



Convenio de Asociación No.001 de 2013

ASOCARS – UNIVERSIDAD DEL VALLE

**ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS POR INUNDACIONES DEL RÍO
CAUCA EN SU VALLE ALTO Y PLANTEAMIENTO
DE OPCIONES DE PROTECCIÓN**



GUÍA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS ESTRUCTURALES PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE RECURSOS
NATURALES Y DEL AMBIENTE
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN
HIDRÁULICA FLUVIAL Y MARÍTIMA**



Santiago de Cali, Junio de 2014

El presente documento fue realizado en desarrollo del Proyecto: *Zonificación de amenazas por inundaciones del río Cauca en su valle alto y planteamiento de opciones de protección*, dentro del Convenio 001 de 2013 suscrito entre ASOCARS, la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca y la Universidad del Valle.

Este informe fue elaborado por la Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle. Participaron en el desarrollo del informe los siguientes profesionales:

Ing. Carlos Alberto Ramírez Callejas	Director del Proyecto
Econ. Mario Alejandro Pérez Rincón	Coordinador componente económico
Econ. Idadi Alexandra Pedraza Cifuentes	Economista

Debe destacarse la colaboración de los profesionales y técnicos de la CVC y ASOCARS quienes suministraron información para el desarrollo de este estudio. El Comité de Seguimiento de CVC estuvo integrado principalmente por:

Ing. María Clemencia Sandoval García	Coordinadora General
Ing. Mary Loly Bastidas	Interventora ASOCARS
Ing. José Alberto Riascos	Asesor CVC

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1.1
2	CONTEXTO	2.1
2.1	Caracterización del área de estudio	2.2
2.1.1	El río Cauca	2.2
2.1.2	El Valle Alto del río Cauca	2.3
2.1.3	Las inundaciones en el Valle Alto del río Cauca.....	2.5
2.2	Dinámica económica y gestión del agua en el valle geográfico del río Cauca.....	2.7
3	BASES CONCEPTUALES PARA LA VALORACIÓN ECONÓMICA DE ALTERNATIVAS	3.1
3.1	Servicios ecosistémicos	3.2
3.2	Análisis Costo - Beneficio	3.3
3.3	Costos y beneficios de las inundaciones	3.9
4	GUÍA METODOLOGICA PARA LA VALORACIÓN ECONÓMICA.....	4.1
4.1	FASE I. Identificar las diferentes alternativas estructurales para el control de inundaciones	4.5
4.1.1	Alternativa Cero o Sin proyecto: Situación en la que no se implementa ninguna alternativa	4.5
4.1.2	Alternativa 1: Ronda hídrica	4.6
4.1.3	Alternativa 2: Geomorfológico.....	4.6
4.1.4	Alternativa 3: Acuerdo 052 del año 2011.....	4.7
4.1.5	Alternativa 4: Medidas estructurales en la planicie.....	4.7
4.1.6	Alternativa 5: Embalses de regulación en tributarios.....	4.7
4.2	FASE II: Evaluar la eficacia de cada una de las alternativas identificadas..	4.8
4.3	FASE III: Seleccionar las alternativas para el control de inundaciones eficaces	4.9
4.4	FASE IV: Seleccionar criterios y parámetros de evaluación económica de las alternativas analizadas.	4.9
4.4.1	Metodologías de evaluación de proyectos y de alternativas.....	4.9
4.4.2	Criterios y parámetros a definir para evaluar las alternativas de control de inundaciones.....	4.13
4.5	FASE V: Identificar los costos financieros de cada alternativa a evaluar: costos de inversión y funcionamiento de cada alternativa.	4.18
4.5.1	Costos de Inversión Total (CIT). El costo de inversión total se puede definir mediante dos componentes:	4.18
4.5.2	Costos de funcionamiento (CF).....	4.19
4.5.3	Costo financiero total de la Alternativa de control de inundaciones evaluada en Valor Presente Neto.....	4.21

4.6 FASE VI: Cuantificación de los costos financieros de cada alternativa y su jerarquización acorde a diferentes criterios..... 4.22

4.7 FASE VII: Identificar y caracterizar los impactos socio-económicos y ambientales (SEA) positivos y negativos asociados a cada alternativa para el control de inundaciones. 4.22

4.8 FASE VIII: Seleccionar el método de valoración económica más pertinente para cada impacto SEA y para todas las alternativas. 4.27

4.9 FASE IX: Valorar económicamente los diferentes impactos (SEA) para cada alternativa. 4.33

4.10 FASE X: Evaluación económica de todas las alternativas incluyendo la evaluaciones financiera y de los impactos SEA. 4.34

4.11 FASE XI: Realizar análisis de sensibilidad con las alternativas incluyendo las variables más relevantes..... 4.35

4.12 FASE XII: Jerarquizar y recomendar las mejores alternativas en términos de la evaluación económica 4.37

5 BIBLIOGRAFÍA 5.1

6 ANEXOS 6.1

6.1 ANEXO 1. METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL VALOR PRESENTE NETO (VPN) 6.2

6.2 ANEXO 2 ANÁLISIS COMPLEMENTARIOS A LA VALORACIÓN ECONÓMICA..... 6.4

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Períodos de inundación del Valle Alto del río Cauca entre 1950 -2011	2.7
Tabla 2. Estudios para el control del río Cauca.....	2.10
Tabla 3. Obras de control de inundaciones en el Valle Alto del río Cauca.....	2.11
Tabla 4. Servicios Ecosistémicos: Funciones y bienes.....	3.4
Tabla 5. Beneficios asociados a las inundaciones	3.10
Tabla 6. Costos asociados a las inundaciones.	3.10
Tabla 7. Interpretación de los indicadores VPN, RBC y TIR en el ACB	4.17
Tabla 8. Síntesis de costos asociados a las alternativas para el control de inundaciones en el valle geográfico del río Cauca.	4.24
Tabla 9. Síntesis de beneficios asociados a las alternativas para el control de inundaciones en el valle geográfico del río Cauca.	4.25
Tabla 10. Síntesis de costos asociados a las inundaciones	4.26
Tabla 11. Síntesis de beneficios asociados a las inundaciones	4.26
Tabla 12. Síntesis de técnicas empleadas en la valoración monetaria de servicios ecosistémicos	4.32
Tabla 13. Resumen del flujo de caja para una alternativa X	4.34

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Perfil longitudinal del río Cauca.	2.2
Figura 2. Valle geográfico, ríos Cauca y sus tributarios.	2.4
Figura 3. Valle geográfico, ríos Cauca y sus tributarios.	2.5
Figura 4. Área sembrada de caña de azúcar. Zona plana del río Cauca (1930-2012).....	2.9
Figura 5. Comparabilidad y conmensurabilidad de los valores.....	3.8
Figura 6. Esquema resumido de la valoración económica de las alternativas para el control de las inundaciones en el corredor de conservación del río Cauca	4.4
Figura 7. Esquema de medidas estructurales planteadas en la Alternativa 4	4.8
Figura 8. Diagrama simple de técnicas de valoración económica para impactos ambientales.	4.30
Figura 9. Impactos negativos sobre el medio ambiente por la alternativa para el control de inundaciones actual, en el valle geográfico del río Cauca.....	4.31

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

En diferentes zonas del valle geográfico del río Cauca se han presentado a lo largo de su historia inundaciones producto de los aumentos de caudal del río por la presencia de lluvias en temporada invernal. El control de estos excesos de agua representa un problema complejo para la región. Como ejemplo de esto, se encuentran las inundaciones producidas en la reciente ola invernal en los años 2010–2011, cuyas repercusiones afectaron tanto los centros poblados como a diferentes sectores de la economía vallecaucana. Frente a esta situación, la CVC (2011) ha identificado dos principales causas asociadas a las inundaciones en estos años: la inadecuada intervención y ocupación del corredor de conservación del río Cauca, y la precaria gobernabilidad territorial en el control de la intervención y ocupación del territorio. Pero igualmente se pueden agregar dos elementos adicionales: el gran déficit de gestión, control y uso de las cuencas hidrográficas aguas arriba de la zona de inundación y la ausencia de una visión ecosistémica de las fuentes hídricas que permita tener una mirada integral de la problemática.

La dinámica de las inundaciones o excedentes de agua son características propias y naturales de los ríos, asociadas a la variabilidad climática. A lo largo de su historia, el valle geográfico del río Cauca ha sido afectado (o beneficiado) por un sin número de inundaciones que fueron contrarrestadas, en buena medida, por la red de humedales de la región. Hacia los años cincuenta, estos cuerpos de agua superaban los 160 y abarcaban un área aproximada de 10.049 hectáreas (CVC, 2013). Sin embargo, el aumento poblacional y el crecimiento de la actividad económica de la región, reflejado en la expansión de la frontera agrícola y urbana, repercutieron en la disminución de los humedales en el valle alto del río Cauca.

La disminución de los humedales en la región fue notoria. Desde las 10.049 ha en los cincuenta ya anotadas, se pasó a 3.000 en los ochenta, para alcanzar en 2009 tan solo un aproximado de 1.248 ha (CVC, 2013). Estas estadísticas muestran la acentuada reducción de las zonas de amortiguación del río Cauca, reflejando la lógica desarrollista y modernizante que ha imperado desde principios del siglo XX y que mantiene como paradigma el dominio y control de la naturaleza. Lógica que a través de la adecuación de tierras y la gestión del agua, buscó expandir la frontera agrícola y urbana impactando la capacidad de regulación natural del ecosistema hídrico del río Cauca ante eventos climáticos extremos.

La adecuación del territorio y del agua, han tenido como propósito final consolidar un modelo regional de desarrollo agroindustrial y acumulación de capital, basado en el uso intensivo de la tierra para agricultura, en particular caña de azúcar, y en el control y apropiación de las aguas para promover este modelo de desarrollo socio-económico. Para la gobernanza del agua, la principal estrategia aplicada fue el desarrollo de medidas ingenieriles o estructurales que se reflejaron en el diseño y construcción de infraestructura dirigida a controlar las inundaciones y adecuar el territorio; en este contexto, aparece la

necesidad de crear una institución con la capacidad y autoridad suficiente para implementar esta estrategia. Así surge la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC).

