMS) y Tonelada de producto/ha*t   |

- **Impacto relevante #5 (8.61)**

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| <b>Componente</b>              | Agua.  |
| <b>Impacto ambiental</b>       | Alteración de cauces naturales.  |
| <b>Descripción del impacto</b> | Modificación de los cauces naturales de los cuerpos de agua por la construcción de infraestructura o por la probabilidad de inundación en una zona específica.                             |
| <b>Servicios ecosistémicos</b> | Servicios de regulación como el ciclo del agua y control de la erosión, servicios de aprovisionamiento como el agua para uso agrícola y afectación de la abundancia de especies acuáticas. |
| <b>Indicadores</b>             | Flow of freshwater provision, indicador de manejo de suelos IMS, huella hídrica agrícola y Tonelada producto/ha*t)   |

- **Impacto relevante #6 (8.20)**

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>Componente</b>              | Paisaje.  |
| <b>Impacto ambiental</b>       | Deterioro de la calidad visual.   |
| <b>Descripción del impacto</b> | El deterioro de la calidad visual del paisaje es producto de la preparación, adecuación, construcción de infraestructura para la explotación de arcillas. |
| <b>Servicios ecosistémicos</b> | Los servicios culturales se ven afectados directamente como: El turismo y la apreciación estética e inspiración para la cultura, el arte y el diseño.     |
| <b>Indicadores</b>             | Presión del sitio (#turistas/año), Intensidad de uso (#personas/hectárea) y Coberturas vegetales conservadas ó áreas conservadas.                         |

- **Impacto relevante #7 (8.20)**

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| <b>Componente</b>              | Fauna.   |
| <b>Impacto ambiental</b>       | Migración por alteración del hábitat.  |
| <b>Descripción del impacto</b> | Debido a la perturbación del hábitat se genera la migración de la fauna hacia otros lugares.   |
| <b>Servicios ecosistémicos</b> | Se ven afectados servicios de regulación y aprovisionamiento como: la polinización y la productividad de ganado o especies de interés. |
| <b>Indicadores</b>             | # individuos /ha y Tonelada producto/ha*t.   |

- **Impacto relevante #8 (8.15)**

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| <b>Componente</b>              | Aire.  |
| <b>Impacto ambiental</b>       | Contaminación atmosférica por gases.                                   |
| <b>Descripción del impacto</b> | Es la alteración de la composición natural de la atmosfera debido a la |

|                                |   |
|--------------------------------|---|
|                                | interacción de los gases contaminantes que se constituyen principalmente por: CO, CO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> y O <sub>3</sub> . |
| <b>Servicios ecosistémicos</b> | Debido a la alteración en los procesos de los gases que componen la atmosfera se evidencian los servicios de regulación como la regulación del clima local y la calidad del aire.                           |
| <b>Indicadores</b>             | Secuestro de C e índice de la calidad del aire.   |

- **Impacto relevante #9 (8.10)**

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>Componente</b>              | Flora.  |
| <b>Impacto ambiental</b>       | Perdida de agroecosistemas.   |
| <b>Descripción del impacto</b> | Es la pérdida de la biodiversidad agrícola dentro de un ecosistema.   |
| <b>Servicios ecosistémicos</b> | Los SSEE de soporte y de aprovisionamiento que se ven afectados son: recursos genéticos para la agricultura, agua, y materias primas bióticas como la leña. |
| <b>Indicadores</b>             | <i>Semillas o flora y fauna medicinales de interés, huella hídrica agrícola, y Tonelada producto/ha*t</i>   |

- **Impacto relevante #10 (8.06)**

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| <b>Componente</b>              | Agua.  |
| <b>Impacto ambiental</b>       | Agotamiento del recurso hídrico.   |
| <b>Descripción del impacto</b> | Uso excesivo de agua en tratamientos de las materias primas o rosear y evitar el levantamiento de material particulado.                                    |
| <b>Servicios ecosistémicos</b> | Servicios de soporte como el ciclo del agua, servicios de aprovisionamiento como el agua para consumo y afectación de la abundancia de especies acuáticas. |
| <b>Indicadores</b>             | <i>Flow of freshwater provision, huella hídrica y Tonelada producto/ha*t.</i>  |

- **Impacto relevante #11 (8.06)**

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| <b>Componente</b>              | Agua.  |
| <b>Impacto ambiental</b>       | Afectación de aguas superficiales y subterráneas.  |
| <b>Descripción del impacto</b> | Contaminación de aguas por vertimientos de sustancias químicas y nocivas que fluyen por cuerpos de agua superficiales o permean a capas inferiores del suelo.                              |
| <b>Servicios ecosistémicos</b> | Servicios de regulación como el ciclo del agua y control de la erosión, servicios de aprovisionamiento como el agua para uso agrícola y afectación de la abundancia de especies acuáticas. |

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Indicadores</b> | Huella hídrica, Indicador de manejo de suelos (IMS), huella hídrica agrícola y Tonelada producto/ha*t. |
|--------------------|--|

- **Impacto relevante #12 (8.04)**

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>Componente</b>              | Aire.   |
| <b>Impacto ambiental</b>       | Contaminación atmosférica por ruido.  |
| <b>Descripción del impacto</b> | Se debe al exceso de sonidos que alteran las condiciones normales del ambiente, este puede presentarse por el uso de maquinaria pesada o por el transporte de material. |
| <b>Servicios ecosistémicos</b> | El ecosistema pierde beneficios no materiales, como: Apreciación estética e inspiración para la cultura, el arte y el diseño, turismo, y calidad del aire.              |
| <b>Indicadores</b>             | Coberturas vegetales conservadas ó áreas conservadas, Intensidad de uso (#personas/hectárea) y presión del sitio (#turistas/año)  |

- **Impacto relevante #13 (8)**

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>Componente</b>              | Aire.   |
| <b>Impacto ambiental</b>       | Contaminación atmosférica por material particulado.   |
| <b>Descripción del impacto</b> | Se define como la alteración de la composición natural de la atmósfera como consecuencia de la entrada en suspensión de partículas, ya sea por causas naturales o antropogénicas.   |
| <b>Servicios ecosistémicos</b> | Debido a la alteración en los procesos de los gases que componen la atmósfera se evidencian los servicios de soporte y culturales como: hábitat para especies y apreciación estética e inspiración para la cultura, el arte y el diseño, y turismo. |
| <b>Indicadores</b>             | # individuos/ha, coberturas vegetales conservadas ó áreas conservadas y presión del sitio (#turistas/año), Intensidad de uso (#personas/hectárea).  |

### 6.2.3 Cuantificación biofísica

Después de la identificación de los impactos relevantes y los SSEE que se ven afectados, según los “Criterios Técnicos para el uso de Herramientas Económicas”, se establece que, para un correcto desarrollo de la VEA, la cuantificación biofísica es un paso imprescindible, debido a que el cambio de la calidad de los SSEE repercute en la calidad ambiental, directamente en el bienestar social, por ello es necesario establecer la expresión del impacto en unidades de valor o medición. Por consecuencia, en esta guía se encontrarán los instructivos para un desarrollo correcto de la cuantificación biofísica.

La valoración biofísica establece la capacidad que tiene un ecosistema para prestar diferentes tipos de SSEE, por ello, logra ser analizada por medio del reconocimiento, cuantificación y la integración de un conjunto de variables biofísicas [59]. Al hablar de cuantificación biofísica se hace referencia a la expresión del impacto en unidades medibles y en función al indicador que es usado para determinar el cambio en algún parámetro ambiental, por ende, debe ser expresado en las mismas unidades, por ejemplo; si la unidad se relaciona con el área, la producción y el tiempo, la cuantificación del impacto puede expresarse en toneladas por hectárea al mes.

A continuación, encontramos la tabla (**Tabla 8. Relación SSEE-indicador.**) que relaciona los SSEE involucrados para los impactos ambientales relevante obtenidos través de la matriz. La tabla describe el indicador utilizado para medir y el método utilizado para su cálculo, y así, lograr identificar los cambios en los SSEE con la puesta en marcha de las actividades pertinentes del proyecto extractivo.

**Tabla 8. Relación SSEE-indicador.**

| SERVICIO ECOSISTÉMICO   | INDICADOR   | MÉTODO  |
|---|---|---|
| Regulación del ciclo hídrico  | Flow of freshwater provision (m <sup>3</sup> /año) [60]                 | Balance hídrico general [61]  |
| Control de la erosión   | Indicador de manejo de suelo (IMS) (Ton/año)                            | Área susceptible de erosión protegida/área susceptible de erosión que requiere protección         |
| Fotosíntesis  | Secuestro de C (Ton CO <sub>2</sub> /año)                               | Almacenamiento de carbono sobre el suelo vinculado a cada uso de suelo [62]                       |
| Formación del suelo   | Indicador de manejo de suelos (IMS) (Ton/Año)                           | Área susceptible de erosión protegida/área susceptible de erosión que requiere protección         |
| Recreación y turismo  | Presión del sitio (#turistas/año), Intensidad de uso (#turistas/ha)     | Encuestas en alojamientos o sitios turísticos sobre número de visitantes en diferentes temporadas |
| Sistemas productivos  | Tonelada de producto/ha*t ó # empleos/año (Ton/ha*año) (#empleo/año)    | Aproximación al servicio de provisión de alimentos basado en el CNA 2014 (DANE) [63]              |
| Apreciación estética e inspiración para la cultura, el arte y el diseño | Coberturas vegetales conservadas ó áreas conservadas (Ton/año) (ha/año) | Coberturas vegetales conservadas/ coberturas vegetales que requieren de conservación              |
| Agua para uso agrícola  | Huella hídrica agrícola (m <sup>3</sup> )                               | Metodología para el cálculo de la huella hídrica agrícola [64]                                    |
| Hábitat para especies   | # individuos/ha   | Conteo de especies de fauna y flora   |
| Polinización  | # individuos/ha   | Conteo de especies faunísticas  |
| Regulación del clima local  | Secuestro de C (Ton CO <sub>2</sub> /año)                               | Almacenamiento de carbono sobre el suelo vinculado a cada   |

|                          |  |   |
|--------------------------|--|---|
|                          |  | uso de suelo [62]   |
| Calidad del aire         | ICA (O <sub>3</sub> , PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , CO, SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> ) | Medición de las concentraciones de contaminantes en los SVCA [62] |
| Recursos genéticos       | Semillas o flora y fauna medicinales de interés (# especies)   | Conteo de especies de interés medicinal                           |
| Agua para consumo humano | Huella hídrica (m <sup>3</sup> )   | Metodología para el cálculo de la huella hídrica [64]             |

**Fuente. Autores.**

#### **6.2.4 Medida de manejo seleccionada e indicadores asociados**

Las fichas de manejo elaboradas están basadas en los impactos relevantes directamente, mas no, en el componente específico de los mismos, como sucede actualmente en los PMA de las empresas que se encargan de la extracción minera o de materiales de construcción, brindando así una mayor especificidad en las medidas o acciones a desarrollar. También, busca construir un indicador específico para evaluar cada medida planteada que permitirá hacer un seguimiento más detallado de la ejecución o puesta en marcha de las fichas de manejo.

La efectividad que presentará la implementación y aplicación de la ficha planteada para cada impacto ambiental y la cantidad de medidas preventivas y correctivas, brindará el criterio necesario para determinar cuáles de estos impactos serán internalizables en su totalidad y cuáles no, por lo tanto, estos impactos no internalizables procederán al proceso de valoración económica ambiental de impactos.

Cada ficha de manejo elaborada cuenta con objetivo general y objetivos específicos que apuntan hacia la prevención y corrección del impacto, unos impactos asociados que sirven como referencia para la búsqueda que medidas de manejo de otros impactos que pueden relacionarse o brindar directrices para la construcción o elaboración de medidas más específicas para el impacto de interés.

De acuerdo con la revisión bibliográfica de los diferentes estudios de caso de los proyectos mineros y sus respectivos PMA, se lograron encontrar medidas de manejo que se consideran apropiadas o pertinentes para algunos de los impactos específicos presentes en este trabajo. Al vincular estas medidas con un indicador ambiental adecuado, se logra un control a través del tiempo sobre el progreso de las medidas de manejo, a su vez, el compilado de medidas planteadas para cada impacto busca involucrar todos los aspectos posibles que deben ser considerados para llegar a efectividades de manejo superiores al 95% y una vez se cumplan todos los parámetros que se establecen en estas fichas de manejo, se considera que los impactos logran ser internalizados mediante las medidas de

manejo planteadas y que el carácter de la ficha de manejo es específico para ese impacto. Por ejemplo, dentro del componente aire tenemos 3 impactos relevantes entre ellos la emisión de gases y material particulado. La parametrización de estas fichas de manejo permite establecer una diferencia clara entre las medidas que se enfocan hacia la prevención y corrección de las emisiones por gases a través del mantenimiento adecuado de los motores, equipos o instrumentos, la garantía de los certificados de técnico-mecánicos, la selección de combustibles puros o ultra puros, ... etc. Pero estas medidas específicas no sirven para atender preventiva y correctivamente la emisión de material particulado pues este tipo de emisión no se puede evitar con ninguna de las medidas para el manejo de gases. Este tipo de diferencias son las que a través del tiempo en los PMA de los proyectos mineros no han sido tenidas en cuenta pues en muchos de los casos revisados se establecen medidas que envuelven por completo el componente aire sin tener en cuenta las especificidades que cada impacto representa.

### 6.2.5 Resultados esperados de la medida

Una vez analizadas las fichas de manejo propuestas y dado el enfoque que este trabajo presenta, se pretendió buscar medidas de manejo preventivas y correctivas que logren una efectividad superior al 95% en sus objetivos a través de medidas que están al alcance de cualquier organización que pretenda realizar extracción de materiales de construcción. Como se mencionaba anteriormente, el diseño de las fichas de manejo está planteado por impacto ambiental mas no por componente, esto permite ampliar el alcance de las acciones a desarrollar propuestas, minimizando los vacíos en donde se generan impactos ambientales que no son atendidos ni tenidos en cuenta en los Estudios de Impacto Ambiental. A continuación, un listado donde se indicarán los impactos que son susceptibles de ser internalizados vs los impactos no internalizados:

**Tabla 9.** Listado de impactos internalizables y no internalizables.

|  |
|--|
| <b>Impactos ambientales internalizables</b>      |
| Fragmentación del hábitat                        |
| Migración por alteración del hábitat             |
| Alteración de cauces naturales                   |
| Desestabilización de taludes                     |
| Afectación de la calidad visual                  |
| Perdida de especies endémicas                    |
| Contaminación atmosférica por gases              |
| <b>Impactos ambientales no internalizables</b>   |
| Remoción de la capa orgánica                     |
| Perdida de agroecosistemas                       |
| Agotamiento del recurso hídrico                  |
| Afectación de aguas superficiales y subterráneas |

|  |
|--|
| Contaminación atmosférica por materias particulado |
| Contaminación atmosférica por ruido                |

**Fuente:** *Autores.*

Los resultados de las fichas de manejo muestran que la mayor cantidad de impactos relevantes generados por la extracción de material para construcción son considerados como impactos que pueden ser prevenidos y o corregidos según lo planteado por las acciones de cada uno de los impactos, con un 46.15% observamos que son internalizables, el 53.85% restante pertenece a impactos no internalizables y deberán ser sujetos de VEA mediante metodologías para valoración económica de impactos. Dentro del análisis de los impactos proyectados pueden llegar a ser internalizados siempre que se cumpla con un 100 %, es decir que la medida aplicada tenga un 100 % de eficiencia, de no ser así, se deberá proceder e identificar los motivos y posteriormente realizar su respectiva VEA. Este seguimiento será realizado mediante los informes de cumplimiento ambiental (ICA) que son instrumento de prevención, seguimiento y control, enfocados hacia el autocontrol y al mejoramiento continuo de la gestión ambiental por parte del solicitante de la licencia ambiental. [65]

Los costos provenientes del control de los impactos ambientales presentes en el área de influencia, son los costos de los impactos ambientales que son controlados en su totalidad a través de la implementación de las medidas del PMA, representan la inversión necesaria para llevar a cabo la ejecución de las medidas de prevención o corrección, en cambio, los impactos de no internalización deben ser cuantificados a través de (VEA), estimándose el costo por evitar o reducir la afectación, es decir; cuánto vale en términos monetarios el uso de los recursos naturales.

### **6.2.6 Costos ambientales anuales**

Dado que el alcance de este estudio es una revisión general del procedimiento para la internalización de impactos y la valoración de los que no permitan ser internalizados, no se cuenta con la información específica que es necesaria para realizar el cálculo de los costos anuales ambientales anuales, dado que, todos los proyectos varían en cuanto a factores como: el área, el volumen de extracción esperado, personal requerido, tipos de ecosistemas dentro de la zona de influencia del proyecto, etc. No es posible establecer parámetros generales que midan precisamente los costos asociados al desarrollo de las actividades para el manejo del impacto ambiental.