La CVC se conformó en 1954 con el propósito de ser la encargada de la planificación y promoción del desarrollo regional. A través de ella, se inició la ejecución de obras de infraestructura que permitieran controlar las inundaciones: en 1958 se creó el primer anillo para la protección contra inundaciones y drenaje del río Cauca y sus afluentes locales. En 1959 se creó el anillo RUT, el cual, además de abordar la protección contra inundaciones y drenajes, incluyó el tema de riego. Obras adicionales se desarrollaron en el período 1964–1976. Pero es en 1975 donde se plantea un proyecto de más envergadura para toda la región: el *Proyecto de regulación del río Cauca*. Este proyecto consistió en un sistema de regulación y control de inundaciones, con el fin de adecuar tierras para el uso agrícola intensivo y contribuir al desarrollo social y económico de la región (CVC, 2013).

Este proyecto planteó dos macro propuestas centrales: por un lado, la construcción de la represa Salvajina y por otro, el desarrollo de obras complementarias en las planicies llamadas anillos de protección. Salvajina, la primera represa multipropósitos de Colombia (comenzó a operar en 1985), proyectada para abastecer la demanda de energía para la urbanización y la industrialización de la región y para desecar áreas inundables para la agroindustria, principalmente caña de azúcar, facilitó la regulación del río Cauca y contribuyó, por lo menos temporalmente, a disminuir la contaminación. Los anillos por su parte, estuvieron constituidos por diques marginales en el río Cauca y en los tributarios, canales interceptores, canales de drenaje y estaciones de bombeo.

Estas obras complementarias se empezaron a ejecutar durante el período 1976-1992. Sin embargo, aún muchos de estos anillos no han sido construidos en su totalidad. Además, otras de estas obras han presentado fallas relacionadas con su localización inadecuada en la planicie de inundación, el descuido en el diseño y construcción de las obras con respecto a la dinámica fluvial y el desconocimiento de la lógica natural del ecosistema hídrico (CVC, 2013). Esto evidencia las limitaciones del modelo ingenieril y estructural para el control de inundaciones planteado a mediados del siglo pasado que le han impedido conseguir los beneficios esperados. De tal manera, estas obras además de no mitigar en forma suficiente el tamaño de las inundaciones, generó dificultades adicionales en los ecosistemas hídricos y territoriales sin resolver de lleno los problemas del desarrollo regional.

Como respuesta a esta problemática, surge el “*Proyecto corredor río Cauca*” en 2011. Este proyecto pretende identificar los elementos centrales que permitan recuperar el espacio de amortiguación natural del río Cauca en su planicie inundable a partir de la zonificación de amenazas por inundación en el valle alto del río Cauca. Con este propósito, el proyecto

identificará soluciones estructurales y no estructurales¹ para el control y manejo de las inundaciones.

El presente documento tiene como propósito elaborar una guía metodológica para la valoración integral de las alternativas estructurales planteadas para el control de inundaciones en el corredor de conservación del río Cauca. Una valoración integral está compuesta por tres partes: la valoración económica, la valoración sociocultural y la valoración ecológica. Esto, ayudará a determinar cuál de las alternativas identificadas resulta la más viable para la sociedad en su conjunto, facilitando la toma de decisiones.

En esta perspectiva, el objetivo central de este documento consiste en la elaboración de una guía metodológica que sirva de base para el análisis de alternativas para el control de inundaciones en el corredor de conservación del río Cauca. Alcanzar este objetivo requiere del cumplimiento de objetivos específicos como: i) Identificar las alternativas para el control de inundaciones; ii) Caracterizar las consecuencias negativas y positivas asociadas a cada alternativa para el control de inundaciones; iii) Determinar las etapas de la valoración integral de alternativas para el control de inundaciones; iv) Definir los métodos de valoración pertinentes en la valoración económica, sociocultural y ecológica de las alternativas para el control de inundaciones y v) Establecer criterios para la toma de decisiones.

La estructura de este documento está organizada como sigue: después de esta introducción, se presenta el contexto en el que se ubica el presente estudio y se define el problema específico a analizar. Para ello, se entrega una caracterización del área de estudio (corredor de conservación del río Cauca), se realiza un breve análisis de la dinámica económica de la región y se explica la lógica ambiental imperante en el modelo de desarrollo regional existente para mostrar cómo se ha llegado a la situación actual. Por su parte, en el capítulo cuarto se exponen las bases conceptuales para la valoración integral de alternativas, compuestas por el enfoque de servicios ecosistémicos, el análisis costo–beneficio y un inventario de los impactos de las inundaciones.

El punto quinto aborda la metodología seguida para el análisis de alternativas en el corredor de conservación del río Cauca bajo el ACB. En el capítulo sexto se presenta la identificación de las posibles alternativas para el control de inundaciones, cuyas consecuencias serán expuestas en el capítulo séptimo. En el capítulo octavo, se analizarán los servicios ecosistémicos (SE) como herramienta para la valoración integral de alternativas, mostrando la relación hombre – naturaleza. A partir de allí, en el capítulo noveno se realiza la identificación y medición de las consecuencias negativas y positivas

¹ Las *estructurales* hacen referencia a soluciones técnicas y de construcción de infraestructura para el control de inundaciones. Las *no estructurales* corresponden a herramientas de manejo del paisaje e instrumentos normativos y educativos de gestión de los ríos. Igualmente, a la gestión de las cuencas hidrográficas aguas arriba y a sus afluentes.

asociadas a cada alternativa, así como se identifican los costos y beneficios de las inundaciones. En el décimo capítulo se analizan los tres componentes de la valoración integral, a saber, la valoración económica, sociocultural y ecológica, los cuales serán integradas en el capítulo undécimo, contribuyendo a la toma de decisiones. Finalmente, se desarrolla un estudio de caso para el análisis costo beneficio de la alternativa para el control de inundaciones existente.

CAPITULO 2

CONTEXTO

2.1. Caracterización del área de estudio

2.1.1. El río Cauca

El río Cauca nace cerca del páramo de Sotará en el departamento del Cauca, y desemboca en el Brazo de Loba en el río Magdalena, ubicado éste último en el departamento de Bolívar. En su recorrido, el río Cauca sigue una dirección sur-norte, atravesando los departamentos de Cauca, Valle del Cauca, Quindío, Risaralda, Caldas, Antioquia, Córdoba, Sucre y Bolívar abarcando una longitud aproximada de 1.350 km (CVC, 2008). A lo largo de su trayectoria se identifican cuatro grandes zonas conocidas como: Alto Cauca, Valle Alto, Cañón del Cauca o Cauca Medio y finalmente Bajo Cauca (ver Figura 1).

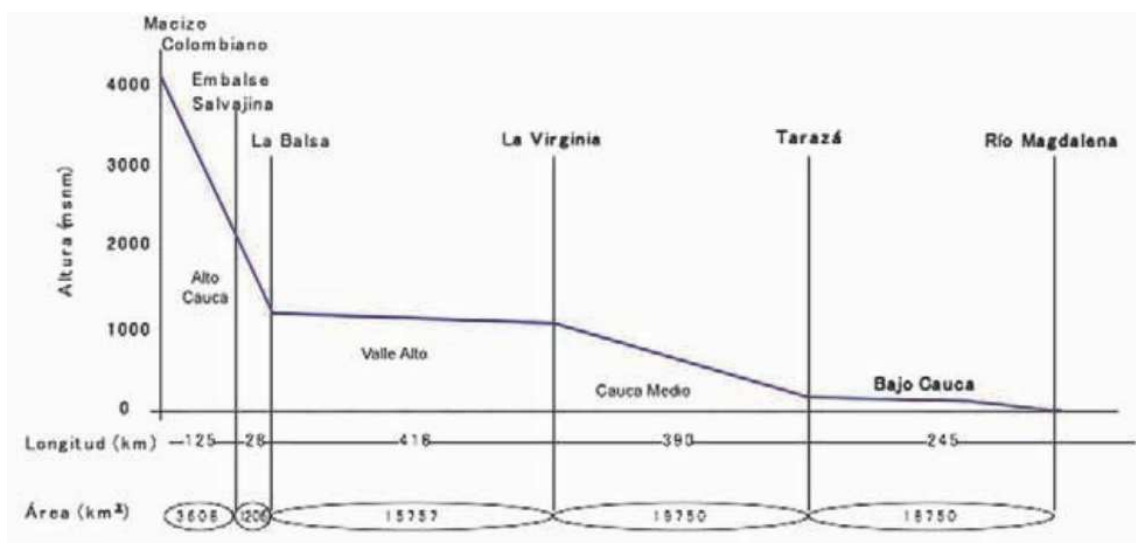


Figura 1. Perfil longitudinal del río Cauca.

Fuente: CVC (2008)

Como se observa en este gráfico, el *alto Cauca* corresponde al tramo comprendido entre el Macizo Colombiano y el corregimiento de La Balsa, municipio de Buenos Aires, departamento del Cauca. Este tramo tiene una longitud aproximada de 153 km. En su interior se encuentra construido el embalse de Salvajina. La trayectoria en el *valle alto* se inicia en La Balsa (Cauca) y termina en La Virginia (Risaralda) con una longitud alrededor de 425 km. La zona de *Cauca medio o cañón del Cauca*, tiene una extensión de 390 km que atraviesan un cañón estrecho en el que no es posible la navegación debido a su pendiente. Esta zona del río Cauca está comprendida entre La Virginia (Risaralda) y Tarazá (Antioquia). Finalmente, en la zona del *bajo Cauca*, el río recorre un trayecto de topografía plana a lo largo de 245 km, el cual desemboca en el río Magdalena.

Debido a que los planteamientos del *Proyecto Corredor Río Cauca*, delimitan el área de estudio dentro del Valle Alto del río Cauca, el presente documento igualmente se enfocará en la caracterización y estudio de esta área establecida.

2.1.2. El Valle Alto del río Cauca

En su paso por el Valle Alto, el río Cauca es un río de tipo aluvial que recorre un valle interandino de una longitud correspondiente a 214 km y una anchura promedio de 20 km, y en el que se albergan aproximadamente 440 mil hectáreas. Alrededor de 39 ríos tributarios convergen al río Cauca en su Valle Alto. Entre los más importantes se encuentran: los ríos Claro, Timba, Jamundí y Risaralda en su margen occidental y los ríos Ovejas, Palo, Amaime, Tuluá, Guadalajara, Bugalagrande y La Vieja en su margen oriental [ver Figura 2] (CVC, 2012).

Esta área se encuentra ubicada entre los 900 y 1000 msnm, en un piso térmico cálido- seco. Por su ubicación geográfica, el Valle Alto del río Cauca cuenta con una vegetación de bosque sub-andino, con temperaturas que superan los 24°C y con 1300 mm de lluvias anuales en promedio. Las lluvias se distribuyen en cuatro períodos: dos de bajas precipitaciones que corresponden a los meses de Enero-Febrero y Junio-Septiembre y dos de altas precipitaciones en Marzo-Mayo y Octubre-Diciembre. Todas estas condiciones brindan suelos fértiles útiles para el desarrollo agrícola de la región, el cual se basa principalmente en la agroindustria de la caña de azúcar, donde en la actualidad se cultivan cerca de 240 mil hectáreas (ASOCAÑA, 2013). Estas equivalen al 53.2% del área total del Valle Alto del río Cauca.

El río Cauca, en su paso por esta zona, cruza parte de los departamentos de Cauca y Risaralda y recorre al departamento del Valle del Cauca en su totalidad. A lo largo de este tramo, el río experimenta una forma meandriforme inclinada hacia la cordillera Occidental. Mientras el caudal medio del río Cauca en la estación de Suárez, donde comienza la zona de estudio, es de 126 m³/s; en La Virginia (última parte de la zona analizada) es de 531 m³/s (CVC, 2012), indicando que los aportes de los ríos tributarios y de sus cuencas en la región equivalen a 405 m³/s. Los materiales que priman en el fondo del río corresponden a arenas medias y se estima que el río transporta en promedio alrededor de 3,5 millones de toneladas anuales de sedimentos en suspensión, los cuales en su mayoría son aportados por la erosión de sus cuencas y de sus ríos afluentes (CVC, 2012).

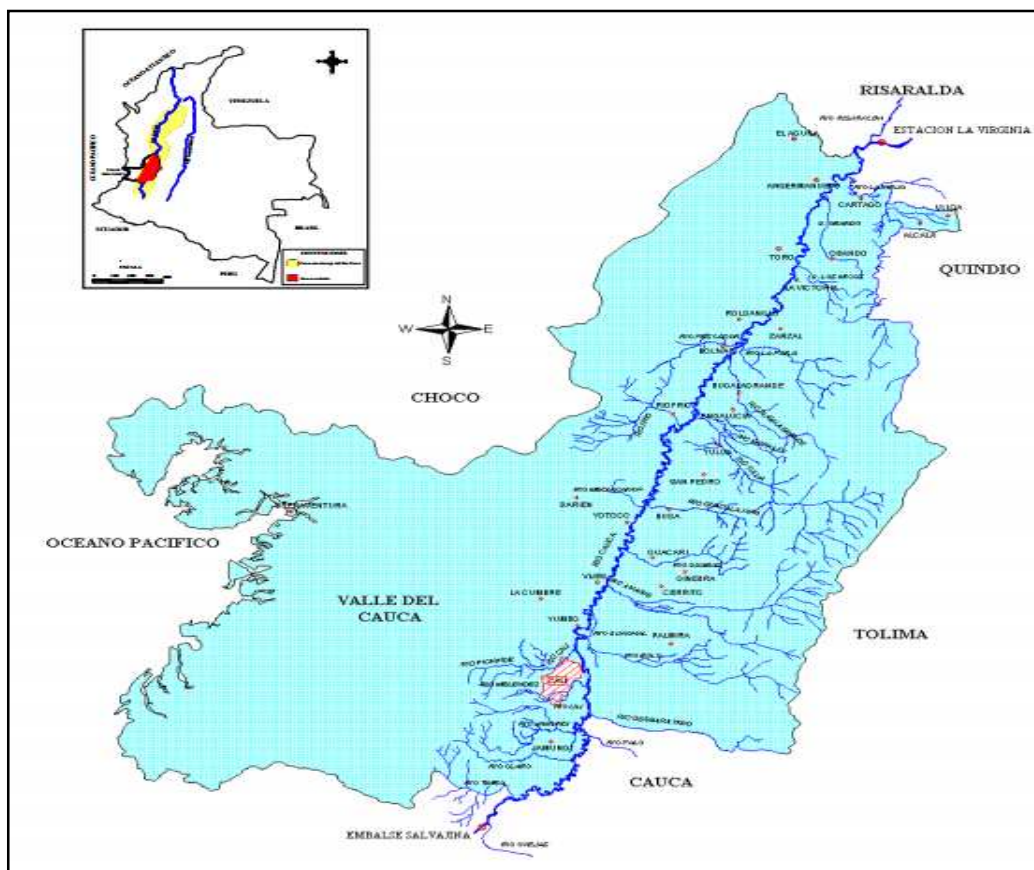


Figura 2. Valle geográfico, ríos Cauca y sus tributarios.

Fuente: CVC (2012).

Nota: este mapa no incluye la totalidad del área de estudio

Dentro del valle alto del río Cauca se encuentra localizada el área de estudio del presente manual. Como se observa en la Figura 3, ésta área también llamada *corredor de conservación del río Cauca*, corresponde a la franja roja que encierra al río Cauca desde la presa Salvajina hasta la Virginia en Risaralda, y que está compuesta por 122 mil hectáreas. Dicha franja se generó a partir del histórico de las manchas de inundación del río Cauca sobre las que se tiene reporte.

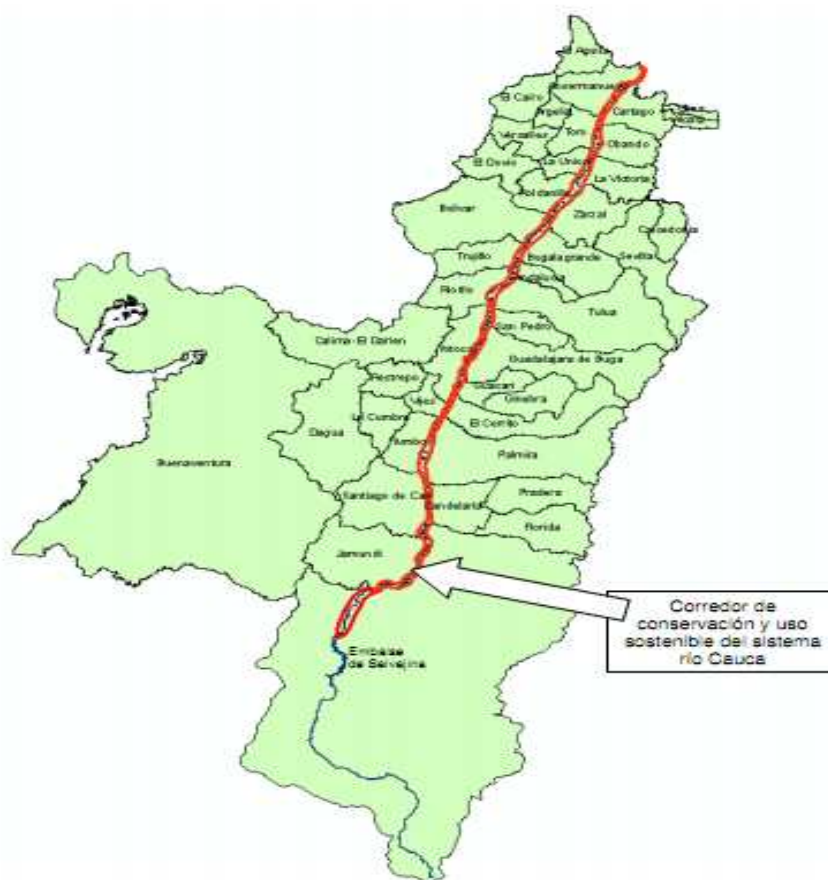


Figura 3. Corredor de conservación del río Cauca

Fuente: CVC (2011)

2.1.3. Las inundaciones en el Valle Alto del río Cauca

“Las inundaciones y los niveles de agua altos dan lugar a un proceso de labrado de orillas, donde el río y sus meandros en su propia evolución generan lagunas y madrevejas que conforman las zonas de almacenamiento natural de las aguas de exceso, las cuales ejercen un papel importante en la regulación del caudal al captar grandes volúmenes de agua en el invierno para liberarlos lentamente en el verano.” (CVC, 2012, pág. 25).

Las inundaciones de los ríos forman parte de su dinámica natural. En su Valle Alto, el río Cauca experimenta períodos de inundación durante las épocas de invierno, en los cuales transporta grandes volúmenes de agua que ocupan, además de su cauce normal, centenares de metros o incluso kilómetros de planicies de inundación adyacentes a él. Hoy, la franja de inundación corresponde a 122 mil hectáreas en el Valle Alto, cerca del 28% del total de superficie de la zona plana. Estas llanuras de inundación son importantes para el sistema fluvial en tanto son soporte para la fauna y flora, recargan acuíferos subterráneos, y retienen

los excesos de agua en temporadas en las que el caudal del río es muy alto, para devolverlas a éste de forma gradual en épocas de sequías. Además, durante las inundaciones, estas planicies son bañadas por sedimentos y nutrientes que son útiles para la fertilización de la tierra (CVC, 2013).