Sin embargo, el cálculo de los Costos Ambientales Anuales no es un procedimiento que presente un nivel de complejidad alto. Consiste básicamente en diferenciar las medidas planteadas de modo que permita ver los diferentes tipos de acciones a desarrollar o medidas, teniendo en cuenta que este cálculo es para los costos ambientales de la

implementación de las fichas de manejo, y también, lograr identificar claramente las variables necesarias para su estimación a través de la ecuación de los Costos Ambientales Anuales (**Ecuación 5.**) que se presenta a continuación

*Ecuación 5.* Estimación de los costos ambientales.

$$ECi = CTi + COi + CPi$$

**Fuente:** Grupo de valoración económica del ANLA.

Esta ecuación se compone por 3 costos diferentes que representan lo siguiente:

- **Costos de personal:** Involucran el costo equivalente al personal requerido para la implementación y ejecución de cada medida de prevención o corrección, o del manejo de los impactos ambientales internalizables [8].
- **Costos operativos:** Este costo se refiere a las inversiones que conservan la calidad ambiental, incluye gastos en manejo ambiental, gastos de restauración, siembras y cerramientos, adquisición, funcionamiento y mantenimiento de equipos de tratamiento monitoreo, entre muchos otros. Es decir, corresponde a equipos, maquinarias, materiales y métodos necesarios para aplicar las medidas de prevención y corrección [8].
- **Costos de transacción:** Se refieren al valor de los impuestos, tasas, tarifas y precios de mercado por pagar al hacer uso de un bien o servicio ambiental [8].

### **6.3 FASE III - Evaluación las técnicas de valoración económica ambiental (VEA):**

A continuación se describen la relación metodología - impacto para la VEA de los impactos designados no internalizables, partiendo de la clasificación de las diferentes metodologías VEA las cuales se dividen en dos grupos: los basados en preferencias reveladas (mercados) y los de preferencias declaradas (encuestas), a su vez se utilizarán las metodologías idóneas para la evaluación de cada uno de los impactos teniendo en cuenta los criterios técnicos y los escenarios del proyecto, obra o actividad.

La efectividad que presentará la implementación y aplicación de la ficha planteada para cada impacto ambiental y la cantidad de medidas preventivas y correctivas, brindará el criterio necesario para determinar cuáles de estos impactos serán internalizables en su totalidad y cuáles no, por lo tanto, estos impactos no internalizables procederán al proceso de valoración económica ambiental de impactos. A continuación, en las fichas, se establece la relación impacto-metodología:

**Tabla 10.** Ficha # 1 remoción de la capa orgánica.

|  |  |
|--|--|
| <b>Componente</b>  | Suelo  |
| <b>Impacto ambiental</b>   | Remoción de la capa orgánica   |
| <b>Descripción del impacto</b>   | Es un proceso que implica la pérdida de las capas de suelo y por ende la alteración de los horizontes orgánicos.   |
| <b>Servicios ecosistémicos</b>   | Servicios culturales, de regulación y aprovisionamiento como: la recreación y el turismo, en mayor medida la formación de suelo y finalmente la reducción de la producción primaria.   |
| <b>Métodos VEA</b>   | -Costos actuales y potenciales - Costo de replazo (CR)<br>Preferencias declaradas – Valoración contingente (MVC)   |
| <b>Descripción de los métodos y de la pertinencia para el impacto.</b> | <p>CR<br/>Los gastos de restauración parten del supuesto que es posible medir los gastos incurridos para reponer los daños en activos generados por las actividades antrópicas, estos gastos se interpretan como: la estimación de la pérdida de bienestar, producto de la pérdida de calidad del suelo. El valor económico de los SSEE debe ser igual al valor de dichos gastos, para que la sociedad esté dispuesta a asumir la afectación del bienestar. Se eligió este método debido a la baja disposición de recursos e información, que en muchas ocasiones se tiene para la prevención, mitigación, corrección y compensación del impacto “remoción de la capa orgánica del suelo, dado que, el método se emplea para el uso indirecto de los ecosistemas cuando no existe información sobre la relación ambiente vs daños producidos.</p> <p>MVC<br/>Para el SSEE de cultura se parte un mercado hipotético, y partir de este los individuos toman decisiones, es decir, que mediante esta metodología se parte del hecho que los consumidores le asignen un valor con un bien o servicio incluyendo las diferentes condiciones de atributos que este posee. Este método es implantado ya que para este caso las personas asignan un valor independientemente si lo van a utilizar, como, por ejemplo: la conservación de los ecosistemas para la parte de recreación y turismo.</p> |

**Fuente:** Autores.

**Tabla 11.** Ficha # 2 pérdida de agroecosistemas.

|                   |       |
|-------------------|-------|
| <b>Componente</b> | Suelo |
|-------------------|-------|

|  |  |
|--|--|
| <b>Impacto ambiental</b>   | Pérdida de agroecosistemas   |
| <b>Descripción del impacto</b>   | Es la pérdida de la biodiversidad agrícola dentro de un ecosistema.  |
| <b>Servicios ecosistémicos</b>   | Los SSEE de soporte y de aprovisionamiento que se ven afectados son: recursos genéticos para la agricultura, agua, y materias primas bióticas como la leña.  |
| <b>Métodos VEA</b>   | Precios de mercado - cambios en la productividad (CP)<br>Costos actuales y potenciales – costos de remplazo (CR)   |
| <b>Descripción de los métodos y de la pertinencia para el impacto.</b> | <p>CP</p> <p>La alteración en la productividad a partir de cambios en la calidad ambiental, se convierten en una pérdida de valor o ganancias en la producción, con el fin de valorar estos cambios se usan técnicas que consideran el bien o servicio ambiental como un insumo. En las funciones de producción tradicionales, si un insumo es deteriorado, se presentan pérdidas en los ingresos de los productores, por ejemplo: si el proyecto, obra o actividad de extracción de arcillas afecta los parámetros de calidad y su uso del suelo. Los costos económicos por el deterioro en la calidad del suelo se pueden medir por la disminución de los ingresos de los productores, como consecuencia de una menor productividad agrícola [14]. Esta metodología se utiliza cuando se tienen SSEE con valores directos como los factores de producción y el impacto de la degradación del ambiente sobre la producción futura puede ser calculado.</p> <p>CR</p> <p>Los gastos de restauración parten del supuesto que es posible medir los gastos incurridos para reponer los daños en activos generados por las actividades antrópicas, estos gastos se interpretan como: la estimación de la pérdida de bienestar, producto de la pérdida de calidad del suelo. El valor económico de los SSEE debe ser igual al valor de dichos gastos, para que la sociedad esté dispuesta a asumir la afectación del bienestar. Se eligió este método debido a la baja disposición de recursos e información, que en muchas ocasiones se tiene para la prevención, mitigación, corrección y compensación del impacto “remoción de la capa orgánica del suelo, dado que, el método se emplea para el uso indirecto de los ecosistemas cuando no existe información sobre la relación ambiente VS daños producidos.</p> |

**Fuente:** Autores.

**Tabla 12.** Ficha # 3 agotamiento de recurso hídrico.

|  |  |
|--|--|
| <b>Componente</b>  | Agua   |
| <b>Impacto ambiental</b>   | Agotamiento del recurso hídrico  |
| <b>Descripción del impacto</b>   | Uso excesivo de agua en tratamientos de las materias primas o rosear y evitar el levantamiento de material particulado.  |
| <b>Servicios ecosistémicos</b>   | Servicios de soporte como el ciclo del agua, servicios de aprovisionamiento como el agua para consumo y afectación de la abundancia de especies acuáticas.   |
| <b>Métodos VEA</b>   | Precios de mercado - cambio en la productividad. (CP)<br>Costos actuales y potenciales - costos de remplazo (CR)   |
| <b>Descripción de los métodos y de la pertinencia para el impacto.</b> | <p>CP</p> <p>La alteración en la productividad a partir de cambios en la calidad ambiental, se convierten en una pérdida de valor o ganancias en la producción, con el fin de valorar estos cambios se usan técnicas que consideran el bien o servicio ambiental como un insumo, es decir, si un insumo es deteriorado, se presentan pérdidas en los ingresos de los productores, por ejemplo: si el proyecto, obra o actividad de extracción de materiales de construcción, altera la regulación hídrica de una microcuenca la cual abastece aguas abajo el sector agrícola y a la comunidad, de esta manera, los costos los costos económicos por el deterioro en la calidad del agua se pueden medir por la disminución de los ingresos de los productores, como consecuencia de una menor productividad agrícola, y por los costos de asegurar el abastecimiento del agua potable a la población (MAVDT &amp; CEDE, 2010).</p> <p>CR</p> <p>Los gastos de restauración parten del supuesto que es posible medir los gastos incurridos para reponer los daños en activos generados por las actividades antrópicas, estos gastos se interpretan como: la estimación de la pérdida de bienestar, producto de la pérdida de calidad la afectación de las especies acuáticas. El valor económico de los SSEE debe ser, igual al valor de dichos gastos, para que la sociedad esté dispuesta a asumir la afectación del bienestar.</p> <p>Se elige este método dado que la cuantificación monetaria sirve para apoyar mediante los resultados obtenidos el ACB del proyecto obra o actividad, ya que consideran las externalidades positivas y negativas que se generen a partir de la afectación del recurso hídrico. Estima la productividad marginal de parámetros ambientales como: el abastecimiento de agua y extrapolar el valor para estimar la pérdida de excedente del productor derivada del impacto ambiental.</p> |