Durante los últimos 60 años se tienen registrados 15 eventos de inundaciones en el Valle Alto del río Cauca. En la Tabla 1 se muestra que el 60% de estos eventos se presentaron durante los meses de noviembre y diciembre y el 40% entre enero y abril. Puede observarse también, que la mayoría de las inundaciones se presentaron durante el fenómeno de La Niña, lo cual resulta lógico en tanto este fenómeno es determinado para los períodos de invierno, mientras El Niño es para épocas de verano. El aumento del caudal del río como explicación de las inundaciones, se observa al comparar el caudal promedio en época normal (280 m³/s), con el caudal en periodos de inundación. Por ejemplo, en la estación de Juanchito el caudal en estas épocas oscila entre 805 y 1067 m³/s, lo cual significa un incremento de entre 2.9 y 3.9 veces, por encima del caudal promedio del río Cauca.

La tabla señalada presenta la relación de los años de ocurrencia de las inundaciones, la extensión de las áreas afectadas, el caudal máximo registrado en la estación Juanchito, el mes de ocurrencia y su relación con el fenómeno ENSO². En la tabla se refleja de alguna manera, no solo las limitaciones del modelo tecno-hidrológico de control y manejo del agua, manifestado en el dinamismo que han adquirido nuevamente las inundaciones en los últimos años, sino la necesidad de enfrentar esta realidad desde nuevos paradigmas que incorporen la visión ecosistémica de los ríos, la incertidumbre asociada a problemas complejos como los ambientales donde aparecen fenómenos como el cambio y la variabilidad climática, y la necesidad de participación de todos los actores, afectados y beneficiados en los proyectos.

²El Niño–Southern Oscillation.

Tabla 1. Períodos de inundación del Valle Alto del río Cauca entre 1950 -2011

Año inundación	Área Afectada (ha)	Mes de ocurrencia del Qmax	Estado ENSO	Q _{max} Juanchito (m ³ /s)	
Periodo Pre-Sabujina	1950	86.768	Febrero	Niña	1.044
	1966	70.502	Diciembre	Neutral	1.057
	1967	16.000	Noviembre	Neutral	805
	1970	36.774	Noviembre	Niña	936
	1971	66.382	Abril	Niña	1.067
	1974	41.914	Marzo	Niña	990
	1975	43.115	Diciembre	Niña	943
	1982	11.000	Noviembre	Neutral	837
Periodo Post-Sabujina	1984	35.391	Noviembre	Niña	1.018
	1988	8.000	Diciembre	Niña	929
	1997	5.400	Enero	Neutral	955
	1999	13.370	Febrero	Niña	966
	2008	8.290	Noviembre	Niña	1.009
	2010	44.023	Diciembre	Niña	991
	2011	39.316	Abril	Niña	1.052

Tomado de: CVC, 2013. pág 2.2

2.2. Dinámica económica y gestión del agua en el valle geográfico del río Cauca

La estructura socio-económica y el modelo de desarrollo actual del valle alto del río Cauca fueron construidos a lo largo del siglo XX. En ello jugó un papel importante el modelo “modernizante”, “ingenieril” y “estructural” de gobernanza del agua y del territorio. Veamos de manera sintética esta relación que nos permita ubicarnos en la realidad actual.

Con la aparición de los primeros empresarios a finales del siglo XIX y principios del XX, se comenzaron a dar los primeros cambios de una economía de plantación de gran hacienda dirigida al mercado regional y nacional y en donde la cría de ganado fue la principal actividad, hacia una economía más moderna y con mayor énfasis en el sector externo. Estos empresarios, dimensionaron el Valle del Cauca como una oportunidad de negocios en el campo agropecuario: introdujeron nuevas tecnologías y una mejor utilización de los suelos e instauraron en 1901 la primera empresa de la región dedicada al cultivo de caña de azúcar, el ingenio Manuelita³. Esta situación incentivó a otros hacendados a invertir en empresas agrícolas mecanizadas.

Los sectores más dinámicos para la primera parte del siglo XX, fueron el café en la zona de ladera, y el ganado vacuno y la caña de azúcar en la zona plana. El dinamismo de la caña se reflejó en el aumento progresivo de las hectáreas sembradas, que pasaron de 817 en 1930 a 16.355 en 1952 (CVC, 2004). Para mediados de los cincuenta ya se habían creado 19

³Empresa creada por Jamer Eder, lituano nacionalizado en EEUU quien compró la hacienda a Jorge Isaac quien se encontraba en quiebra (CVC, 2004). Este inmigrante puede resaltarse como uno de los primeros empresarios que impulsó la modernización de la región.

ingenios azucareros y se habían dinamizado las empresas agrícolas de algodón, arroz, frutas, hortalizas, soya, introduciéndose también mejoras en el manejo del ganado lechero.

Las primeras tres décadas del siglo XX fueron decisivas para el establecimiento de la economía regional. El camino hacia la modernización del Valle del Cauca y su inserción en la economía mundial, requirió de adecuaciones del territorio en infraestructura vial, control del agua y preparación de tierras. Hacia 1910 se fundó la *Electric Light & Power Company*, empresa que construyó y operó las plantas hidroeléctricas *Río Cali I y II*, las cuales facilitaron el desarrollo de diferentes actividades urbanas y comerciales en la ciudad de Cali. Para 1915 se articuló el Valle del Cauca a la red ferroviaria a través del Ferrocarril del Pacífico que unió las ciudades de Cartago y Buenaventura, principal puerto sobre el Pacífico. Esto dinamizó la actividad económica vinculada al comercio exterior, en particular al café, al posibilitar la conexión entre la zona cafetera (viejo Caldas y norte del Valle) y el mercado externo (Perafán, 2012).

Otro factor que contribuyó a la modernización del Valle del Cauca y al proceso de especialización en la caña de azúcar, fueron las recomendaciones de la Misión Chardón(1929), de origen puertorriqueño, quien planteó la necesidad de impulsar el desarrollo agropecuario de la región a través de la creación de granjas experimentales para la investigación agrícola y pecuaria. Esta misión identifica a los cultivos de caña de azúcar y tabaco para la zona plana y de café para la zona de ladera, como los más promisorios para la región, considerando además la necesidad de ejercer un control sobre el agua, de manera que pudiera asegurarse la irrigación de los cultivos en la zona plana. Se originaron acá los primeros planteamientos de corte “modernizante” frente a la gobernanza del agua.

Este proceso de desarrollo impulsado en la primera parte del siglo XX, tuvo repercusiones en el medio ambiente de la región. La construcción de caminos generó la apertura de trochas en medio de la vegetación. La expansión de los cultivos de caña en la zona plana y los de café en la zona de ladera, y la aparición de nuevos poblados, influyeron en la transformación del paisaje. Todos estos acontecimientos desplazaron los bosques, fragmentaron el ecosistema y distorsionaron el hábitat de diferentes especies.

En ese proceso, la caña de azúcar fue convirtiéndose a lo largo del siglo XX y en lo que va del siglo XXI, en el mayor cultivo del territorio. Tres hechos históricos acentuaron la dinámica preliminar que traía la caña desde los treinta: i) El bloqueo económico de EEUU a Cuba a partir de 1962, después de la revolución cubana (1959), abrió las puertas a la industria cañera vallecaucana para suplir las exportaciones de azúcar que Cuba enviaba a los EEUU. ii) La apertura económica de los noventa permitió la importación de productos agrícolas más baratos (soja, maíz, sorgo, etc.), desplazando su producción en la región. Buena parte de los capitales y tierras liberadas, fueron destinados a la agroindustria azucarera. iii) La política de promoción de agrocombustibles del gobierno nacional a partir

de 2001⁴, abre un nuevo escenario de negocios al sector cañero a través de la producción de alcohol carburante como combustible para vehículos. Este nuevo aire para el sector, acentúa el proceso de especialización hacia el monocultivo de caña de azúcar.

Todo lo anterior se evidencia en la expansión de la frontera agrícola cañera: de las 817 hectáreas reportadas en los treinta, se cierra el siglo con 170 mil hectáreas (Pérez, 2008). Con el impulso del negocio etanolero, el área sembrada se expande nuevamente hasta alcanzar las 240 mil hectáreas en la zona de estudio para 2012 (ver Figura 4).

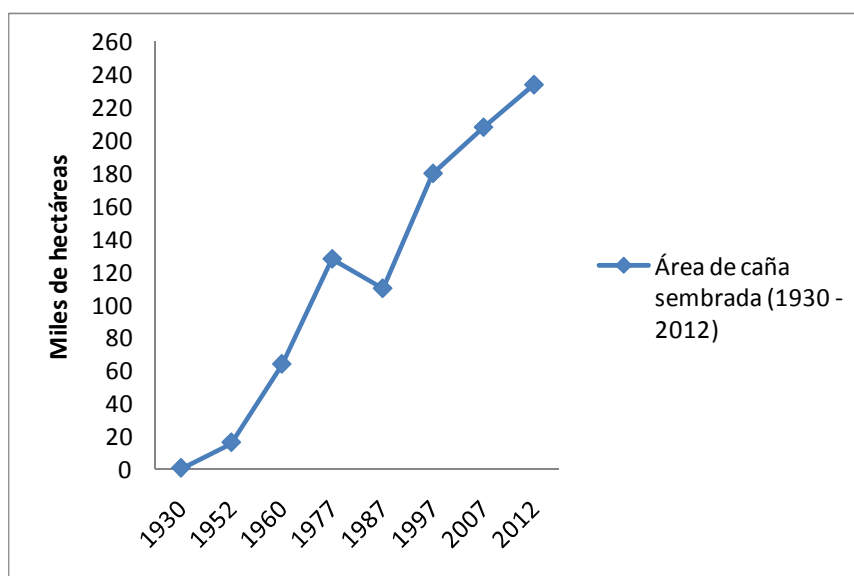


Figura 4. Área sembrada de caña de azúcar. Zona plana del río Cauca (1930-2012)

Fuente: Pérez (2008), CVC (2004), ASOCAÑA (2013). Elaboración propia.

Nota: los datos para 1930 y 1952 son aproximados.