**Fuente:** Autores.

**Tabla 13. Ficha # 4 afectación de aguas superficiales y subterráneas.**

|  |  |
|--|--|
| <b>Componente</b>  | Agua.  |
| <b>Impacto ambiental</b>   | Afectación de aguas superficiales y subterráneas.  |
| <b>Descripción del impacto</b>   | Contaminación de aguas por vertimientos de sustancias químicas y nocivas que fluyen por cuerpos de agua superficiales o permean a capas inferiores del suelo.  |
| <b>Servicios ecosistémicos</b>   | Servicios de regulación como el ciclo del agua y control de la erosión, servicios de aprovisionamiento como el agua para uso agrícola y afectación de la abundancia de especies acuáticas.   |
| <b>Métodos VEA</b>   | Preferencias declaradas – Experimentos de elección (EE)<br>Precios de Mercado- Cambio de productividad (CP)  |
| <b>Descripción de los métodos y de la pertinencia para el impacto.</b> | <p>EE</p> <p>La afectación a la calidad de aguas superficiales y subterráneas constituyen un servicio complejo ya que representan diferentes SSEE incluyendo aspectos biofísicos, bióticos y socioeconómicos. Sin embargo, la mayoría de los bienes y servicios obtenidos mediante aguas superficiales y subterráneas carecen de un mercado real, como la regulación del ciclo del agua. Los experimentos de elección incluyen más de una variación en la calidad o cantidad de un bien, en estos métodos se le presentan distintas alternativas a la persona entrevistada y se le pregunta de una determinada manera para que exprese sus preferencias.</p> <p>Este método utiliza series de preguntas con dos o más alternativas (en cada alternativa pueden variar los valores de los distintos atributos, incluido el pago monetario) de entre las cuales la persona entrevistada debe escoger la que más prefiera. Así se estiman las preferencias respecto a los atributos de un determinado estado ambiental y los valores marginales de cada atributo. Es un método similar a la valoración contingente, pero, este revela la estructura de las preferencias de los individuos y no únicamente su valoración monetaria como en la valoración contingente, también, refleja mejor el tipo de elección multi-atributo que la elección unidimensional del MVC.</p> <p>CP</p> <p>Es práctica habitual incluir la alternativa que corresponde a la situación de status quo para poder interpretar los resultados en términos de economía de bienestar. Las características del bien descrito reciben el nombre de atributos, y el pago o compensación asociado a los cambios se denomina también atributo. Estos pueden ser por ejemplo “la cantidad del CO2 que anualmente absorbe una</p> |

|  |   |
|--|---|
|  | <p>determinada superficie de bosque” o “el número máximo de visitantes simultáneos que se permite en un espacio natural”.</p> <p>Para los SSEE de regulación se relaciona el método de cambio de productividad, debido a la alteración en la productividad a partir de cambios en la calidad ambiental, donde esta se convierten en una pérdida de valor o ganancias en la producción, con el fin de valorar estos cambios se usan técnicas que consideran el bien o servicio ambiental como un insumo, es decir, si un insumo es deteriorado, se presentan pérdidas en los ingresos de los productores, por ejemplo: si el proyecto, obra o actividad de extracción de materiales de construcción, genera una afectación en las especies acuáticas, contaminación de pesca. Como las aguas están contaminadas, se reduce su capacidad de mantener los peces existentes, lo cual tiene un efecto sobre los ingresos de los pescadores los costos los costos económicos por el deterioro en la calidad del agua se pueden medir por la disminución de los ingresos de los productores, como consecuencia de una menor productividad agrícola, y por los costos de asegurar el abastecimiento del agua potable a la población</p> |
|--|---|

**Fuente:** Autores.

**Tabla 14.** Ficha #5 contaminación atmosférica por material particulado.

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| <b>Componente</b>              | Aire.  |
| <b>Impacto ambiental</b>       | Contaminación atmosférica por material particulado y gases.  |
| <b>Descripción del impacto</b> | Se define como la alteración de la composición natural de la atmósfera como consecuencia de la entrada en suspensión de partículas, ya sea por causas naturales o antropogénicas.  |
| <b>Servicios ecosistémicos</b> | Debido a la alteración en los procesos de los gases que componen la atmosfera se evidencian los servicios de soporte y culturales como: hábitat para especies y apreciación estética e inspiración para la cultura, el arte y el diseño, y turismo.  |
| <b>Método VEA</b>              | Precios de mercado - Método del costo de la enfermedad (MCE).<br>Preferencias declaradas- Método Conjoint. (CJ)  |
| <b>Descripción del método</b>  | <p>MCE</p> <p>Las alteraciones de las condiciones del medio ambiente afectan la salud del ser humano en diversos aspectos, como, por ejemplo: incremento en la presencia de síntomas, aumento de riesgo de contraer enfermedades, alteración de la frecuencia en la enfermedad, muerte prematura, entre otros.</p> <p>La valoración de los costos de la enfermedad en este escenario se relaciona con la contaminación atmosférica por material particulado y con la función dosis-respuesta, la cual depende del nivel de</p> |

|  |  |
|--|--|
|  | <p>contaminación (exposición) y el grado de efectos en la salud (respuesta). La valoración de la morbilidad bajo el enfoque del costo de la enfermedad estima la variación de los gastos incurridos y son incluidos tanto en los costos directos (costos de tratamiento, transporte, etc.) como en los costos indirectos (salario).</p> <p>CJ</p> <p>Para el SSEE de cultura se parte un mercado hipotético, y partir de este los individuos toman decisiones, es decir, que mediante esta metodología se parte del hecho que los consumidores le asignen un valor con un bien o servicio incluyendo las diferentes condiciones de atributos que este posee. Este método es implantado ya que para este caso las personas asignan un valor independientemente si lo van a utilizar, como, por ejemplo: la conservación de los ecosistemas para la parte de recreación y turismo.</p> |
|--|--|

Fuente: Autores.

**Tabla 15.** Ficha # 6 contaminación por ruido.

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| <b>Componente</b>              | Aire.  |
| <b>Impacto ambiental</b>       | Contaminación atmosférica por ruido.   |
| <b>Descripción del impacto</b> | Se debe al exceso de sonidos que alteran las condiciones normales del ambiente, este puede presentarse por el uso de maquinaria pesada o por el transporte de material.  |
| <b>Servicios ecosistémicos</b> | El ecosistema pierde beneficios no materiales, como: Apreciación estética e inspiración para la cultura, el arte y el diseño, turismo, y calidad del aire.   |
| <b>Método VEA</b>              | Preferencias reveladas - precios hedónicos (PH)<br>Preferencias declaradas - método Conjoint (CJ)  |
| <b>Descripción del método</b>  | <p>PH</p> <p>El método de precios hedónicos básicamente consiste en estimar la demanda por calidad ambiental para observar el valor que las personas asignan a las condiciones ambientales cuando están captando un bien o servicio.</p> <p>Se elige el método de precios hedónicos porque es posible determinar el cambio de valor de la propiedad cuando: se tengan efectos negativos sobre las características atmosféricas por la generación de ruido en una propiedad, bajo este escenario donde se afectan a: trabajadores, comunidad aledaña y la fragmentación de hábitats faunística, se puede determinar y cuantificar los beneficios y costos generados por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad de</p> |

|  |   |
|--|---|
|  | <p>extracción de materiales para construcción.</p> <p>CJ</p> <p>Para el SSEE de cultura se parte un mercado hipotético, y partir de este los individuos toman decisiones, es decir, que mediante esta metodología se parte del hecho que los consumidores le asignen un valor con un bien o servicio incluyendo las diferentes condiciones de atributos que este posee. Este método es implantado ya que para este caso las personas asignan un valor independientemente si lo van a utilizar, como, por ejemplo: la conservación de los ecosistemas para la parte de recreación y turismo.</p> |
|--|---|

Fuente: Autores.

#### 6.4 FASE IV - Revisión de los criterios para el diseño de la guía metodológica y elaboración de la guía:

Mediante la revisión de la literatura y el desarrollo metodológico del presente documento se plantea como el diseño y la construcción de la guía en un documento aparte dada la extensión de sus contenidos buscando ofrecer un producto con una estructura ordenada y de fácil acceso. Este documento lo encontraremos dentro del presente trabajo bajo el nombre de **Anexo 1**. Guía Metodológica para el Desarrollo de la Evaluación Económica Ambiental en Proyectos para La Extracción de Materiales de Construcción dentro del Marco de Licenciamiento Ambiental en Colombia.

## 7 IMPACTO SOCIAL

Mediante el uso de la herramienta para la evaluación económica de los impactos en el sector de canteras, se busca en primera instancia que los solicitantes de licencias ambientales y las autoridades competentes de otorgar estas, puedan realizar el ejercicio de una manera óptima en cuanto a la valoración y respectivamente al desarrollo del licenciamiento. El uso de una herramienta de manera adecuada facilita y genera certeza de la cuantificación de los impactos que son producto de la minería por ello trae consigo beneficios que le contribuyen a la sociedad y al ambiente, esta VEA aporta a un mejor manejo y utilización de los recursos, logrando la conservación del medio o por lo menos un valor estimado del medio afectado y por ende una retribución por uso de los bienes y servicios que presta el ecosistema [66].

El bienestar de las personas o de la sociedad permite ser medido mediante la cuantificación biofísica de los SSEE y la VEA de estos mismos, de modo que, los datos que se obtienen se convierten en instrumentos técnicos que proveen información y contribuyen en la gestión ambiental adecuada de impactos tanto ambientales como sociales. Por otro lado, desde una perspectiva económica, se optimiza la gestión de organismos de control como: entidades territoriales, gubernamentales, estatales y privadas. Finalmente, el beneficio social implícito en estas evaluaciones y valoraciones económicas se da porque se hace evidente que los impactos ambientales, sociales y económicos que generan los proyectos de extracción de materiales de construcción y cualquiera que utilice los recursos naturales para beneficio económico, no deben ser asumidos por las personas o comunidades y en caso de que así sea, estos deberán ser compensados a través de beneficios que posicionen mejor a la sociedad dentro del marco del desarrollo sostenible.

## **8 ANALISIS Y RESULTADOS**

A partir de la identificación de impactos a través de la matriz, el componente que se afecta en mayor medida es el de aire, dado que, el 100% de los impactos dentro de este han presentado una relevancia crítica, a su vez, los 2 impactos que conforman este componente no se consideran como internalizables, ya que, los impactos no se logran manejar, básicamente porque las medidas planteadas están enfocadas en la mitigación y las preventivas no logran la efectividad esperada. La contaminación atmosférica por material particulado, gases y ruido, generan afectación directa sobre la población bien sea por su inhalación, afectación de los órganos sensibles como oídos y ojos, generación de alergias, o también por la generación de lluvias ácidas.

Por otro lado, el componente paisaje con una afectación del 66.6% en donde sus impactos presentan una relevancia crítica, se clasifica como el segundo componente más afectado, aunque, los dos impactos relevantes que representan este valor, se han logrado internalizar mediante las medidas de manejo, pues, las medidas preventivas y correctivas planteadas logran la efectividad esperada, y el componente fauna con el 50% se puede considerar como el tercero más afectado, de igual forma, los impactos que lo datan su relevancia logran ser internalizados con medidas preventivas y correctivas. Esto se debe, en primera instancia, a que los manejos de la remoción de los suelos y la construcción de corredores biológicos son actividades que pueden realizarse de forma responsable, siguiendo las medidas planteadas, con el seguimiento y monitoreo pertinente, y bajo la premisa de no perder la calidad natural con la que cuenta el ecosistema, en segunda instancia, el manejo de las especies que se ven afectadas por el proyecto, puede llegar a conservarse siempre y cuando se realice con personal entrenado y capacitado para tales labores, logrando una reubicación idónea y garantizando su protección sin la necesidad de afectar sus condiciones de vida.

Según los análisis desarrollados en este trabajo, la internalización o no internalización de los impactos se divide casi en partes iguales, con un 46,15% de impactos internalizados y un 53.85% de

impactos no internalizables. La internalización de un impacto depende de la efectividad de las medidas preventivas y correctivas y de las características particulares de los impactos que hacen que las medidas manejen sus efectos. Los impactos no internalizables generan una serie de afectaciones al ambiente que en muchos casos no están al alcance de las medidas, por ejemplo, la afectación de aguas subterráneas es un impacto que una vez generado su manejo presenta serias complicaciones dada la tecnología y los costos destinados para su manejo. Por ende, una vez identificados los impactos ambientales y componentes que generen altos niveles de incertidumbre. Las empresas interesadas en realizar la extracción de materiales para la construcción deberán acogerse al principio de precaución, tal como se establece en acuerdo al artículo 1° de la Ley 99 de 1993, la política ambiental nacional, debe acogerse al principio de precaución, según el cual: “cuando exista peligro de daño grave e irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces para impedir la degradación del medio ambiente.”

En el ejercicio desarrollado los beneficios o impactos positivos más comunes o frecuentes que se generan con las actividades extractivas pueden relacionarse con la alteración de los niveles de consumo, dado que, no todos los empleados o trabajadores son residentes del lugar donde se desarrollan las actividades, muchos de ellos provienen de lugares externos (población flotante), lo que incrementa el consumo de bienes y servicios.

Con base en esto, los niveles de productividad también deben incrementar para satisfacer la demanda, incrementa el consumo de productos alimenticios, productos de aseo, incrementa la demanda de transporte público, entre otros. En consecuencia, estos incrementos en la demanda de bienes y servicios generan un incremento en el precio los mismos, como sucede con la mayoría de los bienes; mayores cantidades demandadas de un artículo, incentivan la producción, por ende, los proveedores pueden optar por un incremento de su costo, favoreciendo así el incremento especulativo de bienes. Finalmente, la generación de empleo que está vinculada directamente con la generación de expectativas, es uno de los impactos sociales que genera más beneficios económicos para las comunidades que se encuentran dentro del área de influencia del proyecto, logra determinar la retribución económica que puede llegar a ejercer un proyecto minero dentro de la población.

Según la revisión bibliográfica y los conceptos teóricos, se planteó una relación entre el impacto no internalizable y el método VEA más óptimo para cuantificar monetariamente el bien o servicio ambiental que presta determinado ecosistema, con el fin desarrollar una evaluación más eficiente y con menor sesgo de información sobre la relación y comprensión de las personas con los problemas o impactos ambientales que posiblemente existirán una vez se ponga en marcha el proyecto, obra o actividad minera para la extracción de materiales de construcción.

Para el impacto “Remoción de la capa orgánica” no internalizarle fue asignado con la metodología basa en costos actuales- costos de reposición, bajo el escenario donde se son alterados los SSEE de aprovisionamiento y culturales. Se eligió este método debido a la baja disposición de recursos e información, que en muchas ocasiones se tiene para la prevención, mitigación, corrección y compensación del impacto “remoción de la capa orgánica del suelo, dado que, el método se emplea para el uso indirecto de los ecosistemas cuando no existe información sobre la relación ambiente vs daños producidos.

El impacto “perdidas de agroecosistemas” no internalizable se relacionó con las metodologías basadas precios de mercado – cambios de productividad, ya que este método considera el bien o servicio ambiental como un insumo y bajo el escenario “pérdida de biodiversidad agrícola” donde las materias primas bióticas se ven directamente afectadas, en este caso si el insumo es deteriorado se generan pérdidas en los ingresos de los productores [67].

Para el impacto “Agotamiento del recurso hídrico” no internalizable se aplicó con las metodologías basadas precios de mercado – cambios de productividad, ya que este método considera el bien o servicio ambiental como un insumo y bajo el escenario de “malas prácticas y usos del agua para el proceso productivo” donde los SSEE afectados se relacionan con el aprovisionamiento y soporte, se toma como insumo el abastecimiento de agua, en este caso si el insumo es deteriorado se generan pérdidas en los ingreso de los productores.

La contaminación atmosférica por material particulado se determinó como impacto no internalizable y se relacionó con las metodologías basadas precios de mercado – método del costo de la enfermedad por morbilidad, bajo este escario la alteración de los gases que componen la atmosfera, y estos cómo puede afectar la salud del ser humano directamente, y la probabilidad de adquirir una enfermedad respiratoria. Basados en lo anterior es por ello que se usa esta metodología, dado que, se puede estimar el valor de los costos de la enfermedad mediante la función dosis respuesta.

En general, la construcción de esta guía no busca quitar el protagonismos que tienen las otras ramas del conocimiento que se ven involucradas en los proyectos de extracción de materiales de construcción, busca que la información presentada se encuentre ordenada sistemáticamente y de esta forma se facilite la gestión, lectura y análisis por parte de las autoridades competentes o entes reguladores, a su vez, la implementación adecuada de las herramientas para la Evaluación EEA establecerán la viabilidad real que tiene un proyecto para que se encuentre dentro del marco del desarrollo sostenible y brinde un equilibrio entre económica, sociedad y ambiente.