Avanzar en ese desarrollo regional y en la expansión de la frontera cañera, requirió ejercer un control sobre las aguas del río Cauca, en tanto en épocas de sequía e invierno, éstas representaban un obstáculo al proceso de adecuación de tierras para la expansión de la frontera agrícola. Pero igualmente, el aumento en la demanda de energía eléctrica por parte de la industria vallecaucana emergente, el crecimiento urbano y el aumento de los cultivos en la zona plana y de ladera, dirigió la mirada de los expertos y los miembros del poder, a la búsqueda de alternativas tecnológicas para el control y apropiación del agua.

⁴La Ley 693/2001 dio vía libre a la producción nacional de etanol como combustible. En 2005 entraron en funcionamiento las primeras plantas productoras de alcohol carburante: 5 grandes plantas ubicadas en los departamentos de Cauca, Valle del Cauca y Risaralda (ECOPETROL, 2009).

En ese marco de acción, tres fueron las estrategias que se desarrollaron para la gobernanza del agua y del territorio, buscando expandir la actividad económica: i) Ejecución de varios estudios que se realizaron entre 1943 y 1952 encaminados al control de inundaciones en la cuenca hidrográfica del alto Cauca y la generación de energía eléctrica (ver Tabla 2); ii) Creación en 1954 de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), tanto para planificar y promover el desarrollo regional, como también para ejecutar los proyectos identificados y diseñados en ese proceso⁵; iii) Construcción y operación de varias obras de infraestructura dirigidas al control de las inundaciones, como también a la producción de energía hidroeléctrica. Estas obras se desarrollaron una vez establecida la CVC. La Tabla 3 presenta las principales obras ejecutadas hasta el año 2000.

Tabla 2. Estudios para el control del río Cauca

Año	Estudio	Realizado por	Entidad	Beneficios
1943 – 1944	Presa de Salvajina	Espíritu Santo Potes	Interés personal	Generación de energía
1945 – 1947	Estudios para el desarrollo hidráulico del Valle del Cauca. Proyectos A – 987 y B – 1006.5	ParsonBrinckerhoff, Hogan y Mc. Donald	Secretaría de Agricultura del Valle	Irrigación en el Valle central
1949	Proyecto general de electrificación	OLAP (Hoy Ingetec)	Secretaría de Obras públicas del Valle	Generación de energía
1950	Plan general de irrigación	OLAP (Hoy Ingetec)	Gobernación del Valle del Cauca	Riego y drenaje
1951	Anteproyecto de irrigación del río Timba	OLAP (Hoy Ingetec)	Gobernación del Valle del Cauca	Riego
1951	Proyecto de Aguablanca	OLAP (Hoy Ingetec)	Gobernación del Valle	Control de inundaciones
1952	Plan para el desarrollo económico de la cuenca hidrográfica del Alto Cauca	OLAP (Hoy Ingetec)	Gobernación del Valle	Sugiere la creación de una corporación de desarrollo regional.

Tomado de: CVC (2004: 57)

⁵La CVC fue inspirada en el modelo de la Autoridad del Valle del Tennessee (EEUU). Esta autoridad fue creada en 1933 como una agencia federal multipropósito teniendo como fin último la conformación de un sistema de regionales en toda la nación y finalmente, encargara de la planeación nacional. “De acuerdo con el plan propuesto se construyen embalses, los ríos se abren a la navegación, se fomenta la conservación del suelo y la reforestación” (CVC, 2004. pág. 59).

Tabla 3. Obras de control de inundaciones en el Valle Alto del río Cauca⁶

Año	Obra	Descripción
1958	Anillo Aguablanca	Primer anillo para la protección contra inundaciones y drenaje del río Cauca y sus afluentes locales.
1959	Anillo RUT	Cubre los municipios de Roldanillo, La Unión y Toro. Además de protección contra inundaciones y drenaje, este proyecto incluyó riego.
1964 - 1976	Obras complementarias	Autopista Cali Yumbo (1971-1972) (PI)
		Puerto Isaac - La Guajira (1971-1972) (PI)
		La Selva - Paso la Torre (1974-1975) (PI - D -R)
		Río Palmira - Río Bolo (1973-1975) (PI - D)
		Puerto Tejada (Cauca) (1975) (PI)
		Río Bolo - Río Fraile (1975-1976) (PI)
1975	Proyecto de regulación del río Cauca	Sistema de regulación y control de inundaciones conformado por la represa Salvajina (1985) y obras en la planicie inundable (anillos de protección), causando la menor deformación de los caudales a lo largo del cauce del río Cauca en su Valle Alto.
1976 - 1992	Obras complementarias	Luego de la construcción de Salvajinas, continuaron las construcciones de las obras faltantes del proyecto de regulación del río Cauca
		Zanjón Majahuevos (1984-1986) (D)
		La Victoria - Los Micos (1986-1988) (PI)
		Ticuante - El Conchal (1985-1992) (PI -D)
		Dique Margen derecha Bugalagrande (1988-1992) (PI)
2000	Anillos proyectados	Para el año 1999 muchos de los anillos planteados en el proyecto de regulación del río Cauca no habían sido construidos. En ese mismo año se retoman las obras de adecuación de tierras y se realizan estudios de 14 anillos de protección por parte de diferentes firmas consultoras.

Fuente: CVC, 2013. Elaboración propia.

Estos proyectos para gobernar las aguas, impulsados por el capitalismo modernizante, produjeron grandes transformaciones en la geografía económico-ambiental, mayor concentración de tierras agrícolas, alta plusvalía urbana y, de contera, mayor demanda de agua y servicios de energía (Vélez, 2013). La modernización ha seguido el modelo eurocéntrico de dominación de la naturaleza para servir a los sectores económicos líderes (Martínez-Alier *et al.* 2010), constituyéndose el dominio sobre las aguas el corazón de la especialización económica en la agro-industria cañera y de los conflictos ambientales emergentes. La valorización del capital (Alimonda 2012: 60) se ha visto favorecida por un modelo de gobernabilidad ambiental que incorpora en su favor sistemas tecno-ecológicos

⁶PI: Proyecto de control de Inundaciones. D: Proyecto de Drenaje. P: Proyecto de Riesgo.

como represas, distritos de riego, canalizaciones, drenajes, plantas de tratamiento, que son acompañadas por estructuras tecno-burocráticas, públicas y privadas.

Pero además, es necesario decir que las diferentes obras de infraestructura ejecutadas con la idea de controlar las aguas del río Cauca en su valle alto, no han tenido los resultados esperados. La magnitud de los desbordamientos en 2010–2011 son ejemplo de las limitaciones que experimenta esta lógica de control de las crecientes.

Es por esto que surge la necesidad de mirar nuevas alternativas para la gestión y el control de inundaciones en el valle alto del río Cauca, y conseguir formas más eficientes y sustentables de contrarrestar los excesos de agua en temporada invernal. Identificar nuevas opciones estructurales y no estructurales para el manejo de las inundaciones, es el principal objetivo del presente proyecto, donde las nuevas visiones asociadas a la “ingeniería ecológica”, que concibe los ríos como un complejo ecosistémico interrelacionado con los recursos circundantes, y no solo como un mero canal de tierra que transporta agua, son las llamadas a presentar nuevas formas de control. En ese sentido, el aporte del presente documento corresponde a escribir una guía metodológica que permita realizar una valoración integral de las diferentes alternativas estructurales propuestas por el componente técnico, y a partir de allí, facilitar el proceso de toma de decisiones.

CAPITULO 3

BASES CONCEPTUALES PARA LA VALORACIÓN ECONÓMICA DE ALTERNATIVAS

Como se mencionó anteriormente, el propósito de este documento es generar una guía metodológica que permita la valoración económica de las alternativas propuestas para el control de inundaciones en el corredor de conservación del río Cauca. Antes de empezar a desarrollar este propósito, es necesario decir que la valoración económica no incluye otros atributos de valor que no son de orden monetario; de tal manera, la valoración económica no representa la totalidad del valor de factores como la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y los valores socio-culturales (Von Humbolt, 2014). En ese sentido, podemos afirmar que la valoración económica es una valoración parcial de los impactos positivos y negativos de las alternativas.

Para el desarrollo de esta guía se usaron tres bases conceptuales centrales que sustentan la valoración económica de las alternativas para el control de inundaciones en el corredor de conservación del río Cauca: El enfoque de los Servicios Ecosistémicos (SE), el Análisis Costo – Beneficio (ACB) y la identificación de impactos de las inundaciones. A continuación se presentan estos tres desarrollos conceptuales.

3.1. Servicios ecosistémicos

Desde sus inicios, el ser humano ha requerido de la naturaleza y de sus servicios para aumentar su supervivencia e incrementar razonablemente su bienestar. Estos servicios provenientes de la naturaleza, también llamados Servicios Ecosistémicos (SE), fueron entendidos en un principio como la provisión de materias primas para el uso económico y la capacidad de recepción, asimilación y depuración de vertimientos por parte de la naturaleza; servicios sintetizados en lo que se conoce como la función abastecedora y receptora de la biósfera (Rojas y Pérez, 2013).

En la actualidad, la concepción de Servicios Ecosistémicos ha tomado una visión más amplia que reconoce como servicios muchos que no se habían considerado antes, como por ejemplo los beneficios estéticos, culturales y espirituales. Las definiciones sobre SE más representativas hasta el momento coinciden en la idea de que el bienestar humano está ligado a los ecosistemas y resaltan la importancia de los ecosistemas para la sociedad (Fisher *et al*, 2009; Boyd y Banzhaf, 2007; y EEMM, 2005). De Groot *et al.* (2002) por su parte, ha definido los SE como la capacidad que tienen los procesos naturales (resultado de las interacciones entre los componentes bióticos y abióticos de un ecosistema) de proporcionar bienes y servicios, que de manera directa o indirecta logran satisfacer las necesidades humanas.

Por concebir los servicios ecosistémicos como generadores de bienestar humano, este enfoque es de corte antropocéntrico y utilitarista. Antropocéntrico porque se protege y conserva la naturaleza con el fin último de generar bienestar al ser humano, desplazando los derechos de existencia de otras especies vivas cuando entran en competencia con las

prioridades fijadas para garantizar el bienestar humano. Utilitarista en el sentido de que el uso que se le dé a los servicios del ecosistema depende de la valoración que se haga de ellos. Sin embargo, como ya se ha señalado, los ecosistemas pueden ser valorados desde el punto de vista ecológico, socio-cultural o económico (De Groot *et al.*, 2002).

Para este mismo autor, los servicios de un ecosistema pueden clasificarse, según sus funciones principales, en cuatro grupos: regulación, hábitat, extracción y producción, e información. En la Tabla 4 se presenta esta clasificación con sus respectivas funciones secundarias y ejemplos específicos para cada una de ellas.

En este orden de ideas, el enfoque de servicios ecosistémicos refleja la relación de dependencia del hombre con la naturaleza en múltiples dimensiones, lo cual argumenta que valorar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos requiere de diferentes lenguajes de valor. De esta manera, el enfoque de SE sustenta el uso de la valoración integral para alcanzar los objetivos de la presente guía.

3.2. Análisis Costo - Beneficio

El proceso de toma de decisiones de política social en la economía tradicional ha sido sustentado en buena medida por lo que se denomina el *Análisis Costo Beneficio* (ACB), el cual se basa en la agregación de preferencias individuales en una sola dimensión valorativa. Este mecanismo es soportado en términos teóricos por el *criterio de Pareto* el cual considera que una situación *A* es socialmente mejor que una situación *B*, si algún individuo prefiere la situación *A* a la *B* sin que nadie prefiera la situación *B* a la *A*. Bajo este criterio existen muchas situaciones óptimas, por lo cual el criterio paretiano no es muy útil cuando se trata de tomar decisiones prácticas, que implican regularmente ganadores y perdedores. Por tal razón, se ha mejorado este planteamiento a través del *criterio de compensación Kaldor-Hicks*, que argumenta que una decisión es eficiente en términos económicos, si lo que se gana es mayor que lo que se pierde, y el ganador compensa al perdedor y aún así continua ganando; siendo así, un proyecto es eficiente y bueno para la sociedad, si la suma de beneficios es mayor que la suma de los costos, sean quienes sean los ganadores y perdedores.

Tabla 4. Servicios Ecosistémicos: Funciones y bienes

Funciones Principales	Funciones Secundarias	Ejemplos de Bienes y Servicios
Regulación: relacionada con la capacidad natural de regular procesos esenciales ecológicos y los sistemas de soporte de la vida	Regulación atmosférica	Protección a rayos UV y calidad de aire
	Regulación climática	Temperatura y precipitación adecuadas
	Regulación de disturbios	Protección de tormentas, inundaciones
	Regulación Hídrica	Drenaje e irrigación natural
	Disponibilidad Hídrica	Agua para todos los usos
	Contención del suelo	Prevención de la erosión y sedimentación
	Formación de suelo	Mantenimiento de la productividad
	Regulación de nutrientes	Fertilidad de ecosistemas productivos
	Asimilación de residuos	Eliminación de toxinas
	Polinización	Polinización de plantas silvestres y comerciales
Control Biológico	Reducción de plagas, plagas y enfermedades	
Hábitat: provisión de refugio y reproducción de hábitat para plantas y animales a favor de la biodiversidad	Función de Refugio	Provisión de espacios habitables para el mantenimiento de la biodiversidad y de especies de fauna y flora
	Función de Criadero	Permite la reproducción para el mantenimiento de la biodiversidad y de especies con valor medicinal, alimenticio y comercial
Extracción y producción: las estructuras orgánica e inorgánicas proveen bienes de consumo	Alimento	Caza, recolección, pesca, cultivos acuícolas y agrícolas
	Materias primas	Materiales orgánicos para manufacturas
	Recursos genéticos	Mejoramientos genéticos
	Recursos medicinales	Medicinas y herramientas químicas
	Elementos decorativos	Materiales orgánicos para manufacturas
	Minerales y yacimientos	Piedras, combustibles fósiles y metales
Información: referencia la evolución cultural humana atada a los ecosistemas naturales que contribuyen a mantener la salud mental humana	Información estética	Contemplación paisajística
	Función recreativa	Turismo, deportes, actividades de esparcimiento
	Información artística	Expresión de la naturaleza en libros, películas, cuadros.
	Información histórica	Memoria histórica de los ecosistemas
	Ciencia y educación	Fuentes de conocimientos científicos

Fuente: Rodríguez y Cubillos (2012: 84). Ajustes nuestros.

En esa lógica, la instrumentación de estos criterios pasa necesariamente por el uso de un numerario que, generalmente, es el valor monetario de todos los bienes involucrados en la elección. El analista deberá entonces sumar costos y beneficios actualizados a una tasa de descuento x , teniendo que monetizar todas las cantidades en las dos partes de la ecuación (en beneficios y costos) para poder comparar cuál de las dos es mayor y conocer si el proyecto implica o no una mejoría del bienestar frente a una situación sin proyecto. En esta perspectiva, la técnica del ACB parte de la conmensurabilidad y comparabilidad fuerte, que

requiere que todos los fenómenos y categorías sean medibles y con ello comparables, desconociendo la pluralidad de valores que muchos bienes poseen en sociedades multiculturales y también muchos fenómenos reales. Así, la técnica fundamental para la evaluación de proyectos con impacto social y ambiental es el ACB mediante la agregación de todos los costos y beneficios derivados de un proyecto a lo largo de su vida útil. De tal manera, una formulación clásica de esta regla es la propuesta por Turner *et al* (1994):

$$\sum_t [(B_t - C_t \pm E_t)(1 - r)]^{-t} > 0 \quad [1]$$

Donde **B** son los beneficios no ambientales, **C** los costos no ambientales, **E** es el valor del cambio ambiental (externalidades) y **r** la tasa de descuento. Adicionalmente, la comparación de alternativas llevaría a la maximización de esta expresión, conocida como Valor Presente Neto (VPN). Igualmente, la comparación de alternativas puede realizarse a través de la Relación Beneficio/Costo o la Tasa Interna de Retorno (TIR). La primera consiste en mirar la razón beneficios sobre costos, seleccionando como el mejor proyecto o alternativa el/la que tenga una relación mayor. Por su parte la TIR corresponde a la Tasa específica de Retorno de la Inversión del proyecto o alternativa y en donde la mejor opción será la que tenga una tasa más elevada.

La incorporación de las externalidades ambientales al ACB se interpreta desde la Economía Ambiental como un modo de avanzar hacia la sostenibilidad. Sin embargo, el análisis ha sufrido varios cuestionamientos en este sentido (y en otros que se pueden observar en el Recuadro 1). En particular, se aduce que el ACB no consigue una correcta integración económico-ecológica. Los modelos de optimización y compensación no buscan conseguir una mejor calidad ambiental, sino sólo incorporar los impactos ambientales en el sistema tradicional de precios y de mercado. Es más, ya que su objetivo es mantener la utilidad constante, se supone siempre una sustitución completa entre calidad ambiental y crecimiento económico. Así, pues, implica una filosofía de "sostenibilidad débil" (Munda, 1996:164).

En este punto, es necesario establecer la distinción entre la sostenibilidad "débil" y la "fuerte" a la que no se ha hecho mención. Para ello, se parte de una concepción de la sostenibilidad como un desarrollo equilibrado de los subsistemas natural, social y económico. Mientras en la sostenibilidad "débil", se asume que todas las formas de capital pueden ser medidas en términos monetarios y que se pueden establecer relaciones de sustitución entre ellas (por ejemplo el capital creado por la sociedad puede sustituir el capital natural, argumento soportado en el optimismo tecnológico); en la sostenibilidad "fuerte", estas formas de capital no son sustitutas sino complementarias, por lo cual es necesario mantener algunos recursos y servicios naturales expresados en términos físicos, los cuales corresponde al "*capital natural crítico*" (Pearce y Turner, 1996). Es obvio que el ACB implica una noción de sostenibilidad débil. A través de la traducción a valores monetarios de todos los flujos asociados a un proyecto, se asume la posibilidad de que todos los costos y beneficios sean compensados entre sí, incluyendo aquellos relacionados con bienes y servicios ambientales que no están en el mercado.

En definitiva, es posible destacar que el ACB es una técnica utilizada para la selección de proyectos de impacto social y ambiental que parte de los postulados de la Economía

Recuadro 1

Limitaciones del análisis costo- beneficio

a) No tienen en consideración criterios de distribución de la renta intrageneracional o los efectos del proyecto sobre la equidad; b) Al asumir tasas de descuento positivas en los proyectos, se está sobrevalorando el presente frente al futuro con lo cual no se toman en cuenta los efectos en la equidad intergeneracional; c) Se supone plena conmensurabilidad de todos los valores y todas las categorías en una sola dimensión valorativa: el dinero. Al suponer la posibilidad de cuantificar monetariamente todos los aspectos de la vida, incluyendo el patrimonio ecológico y cultural, implica desconocer la pluralidad de valores que estos poseen y supone que los afectados estarán siempre dispuestos a aceptar un cierto nivel de compensación, lo cual lleva implícito suponer la existencia de bienes alternativos que se puedan adquirir para sustituir a los sacrificados d) Finalmente, al tomar como base la satisfacción de las preferencias individuales, no se incorporan de nuevo en forma adecuada los intereses de las generaciones futuras ni de las especies no humanas. Estas limitaciones señaladas que resultan en muchos casos insalvables hacen que se requiera para su uso un cierto grado de arbitrariedad.

Tomado de Martínez Alier 1999 y Martínez Alier y Roca, 2001.

Neoclásica tradicional. De esta manera, si bien busca la incorporación de los impactos ambientales en el análisis, lo hace desde una concepción de sostenibilidad débil que implica una conmensurabilidad fuerte de los valores, puesto que el ACB tiene fundamento en la compensación como principio esencial. De esta manera, la identificación de un precio para los bienes y servicios ambientales parte de un planteamiento de conmensurabilidad fuerte de los valores (con las unidades monetarias como escala de medida cardinal) que permite su comparabilidad fuerte, en los términos que se exponen en la Figura 5.