## 9 CONCLUSIONES

- La interpretación de la información presentada en el documento objeto de estudio "*Criterios Técnicos para el uso de Herramientas Económicas en los Proyectos*", *Obras o Actividades Objeto de Licenciamiento Ambiental*, permitió evidenciar que, a pesar que existe una gran cantidad de información importante y necesaria, realmente los criterios no son presentados como una guía secuencial que muestre a través de un hilo conductor cuales y como se usan las herramientas económicas desde el desarrollo de la línea base hasta el momento de realizar la valoración económica ambiental.
- En el ejercicio elaborado para el desarrollo de este trabajo fue posible la construcción de una matriz de Leopold modificada, con un enfoque específico hacia la extracción de materiales de construcción contemplando una gran cantidad de etapas de diferentes procesos productivos y evaluando las posibles interacciones no por componentes ambientales como suele realizarse en la mayoría de trabajos sino por impacto, de modo que, se logró evitar los posibles sesgos que actualmente se presentan durante la identificación de impactos.
- Cuando se realiza el planteamiento de las medidas de manejo para los impactos internalizables, se suele pensar que las medidas de manejo de un componente aplican para todos los impactos involucrados por este mismo, incurriendo así en un error, pues las medidas de manejo pueden garantizar la prevención y/o corrección siempre y cuando el impacto sea analizado por sus características particulares y de este modo se contemplen medidas o acciones que atiendan eficazmente tales particularidades.
- Se evidenció que para lograr una gestión eficiente de proyectos de desarrollo en sectores claves para el crecimiento económico del país como minería, energía y transporte, entre otros, se debe contar desde el inicio con información detallada y actualizada, con la cual se logre construir una línea base robusta, con indicadores apropiados y de esta manera, la ejecución de los diferentes procesos y procedimientos para llevar a cabo los estudios garantizaran mejores resultados, minimizando esfuerzos y tiempo..
- Para lograr una valoración económica que demuestre en términos monetarios el cambio y la pérdida real sobre el flujo de servicios, es imprescindible aplicar el enfoque VET (Valor Económico Total), pues propone empezar a evaluar los SSEE afectados en orden de elección a través de los mercados establecidos, los asociados y finalmente los hipotéticos, buscando siempre evaluar todos los servicios afectados.
- Dado que la información encontrada respecto a las actividades, métodos y metodologías de la valoración económica ambiental de impactos que han sido utilizadas por las empresas extractivistas no fue de fácil acceso, no se logró realizar una cuantificación biofísica real y por tanto una valoración económica que comprenda el enfoque VET. De modo que, para la elaboración de este ejercicio se plantean los indicadores y medidas que se considerados más apropiados para que cualquier entidad interesada en realizar VEA pueda utilizarlas y obtener

buenos resultados. No obstante, teniendo en cuenta que las iniciativas para realizar VEA en el país son relativamente nuevas, la disponibilidad de información debería estar al alcance de todos, es decir, se debería contar con un sistema de información abierta en donde se puedan realizar consultas de todos los temas relacionados con Valoración Económica Ambiental y de esta forma.

- El análisis de los impactos ambientales y servicios ecosistémicos presentes en el componente aire producen información relacionada con temas de enfermedades (morbilidad) que permiten la aplicación asertiva las metodologías de costos de la enfermedad para determinar el valor ecosistémicos de sus SSEE.
- Las metodologías de valoración económica de las preferencias reveladas hacen alusión principalmente al método de valoración contingente (MVC), este método presenta algunas ambigüedades o dificultades como el mal diseño de las encuestas, la falta de familiaridad de las personas con lo SSEE, las catalogadas respuestas de protesta, entre otras, generan resultados que no representan realmente la disponibilidad a pagar por la afectación de los servicios involucrados o que no tenga coherencia que requiere este tipo de análisis.
- Para el componente suelo, en la alteración de la capa orgánica y de la biodiversidad agrícola, se confrontan los métodos basados en costos actuales y preferencias declaradas, esta relación se establece para alcanzar una eficiencia mayor y por ello es necesario trabajar los métodos: costo reproducción dado que este arroja resultados para la toma de decisiones ya que se enfoca en estimar el costo de la contaminación a través de costos de remplazo o restauración; y Conjoint básicamente por la falta de información se planteó este método, dado que, se emplea para el uso indirecto de los ecosistemas y mediante este se puede estimar un VET y así obtener una correcta VEA con mayor certeza en la cuantificación.

## 10 RECOMENDACIONES

- ✓ El análisis realizado a los diferentes expedientes y proyectos que fueron tomados como casos de estudio, evidenció que los EIA desarrollados por las empresas no priorizan su enfoque en atender, estudiar o evaluar las características ambientales de forma eficaz, sino, se limitan a cumplir con los parámetros establecidos, para presentar ante las autoridades ambientales y obtener las licencias ambientales, Teniendo en cuenta que la línea base contenida en el EIA es un insumo necesario para la posterior VEA, se recomienda que desde el principio de los estudios se plantee una correcta línea base con proyecciones a futuro, es decir, contenga información comparable para estimar correctamente los cambios en los SSEE y así minimizar esfuerzos.
- ✓ En los momentos que el desarrollo del proyecto requiera de información relacionada con mapas sobre la cobertura vegetal, el uso del suelo, entre otros, es vital verificar que la información que se utilizará para realizar tales análisis sea la más actualizada y precisa, teniendo en cuenta que el SIGOT cuenta con mapas de cobertura vegetal que abarcan más del 90% del área del país, pero estos mapas no cuentan con la escala que este tipo de análisis requiere, de modo que, se recomienda verificar toda la información necesaria para llevar a cabo el desarrollo de proyecto futuros.
- ✓ Se recomienda que las medidas de los impactos ambientales clasificados como internalizables se planteen por impacto en específico mas no por componente, para de esta forma evitar que las medidas preventivas y correctivas no cumplan el 100% de efectividad y se genere degradación de la calidad ambiental cuando no se ha contemplado el manejo del impacto a través de las metodologías VEA.
- ✓ Teniendo en cuenta las dificultades que presenta en MCV se recomienda para estudios futuros la utilización de metodologías como el análisis Cojoint o los experimentos de elección. Es probable que, en el diseño de las encuestas, la determinación de los atributos y la creación de los escenarios se presente un nivel de complejidad significativo, pero la aplicación del método resulta más cómoda para la muestra que se va a encuestar, ya que solo se eligen o clasifican los escenarios más favorables mas no se indaga sobre la disponibilidad a pagar por un SSEE del cual no se conocen los atributos ni si importancia.
- ✓ Se sigue la aplicación de herramientas para la industria minera que pueden mejorar notablemente el desempeño de las empresas extractivistas que buscan apuntar a la sostenibilidad generando así un valor agregado y logrando un mejor posicionamiento en el mercado [26]. Una de estas es el estándar EITI (Extractive Industries Transparency Initiative) que promueve la gestión abierta y responsable de los recursos petroleros, gasíferos y mineros, mediante la mejora en los sistemas de gobiernos y empresas, y la contribución con información al debate público y promover el entendimiento con el objetivo de proveer información veraz,

oportuna y contextualizada que ayude al desarrollo sostenible de territorio, contar con nuevos mecanismos para hacer frente a la problemática de corrupción en el país, el inadecuado manejo y las falencias en los trámites legales y operativos que se involucran en el sector minero. [68].

## 11 BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Osorio y G. Naranjo, «Valoración ambiental del impacto de los títulos mineros auríferos en la subcuenca Cay,» *Universidad de La Salle*, 2018.
- [2] Subdirección de licencias ambientales, Informes de cumplimiento ambiental (ICA).
- [3] Ministerio de Minas y Energía; Unidad de Planeación Minero Energética, «Plan nacional de desarrollo minero con horizonte a 2025,» 2017. [En línea]. Available: [http://www1.upme.gov.co/simco/PlaneacionSector/Documents/PNDM\\_Dic2017.pdf](http://www1.upme.gov.co/simco/PlaneacionSector/Documents/PNDM_Dic2017.pdf). [Último acceso: 07 02 2018].
- [4] La Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, «valoración económica instrumentos económicos,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.anla.gov.co/valoracion-economica-instrumentos-economicos-evaluacion-impacto-ambiental>. [Último acceso: 08 02 2018].
- [5] M. Haro, A. Alma, B. Taddei y Cristina., «Valoración ambiental: aportaciones, alcances y limitaciones.,» *Prob. Des* [online]. vol.41, n.160, 3 2010. [En línea]. Available: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0301-70362010000100010&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-70362010000100010&lng=es&nrm=iso). [Último acceso: 08 02 2018].
- [6] A. Arroyave, «Universidad Nacional de Colombia,» 2000. [En línea]. Available: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingein/article/view/21326/22293/>. [Último acceso: 01 02 2019].
- [7] J. Luna, «UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA,» 2015. [En línea]. Available: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/6331/Art%C3%ADculo%20EL%20IMPACTO%20AMBIENTAL%20POR%20LA%20ACTIVIDAD%20DE%20EXPLORACION%20DE%20CANTONERAS%20EN%20LA%20LOCALIDAD%20DE%20USME%20Y%20SUS%20PRINCIPALES%20MEDIDAS%20DE%20MANEJO..pdf>. [Último acceso: 01 02 2019].
- [8] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, «Criterios Técnicos para el Uso de Herramientas Económicas en los Proyectos, Obras o Actividades Objeto de Licenciamiento

Ambiental,» Bogotá, 2017.