Independientemente de estas críticas, el análisis costo - beneficio ha sido un instrumento extendidamente usado a nivel mundial como base de la política pública para la toma de decisiones en diferentes campos⁷. De todas maneras, los problemas señalados anteriormente han originado algunos ajustes al método para hacerlo más sensible a diferentes tipos de criterios, lo cual, aunque no ha corregido el trasfondo de las críticas, ha permitido tomar en consideración algunos elementos olvidados.

Una de estas modificaciones al *ACB* es el denominado *criterio de Krutilla*, asociado al economista norteamericano, John Krutilla⁸, establecido para considerar en su real magnitud los beneficios de la conservación, haciendo más difícil aceptar la opción de desarrollo y tratando de prevenir de esta forma, sus efectos irreversibles en el patrimonio ambiental. La propuesta concreta consiste en que, no se pueden considerar de la misma manera la corriente de beneficios de un proyecto de desarrollo y los costos asociados al mismo en términos de la pérdida de valores recreativos o ambientales en general, dada la posibilidad de sustitución de los primeros y la dificultad de hacerlo en los segundos. Para asegurar que los beneficios de la opción de preservación se tengan en cuenta adecuadamente dentro del *ACB* existen varias alternativas complementarias como lo señala Pearce y Turner (1996): a) Considerar los beneficios de la preservación perdidos como parte de los costos del desarrollo; b) Reconocer un crecimiento de los precios de los beneficios de la preservación en el tiempo como consecuencia del cambio en sus precios relativos; c) Desvalorizar en términos de precios los beneficios del desarrollo dada la obsolescencia tecnológica; y, d) Reconocer una tasa de descuento menor a los beneficios de la preservación frente a la usada en el proyecto, reflejando una cierta prioridad sobre el futuro.

⁷En muchas ocasiones este criterio es manipulado para ajustarlo a decisiones políticas ya tomadas.

⁸David Pearce y Kerry Turner, lo denominan el criterio de Krutilla-Fisher (1995).

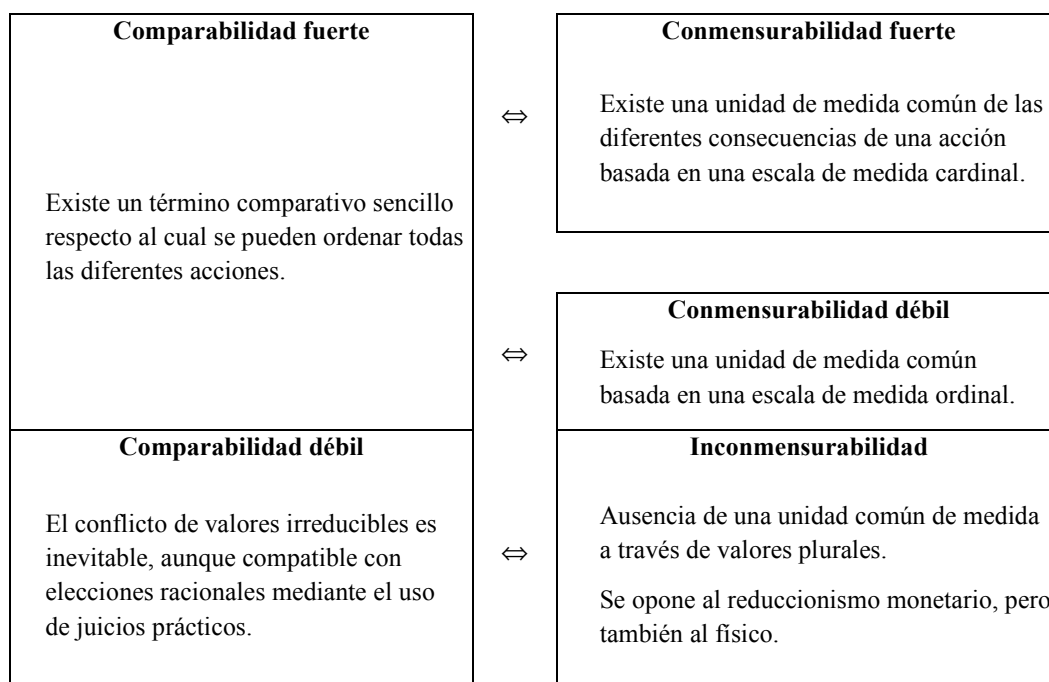


Figura 5. Comparabilidad y commensurabilidad de los valores

Fuente: Martínez –Alieret *al.*, 1999.

El criterio de Krutilla puede ser igualmente útil para evaluar proyectos donde estén amenazados otros activos que requieren ser protegidos como bienes culturales, patrimonio histórico, usos recreativos, etc. Precisamente, en este caso es útil para trabajar con alternativas para el control de inundaciones, utilizando este criterio para proteger la riqueza paisajista y recreativa de la región. Lo significativo de esta evaluación es la necesidad de elegir la mejor forma de controlar y manejar las inundaciones que implican importantes beneficios sociales y económicos para la comunidad y al tiempo la necesidad de proteger el paisaje y el patrimonio cultural.

Con todo y sus limitaciones, el ACB es la esencia de lo que se conoce como evaluación de proyectos la cual busca seleccionar aquella alternativa que genere el mejor resultado con los recursos disponibles, o sea la alternativa económica o socialmente más eficiente. Es por esta razón que el análisis costo–beneficio será la herramienta central de la valoración económica que se desarrollará en esta guía.

3.3. Costos y beneficios de las inundaciones

Las alternativas que se buscan analizar a través de esta guía metodológica, son aquellas direccionadas al control de inundaciones en el corredor de conservación del río Cauca. Se debe reconocer en principio, que las alternativas identificadas tendrán tres efectos diferenciados en términos de costos y beneficios: i) Costos económicos diferentes, tanto de inversión como de operación y mantenimiento (O&M), para cada alternativa construida; ii) Diferentes grados de afectación, positivos o negativos, sobre los servicios ecosistémicos que el río presta a la sociedad y a otros seres vivos; iii) Impacto diferenciado tanto en las inundaciones como en el área inundada. Esto obviamente implicará distintos beneficios que cada opción le entregará a la sociedad en términos de cultivos, población afectada, infraestructura conservada, etc.

En relación con este último punto, estudios realizados en varias regiones del mundo muestran que aunque las inundaciones tienen impactos positivos, en su mayoría, los efectos resaltados por los diferentes autores son orden negativo. En ese sentido, los impactos pueden clasificarse en términos de beneficios y costos. En el caso de los beneficios, los autores que abordan más esta perspectiva son Merzet *al.* (2010) y Mata (2000) (ver Tabla 5), mostrando que los principales beneficios asociados a las inundaciones están asociados a la fertilización de la tierra, la renovación de poblaciones de peces y el potencial crecimiento económico de zonas aledañas a las zonas inundadas.

Por su parte, para el caso de los costos, varios de los autores convergen en la idea de que en gran medida los efectos perjudiciales de las inundaciones están relacionados con las dimensiones y características socioeconómicas del área afectada [Mata (2000); Merzet. *al.* (2010); Jonkmanet *al.* (2008); Solís (2007); Sánchez (2011)]. Sin embargo, autores como Mata (2000) y Sánchez (2011) hacen más énfasis en los aspectos ambientales, resaltando la muerte de aves y semovientes como también el impacto negativo de la sedimentación sobre el enriquecimiento natural de los suelos. Merzet *al.* (2010) y Jonkmanet *al.* (2008), por otro lado, resaltan algunos impactos sociales relacionados con el patrimonio cultural de las comunidades, lo que denominan costos directos e intangibles de las inundaciones. La Tabla 6 presenta una clasificación de los impactos de las inundaciones en diferentes aspectos.

Por otro lado, algunos de estos estudios coinciden en un método a través del cual pueden valorarse económicamente los impactos de las inundaciones. Dicho método lo exponen Jonkmanet *al.* (2008) a través de la construcción de un modelo hidrodinámico–económico integrado, el cual vincula variables económicas, usos del suelo y características de las inundaciones (como su profundidad), para determinar los daños directos e indirectos de las inundaciones. Los daños directos los obtienen a partir del uso de funciones de daño específicas para determinadas categorías de deterioro, correlacionando directamente el

perjuicio físico con la profundidad de la inundación, a lo que se denomina tirante. Los daños indirectos son obtenidos por los autores, a través del ACB comparando los costos evitados (eventos pre desastre) y los costos adicionales (eventos pos-desastre) de una determinada inundación.

Tabla 5. Beneficios asociados a las inundaciones

Autor	Beneficios	Explicación
Mata (2000)	Efectos ambientales positivos	Las aguas traen nutrientes que fertilizan a las plantas acuáticas y a los sedimentos que se depositan en las secciones que han sido agotadas por la agricultura.
		Renovaciones en las poblaciones de peces en lagunas interiores o aisladas.
Merzet <i>al</i> (2010)	Efectos positivos en la actividad económica de comunidades aledañas al aérea inundada.	La inundación podría dar lugar a que las comunidades aledañas al área de inundación realicen las actividades que las empresas afectadas por la inundación no pueden.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Costos asociados a las inundaciones.