- [9] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos en la Planificación y Gestión Ambiental urbana, Bogotá, 2017.
- [10] D. Azqueta, «Valoración económica de la calidad ambiental,» Mc. Graw Hill, Madrid, 1994.
- [11] D. Pearce, «Economic Value and the natural world,» Massachusetts, Cambridge, 1993.
- [12] J. Osorio y F. Correa, «VALORACIÓN ECONÓMICA DE COSTOS AMBIENTALES: MARCO CONCEPTUAL Y MÉTODOS DE ESTIMACIÓN,» *Semestre económico*, vol. 7, n° 12, pp. 159-193, 2004.
- [13] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, «Criterios técnicos para el uso de herramientas económicas en los proyectos, obras o actividades objeto de licenciamiento ambiental,» 2017.
- [14] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Centro de Estudios para el Desarrollo Económico, «Manual Técnico versión\_10092010,» [En línea]. Available: [http://www.ucipfg.com/Repositorio/MAES/MAES-09/Unidades\\_academicas/Unidad\\_5/Manualtecnico.pdf](http://www.ucipfg.com/Repositorio/MAES/MAES-09/Unidades_academicas/Unidad_5/Manualtecnico.pdf). [Último acceso: 19 04 2018].
- [15] Congreso de Colombia, «ley 1382,» 09 02 2010. [En línea]. Available: [https://normativa.colpensiones.gov.co/colpens/docs/ley\\_1382\\_2010.htm](https://normativa.colpensiones.gov.co/colpens/docs/ley_1382_2010.htm). [Último acceso: 09 02 2018].
- [16] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, «Política nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos,» 2012. [En línea]. Available: [http://www.humboldt.org.co/images/pdf/PNGIBSE\\_espa%C3%B1ol\\_web.pdf](http://www.humboldt.org.co/images/pdf/PNGIBSE_espa%C3%B1ol_web.pdf). [Último acceso: 08 02 2018].
- [17] UCATÓLICA, «Plan de Manejo Ambiental para Mitigar los Impactos Generados por la Explotación Minera en Nechí Bajo Cauca,» 2016. [En línea]. Available: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/13939/4/TESIS.pdf>. [Último acceso: 17 02 2019].
- [18] C. Arango, «Propuesta metodológica para la valoración económica de recursos minerales en el marco del desarrollo sostenible,» de *Tesis realizada para optar al título de Magíster en Ciencias Económicas*, Medellín, 2009, pp. 23-30.
- [19] F. Correa, «Valoración económica de servicios ambientales en el Valle de Aburrá.,» *Semestre Económico*, [S.l.], v. 5, n. ISSN 2248-4345., 9 11 2015. [En línea]. Available: <http://revistas.udem.edu.co/index.php/economico/article/view/1359>. [Último acceso: 7 02 2015].

2018].

- [20] J. Dixon y S. Pagiola, Análisis económico y evaluación ambiental, Environmental Assessment Sourcebook Update, 23, 1998.
- [21] M. Perez y J. Rojas, «Hacia el desarrollo sostenible en Colombia,» de *Documentos de política pública piensa Colombia: los aportes de la academia*, Unviersidad del Valle, 2008.
- [22] J. Osorio y F. Correa, «VALORACIÓN ECONÓMICA DE COSTOS AMBIENTALES: MARCO CONCEPTUAL Y MÉTODOS,» *Semestre económico* 7, pp. 159-193, 2004.
- [23] N. Leon, C. Castiblanco, J. Toro y J. Buitrago, «Valoración económica ambiental: conceptos, metodos y aplicaciones,» Bogota, IDEA, CAR Cundinamarca, 2012.
- [24] CEDE, «Estudios sobre desarrollo económico de la Universidad de los Andes,» de *Manual para la Valoracion Economica de Impactos Ambientales en Proyectos Sujetos de Licencia Ambiental*, 2010.
- [25] N. Garzon, «ANÁLISIS PRELIMINAR DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y SOCIALES GENERADOS POR LA MINERÍA DE ARCILLAS A CIELO ABIERTO EN LA VEREDA EL MOCHUELO BAJO, CIUDAD BOLÍVAR, BOGOTÁ D.C., ESTUDIO DE CASO.,» PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, Bogotá, 2013.
- [26] EITI- colombia , «iniciativa para la transparencia de las industrias extractivas en Colombia,» 2014. [En línea]. Available: <https://eiti.org/colombia>. [Último acceso: 2 10 2018].
- [27] Universidad Peruana los Andes , «Estudio de Cantera,» ft. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/zulemarojascartolin/cantera-27927127>. [Último acceso: 10 04 2019].
- [28] Civil Geeks Ingenieria y Cnstruccion, «Clasificacion de maquinaria pesada,» CreativeCommons 2.5, ft. [En línea]. Available: <https://civilgeeks.com/2016/08/17/clasificacion-de-maquinarias/>. [Último acceso: 10 04 2019].
- [29] Arenera Rio Guache C.A, «Proyecto de extraccion y preprocesamietno mineral granural no metalico,» 9 2011. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/CGGG57/proyecto-arenera-2011>. [Último acceso: 10 04 2019].
- [30] J. Ospina, «Blogger.com,» 23 05 2011. [En línea]. Available: <http://jholare.blogspot.com/2011/05/retroexcavadora-cargadora-pajarita.html>. [Último acceso: 10 04 2019].
- [31]
- [32] CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA, «Documento Componente Diagnóstico PMA del DMI,» 27 03 2017. [En línea]. Available:

<https://www.car.gov.co/uploads/files/5ac7ac2eb85a3.pdf>. [Último acceso: 17 02 2019].

- [33] HELIOS, «EIA DEL PROYECTO VIAL RUTA DEL SOLSECTOR I,» de *CAP 7: Plan de Manejo Ambiental*, bogotá, HMV Ingenieros, 2011, pp. 121-204.
- [34] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, «Decreto 1076,» 26 05 2015. [En línea]. Available: <http://www.leyex.info.bdatos.usantotomas.edu.co:2048/leyes/Decreto1076de2015.htm>. [Último acceso: 25 03 2018].
- [35] D. Sarmiento, «Expediente 65616,» CAR, Cagua, 2017.
- [36] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, «Decreto 2041,» 15 10 2014. [En línea]. Available: <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/34-DECRETO%202041%20DEL%2015%20DE%20OCTUBRE%20DE%202014.pdf>. [Último acceso: 09 02 2018].
- [37] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, «Resolución 0627,» 07 04 2006. [En línea]. Available: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=19982>. [Último acceso: 05 02 2018].
- [38] S. Castillo y C. Lopez, *Manual de Técnicas para el estudio de la Fauna*, Querétaro: Universidad Autónoma de Querétaro, 2011.
- [39] R. De Groot, M. Wilson y R. Bouman, «A typology for the classification, description, and valuation of ecosystem functions, goods, and services,» de *Ecological Economics* 41, 2002, pp. 393-408.
- [40] M. López, R. Valdivia, J. Romo y V. Sandoval, «VALORACIÓN ECONÓMICA DE UNA MINA DE ARENA,» *Terra Latinoamericana*, pp. 255-263, 2010.
- [41] EXCOMIN, «PMA para Titulos Mineros,» [En línea]. Available: [http://www.ciexcomin.com/doc/PLAN%20DE%20MANEJO%20AMBIENTAL%20PARA%20MINERIA%20\\_%20EXCOMIN.pdf](http://www.ciexcomin.com/doc/PLAN%20DE%20MANEJO%20AMBIENTAL%20PARA%20MINERIA%20_%20EXCOMIN.pdf). [Último acceso: 16 02 2019].
- [42] CORTOLIMA, «Proyecto Mina El Pedregal,» 12 2008. [En línea]. Available: [https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/edictos/EIA\\_ANTENOR\\_GONZALEZ.pdf](https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/edictos/EIA_ANTENOR_GONZALEZ.pdf). [Último acceso: 17 02 2019].
- [43] ANLA, «Guía para el Diseño y Construcción de Indicadores de Impactos Internalizables en el marco del Licenciamiento Ambiental en Colombia,» 12 2018. [En línea]. Available: [http://portal.anla.gov.co/sites/default/files/comunicaciones/SIPTA/30\\_11\\_2018\\_indicadores\\_de\\_impactos\\_internalizables\\_enviado.pdf](http://portal.anla.gov.co/sites/default/files/comunicaciones/SIPTA/30_11_2018_indicadores_de_impactos_internalizables_enviado.pdf). [Último acceso: 13 04 2019].

- [44] CORANTIOQUIA OIMT, *PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA REALIZACIÓN DE INVENTARIOS FORESTALES EN LA DENOMINADA ZONA FORESTAL PRODUCTORA DE LOS BOSQUES DEL NORTE Y NORDESTE DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA, COLOMBIA*, 2009.
- [45] LADRILLERA EL OCRE, «Epediente CAR No. 656616,» de *Actualización del Plan de Manejo Ambiental*, Cogua, CAR, 2017, pp. 33-55.
- [46] K. Bolt, G. Ruta y M. Sarraf, «Estimating the cost of environmental degradation,» *The World Bank Environment Departament*, 2003.
- [47] J. Osorio, «El método de transferencia de beneficios para la valoración económica de servicios ambientales: estado del arte y aplicaciones,» 2006.
- [48] F. Stephen, «Tesis realizada para optar al título de Magíster en Ciencias Económicas,» *Ecological economics*, vol. 41, pp. 375-392, 2002.
- [49] J. Zapata, «VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS DAÑOS AMBIENTALES PRODUCTO DE LA OPERACIÓN EXTRACTIVA EN LA MINA LA POPA (MUNICIPIO LA CALERA, CUNDINAMARCA),» UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS, Bogotá, 2013.
- [50] SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO- UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS, «Expediente 42248 PMA Ladrillera Gredos LTDA,» CAR, BOGOTA, 2012.
- [51] J. Dixon y S. Pagiola, «environmental assessment sourcebook update,» 04 1998. [En línea]. Available: <http://conservation-strategy.org/sites/default/files/field-files/EAUPDATE-S3-Spanish.pdf>. [Último acceso: 15 09 2018].
- [52] L. Barrera, M. Bedoya y W. Bernal, «Valoración económica ambiental, avances y retos en colombia,» *boletín semillas ambientales*, vol. 6, nº 1, pp. 20-26, 2012.
- [53] MASTERCAD, «ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL-CONTRATO DE CONCESIÓN,» de *Actualización del Plan de Manejo Ambiental*, Tocancipá, CAR, 2016, pp. 80-119.
- [54] MAVDT, CEDE, Fortalecimiento de la calidad de las evaluaciones en el proceso de licenciamiento ambiental, mediante la integración del enfoque de evaluación económica al análisis de la política pública ambiental, Bogotá, 2010.
- [55] Tocarena, «ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA EXPLOTACIÓN ANTICIPADA DEL CONTRATOO DE CONCESION,» de *Expediente 0880016 Plan de Manejo Ambiental*, Tocancipá, CAR, 2008, pp. 70-131.
- [56] FEPAR, «análisis de la tasa social de descuento,» [En línea]. Available:

<https://feparunsa.files.wordpress.com/2012/07/tsd.pdf>. [Último acceso: 15 09 2018].

- [57] Ladrillera San Diego, «Expediente 5046 PMA,» CAR, Cogua, 2014.
- [58] J. Arboleda, MANUAL PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS, OBRAS O ACTIVIDADES, Medellín, 2008.
- [59] instituto de investigación de recursos biológicos alexander von hmboldt, «VALORACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO,» 2017. [En línea]. Available: [http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/34206/Informe%20t%C3%A9cnico%20final\\_SE\\_ltuango.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/34206/Informe%20t%C3%A9cnico%20final_SE_ltuango.pdf?sequence=1&isAllowed=y). [Último acceso: 04 02 2019].
- [60] Ministerio del medio ambiente de Chile, «indicadores de servicios ecosistémicos,» 09 2016. [En línea]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/308459893\\_Indicadores\\_de\\_servicios\\_ecosistemicos](https://www.researchgate.net/publication/308459893_Indicadores_de_servicios_ecosistemicos). [Último acceso: 06 02 2019].
- [61] Facultad de Agronomía Universidad Austral de Chile, «Investegacion Nacional Forestación y Aguas,» 07 10 2013. [En línea]. Available: [http://www.spf.com.uy/data/presentaciones/Forestacion\\_y\\_aguas.\\_Expositor-Luis\\_Silveira.pdf](http://www.spf.com.uy/data/presentaciones/Forestacion_y_aguas._Expositor-Luis_Silveira.pdf). [Último acceso: 05 02 2019].
- [62] IDEAM, «Indicadores Ambientales Clasificados por Temáticas Ambientales,» Minambiente, 2014. [En línea]. Available: [http://www.ideam.gov.co/documents/14691/16404/Indicadores+Tem%C3%A1ticas+Ambientales\\_Publicados\\_2013\\_v1.pdf/3c5e8960-9593-471b-a22a-fa8c35cf397b](http://www.ideam.gov.co/documents/14691/16404/Indicadores+Tem%C3%A1ticas+Ambientales_Publicados_2013_v1.pdf/3c5e8960-9593-471b-a22a-fa8c35cf397b). [Último acceso: 05 02 2019].
- [63] V. M. W. V. A. O. Ochoa, «VALORACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO ITUANGO,» Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, 2017.
- [64] Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia , «Huella Hidrica Cuenca Porce,» 06 2013. [En línea]. Available: [https://www.shareweb.ch/site/Suiz-Agua-Colombia/Documents/Guia\\_Metodologica\\_HH\\_Cuenca.pdf](https://www.shareweb.ch/site/Suiz-Agua-Colombia/Documents/Guia_Metodologica_HH_Cuenca.pdf). [Último acceso: 05 02 2019].
- [65] IDEAM, «ICA,» [En línea]. Available: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/005609/DocumentosOffice/Jueves21deNoviembre/ModuloelMunicipioyelmedioAmbiente/HerramientasMetodologicasydeevaluacionparaestudiosambient/Apendice1.pdf>. [Último acceso: 28 02 2019].
- [66] O. Muñoz, «“Estimación del costo de agotamiento del petróleo para Colombia,» de *trabajo*

*degrado para optar por el título en especialista en economía*, Bogotá, 2013, pp. 8-13.

- [67] UNAL, «Capítulo V: Agroecosistemas,» [En línea]. Available: [http://bdigital.unal.edu.co/46133/3/958809514X\\_Cap04-05.PDF](http://bdigital.unal.edu.co/46133/3/958809514X_Cap04-05.PDF). [Último acceso: 18 02 2019].
- [68] S. Rosenberger y J. Loomis, *Benefit Transfer of Outdoor Recreation Use Values: A Technical Document Supporting the Forest Service Strategic Plan*, Departamento de agricultura de Estados Unidos.
- [69] MEA, «Ecosystems and Human Well-being,» Washington, 2005.
- [70] M. Carón y V. Pablo, «Análisis de la Tasa Social de Descuento,» FEPAR, Campo Castañares - Av. Bolivia , ft.
- [71] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, «Resolución 610,» 24 03 2010. [En línea]. Available: <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/bf-Resoluci%C3%B3n%20610%20de%202010%20-%20Calidad%20del%20Aire.pdf>. [Último acceso: 06 02 2018].
- [72] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, «Resolución 910,» 05 06 2008. [En línea]. Available: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=31146>. [Último acceso: 08 02 2018].
- [73] ANLA, «Valoración Económica: Instrumentos Económicos,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.anla.gov.co/valoracion-economica-instrumentos-economicos-evaluacion-impacto-ambiental..> [Último acceso: 02 08 2018].
- [74] S. Van Hauwermeiresn, «Indicadores Biofísicos De Sustentabilidad,» de *Manual de Economía Y Medio Ambiente*, Quito, 1999, 1999.
- [75] R. Santiago, A. Fermin y Q. J. L. E. Ramires Ramiro, «The Macroinvertebrates as Indicators of the Quality of Soil in Blackberry, Grass and Avocado,» 17 02 2011. [En línea]. Available: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v64n1/a05v64n01.pdf>. [Último acceso: 05 02 2019].
- [76] GRAMALOTE, «Proyecto de Minería de Oro a Cielo Aierto,» 01 2015. [En línea]. Available: <https://www.cornare.gov.co/LA/Gramalote/documentos/I-2250-EIA-Cap08-PMA.pdf>. [Último acceso: 17 02 2019].
- [77] M. M. J. P. Ruiz, «AGRICULTURA SOSTENIBLE EN ECOSISTEMAS,» *Biología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, vol. 13, nº 1, pp. 129-138, 2015.
- [78] GEOMATRIX, *Guía de Manejo e Instalación de Geomallas Biaxiales para Refuerzo de Suelos de Subrasante y Capas Granulares*, Bogotá.

- [79] K. Blumberg, M. Walsh y C. Pera, *Gasolina y Diesel de bajo azufre: La Clave para Disminuir las Emisiones Vehiculares*, 2003.