Autor	Costos	Explicación
Mata (2000)	Salud humana	Contaminación del agua por el contacto con aguas servidas o lodos de tanques sépticos; charcos después de la inundación eventualmente se convertirán en criadero de mosquitos.
	La sedimentación	Impide el enriquecimiento natural del suelo, retienen el agua una vez el curso del río esta a niveles normales, crean una falsa sensación de seguridad en los habitantes.
	Daños culturales	Daños al patrimonio cultural e histórico de empresas, familias, instituciones, bibliotecas o museos.
	Distorsión de las actividades económicas.	Actividades comerciales, industriales, de servicios, educacionales, son suspendidas incluso durante semanas luego de la inundación; cierre de carreteras y vías ferroviarias y disminución del transporte fluvial.
Solís (2007)	Daños a viviendas	Deterioro en acabados interiores y exteriores de las casas
		Pérdida de equipamiento mobiliario y electrodomésticos
	Daños a los habitantes	Pérdida de pertenencias personales: ropa, documentos, etc.
		Inasistencia laboral por atender a la emergencia

		Daños en la vestidura y motor de automóviles
		Enfermedades (como la hepatitis), gasto en medicamentos, incapacidades laborales
	Acción de las autoridades para atender la emergencia	Asistencia a damnificados: alimentos, colchonetas, cobertores, vacunas, pastilla de cloro. Desplazamiento de personal, maquinaria y equipo para limpiar la zona de inundación y ayudar a los damnificados
		Obras de mitigación de inundaciones: bordos de protección, alarmas sonoras.
		Conservación de la sección y pendiente del cauce del río.
	Daños a escuelas	Costo económico por pérdida de mobiliario: mesas, sillas, pizarrones, computadores
Merzet et al (2010); Jonkmanetal(2008)	Directos ⁹ y tangibles ¹⁰	Daño en construcciones privadas y el mobiliario en su interior, destrucción de carreteras y ferrovías, erosión del suelo de agricultura, pérdida de cosechas y ganado, medidas de evacuación y rescate, interrupción de negocios dentro del área inundada.
	Directos e intangibles	Pérdida de vidas humanas, lesiones físicas, pérdida de la memoria, trastornos psicológicos, daños en la herencia cultural, efectos negativos en los ecosistemas.
	Indirectos y tangibles	Desorganización de los servicios públicos afuera del área inundada, pérdidas de producción de empresas afuera del área inundada, desorganización del tráfico, pérdida de ingreso por impuestos debido a la migración de las compañías por las secuelas de la inundación.
	Indirectos e intangibles	Trauma, pérdida de confianza en las autoridades
Sánchez (2011)	Desempeño de la economía del país	Afectaciones sobre la producción agropecuaria, aumento de precios de los alimentos, pérdida de toneladas de carne por muerte de bovinos, porcinos y aves; pérdida de hectáreas cultivables, afectaciones en la actividad económica de la región.
	Daños en infraestructura	Viviendas destruidas, viviendas afectadas ¹¹ , daño en sedes educativas y deterioro de la calidad educativa, daños en acueductos y vías.
	Recursos para atender la emergencia	Atención humanitaria, rehabilitación o reconstrucción de infraestructura afectada, reubicación de viviendas localizadas en zonas de riesgo inminente no mitigable.
	Distorsión de fauna	Muerte de aves, desplazamiento de animales

Fuente: Elaboración propia.

⁹Son aquellos daños ocurridos directamente por el contacto del agua con los humanos, su propiedad o cualquier otro objeto. Los costos indirectos hacen referencia a los impactos directos (en tiempo y espacio) fuera del evento de la inundación.

¹⁰Son tangibles si pueden ser valorados en términos monetarios.

¹¹Hace referencia a que las casas no tuvieron destrucción total y pueden ser re construidas.

CAPÍTULO 4

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA VALORACIÓN ECONÓMICA

4. GUÍA METODOLÓGICA PARA LA VALORACIÓN ECONÓMICA

La expansión de la frontera agrícola y el crecimiento poblacional que ha experimentado el Valle del Cauca durante las últimas décadas, ha ocasionado tanto la reducción y extinción de procesos y funciones ecológicas fundamentales, como la modificación de patrones culturales y paisajísticos de las comunidades. Esta situación ha propiciado la creación de conflictos socioambientales entre actores heterogéneos con valoraciones e intereses diversos y contradictorios, que sumado a los impactos sobre el medio ambiente producto del modelo de desarrollo actualmente utilizado, evidencian la necesidad de modificar el proceso de toma de decisiones en la gestión del territorio y los recursos naturales, hacia uno que incorpore la integralidad de las soluciones.

Como se ha anotado anteriormente, en forma usual, el Análisis Costo Beneficio (ACB) junto a la valoración monetaria asociada a él, es la herramienta más utilizada para la toma de decisiones en proyectos de inversión en general, extendiéndose este instrumento en forma creciente a los temas relacionados con la gestión del territorio, la selección de alternativas para el manejo ambiental, el manejo y control de inundaciones y otras similares. Sin embargo, como ya habíamos dicho, el lenguaje económico por sí solo, columna vertebral del ACB, no es una herramienta suficiente para la toma de decisiones que afecten diferentes aspectos de la vida social de las personas y la dinámica y estabilidad de la naturaleza. Así, aunque la valoración económica es una herramienta que cada vez se utiliza más, tiene dificultades para determinar el verdadero valor de factores como los servicios ecosistémicos o las funciones y procesos ecológicos, ya que como estos no cuentan con un mercado donde puedan ser tranzados, al monetizarlos, se incurre en una valoración insuficiente que excluye las múltiples percepciones y valores culturales que las personas tienen de ellos y la importancia de los mismos dentro del ecosistema.

A pesar de estas limitaciones, puede ser un instrumento que ayude en forma importante a jerarquizar y seleccionar, desde el punto de vista económico, las “alternativas estructurales identificadas como viables para el control de las inundaciones en el corredor de conservación de río Cauca”. Es importante señalar además que este instrumento incrementa su utilidad en la medida en que en su valoración se pueda incluir los cambios en la calidad ambiental, medidos a través de los cambios en la generación de servicios ecosistémicos, y los efectos socio-culturales generados en las comunidades afectadas o beneficiadas por las alternativas de control de inundaciones. En esta perspectiva, a pesar de sus limitaciones, tratar de integrar la valoración económica, ecológica y sociocultural de las diferentes alternativas para el control de inundaciones en el corredor de conservación del río Cauca, es aproximarse a una mejor y más precisa valoración económica asociada a las alternativas. Incluso, este ejercicio adquiere mayor utilidad, si contribuye a que el proceso de toma de

decisiones se realice a través de espacios participativos y de deliberación donde la sinergia instituciones – comunidad – medio ambiente juegue un papel importante.

Con este propósito se desarrolla este Capítulo que tiene como objetivo mostrar el proceso metodológico específico necesario para realizar la valoración económica de las alternativas estructurales planteadas para el control de inundaciones en el corredor río Cauca, a partir del ACB. Como se muestra en la Figura 6, este proceso consta de diez fases: **FASE I:** Identificar las alternativas estructurales para el control de inundaciones. Dentro de estas alternativas debe incluirse la Alternativa Cero, que corresponde a la Situación Sin Proyecto que equivale a la situación actual sin la implementación de ninguna alternativa propuesta. **FASE II:** Evaluar la eficacia de cada una de las alternativas identificadas. Esta fase permite acotar el análisis hacia aquellas alternativas que cumplan eficazmente el control de inundaciones. **FASE III:** En esta fase se busca realizar un análisis comparativo que permita seleccionar las alternativas para el control de inundaciones más eficaces. **FASE IV:** Seleccionar criterios, parámetros e indicadores de evaluación económica de las alternativas analizadas. Esta Fase permite tener unos criterios e indicadores comunes para evaluar en las mismas condiciones todas las alternativas.

Seguidamente se encuentra la **FASE V:** Identificar los costos financieros, tanto de inversión como de funcionamiento de cada alternativa. Cuando hablamos de costos financieros, hacemos referencia a los costos de mercado incurridos para construir y operar las alternativas estructurales planteadas. La **FASE VI,** consiste en cuantificar los costos financieros identificados en la Fase III de cada alternativa y jerarquizarlas acorde al criterio de costo mínimo. Esto hace referencia a los costos en Valor Presente Neto (VPN) de cada alternativa evaluada a lo largo del horizonte del proyecto seleccionado. Después viene la **FASE VII** que busca identificar y caracterizar los impactos socio-económicos y ambientales (SEA), positivos y negativos, de cada alternativa. En este caso se deben identificar todos los impactos que genere cada alternativa en términos económicos, ambientales y sociales.

En la **FASE VIII** se debe seleccionar el método de valoración económica más pertinente para cada impacto SEA y para todas las alternativas. Aquí es muy importante señalar que no todos los impactos SEA identificados tienen un método de valoración económica pues hay muchos impactos inconmensurables. Hay que recordar que la valoración económica es una técnica que funciona bajo el paradigma de la conmensurabilidad y comparabilidad fuertes. En los casos de inconmensurabilidad, débil o fuerte, deben buscarse otros indicadores cualitativos o cuantitativos no monetarios que los reemplace. Sin embargo, estos no podrán incorporarse al flujo de caja. El proceso de valoración económica de alternativas continúa con la **FASE IX:** Valorar económicamente los diferentes impactos (SEA) para cada alternativa. En este caso, como ya se anotó, solo se deberá valorar los impactos que puedan

ser valorados bajo las técnicas existentes de valoración económica y que además sean pertinentes para el ejercicio. En el caso de la Alternativa Cero, o sin proyecto, deberán ser evaluados los impactos generados por las inundaciones de 2010-2011.

Durante la **FASE X** se debe realizar la evaluación económica de todas las alternativas analizadas incluyendo la Alternativa Cero. Acá se debe construir el flujo de caja de cada alternativa, incluyendo tanto los costos que hemos denominado financieros (Inversión y Funcionamiento), como los costos y beneficios SEA asociados a cada alternativa. En la **FASE XI** hay que realizar un análisis de sensibilidad con todas las alternativas evaluadas donde se incluyan las variables más relevantes. Se debe incluir la situación sin proyecto. Por último, la **FASE XII** busca jerarquizar y recomendar las mejores alternativas en términos económicos acorde a todas las fases desarrolladas. En este caso, como se está trabajando con la metodología de ACB, la jerarquización de las alternativas debe corresponder al criterio o indicador seleccionado como jerarquizador; esto puede ser el VPN, el Costo Mínimo o la TIR. Esta jerarquización puede ser complementada y acompañada por otros indicadores sociales y ambientales no monetarios, que ayuden a la toma de decisiones.

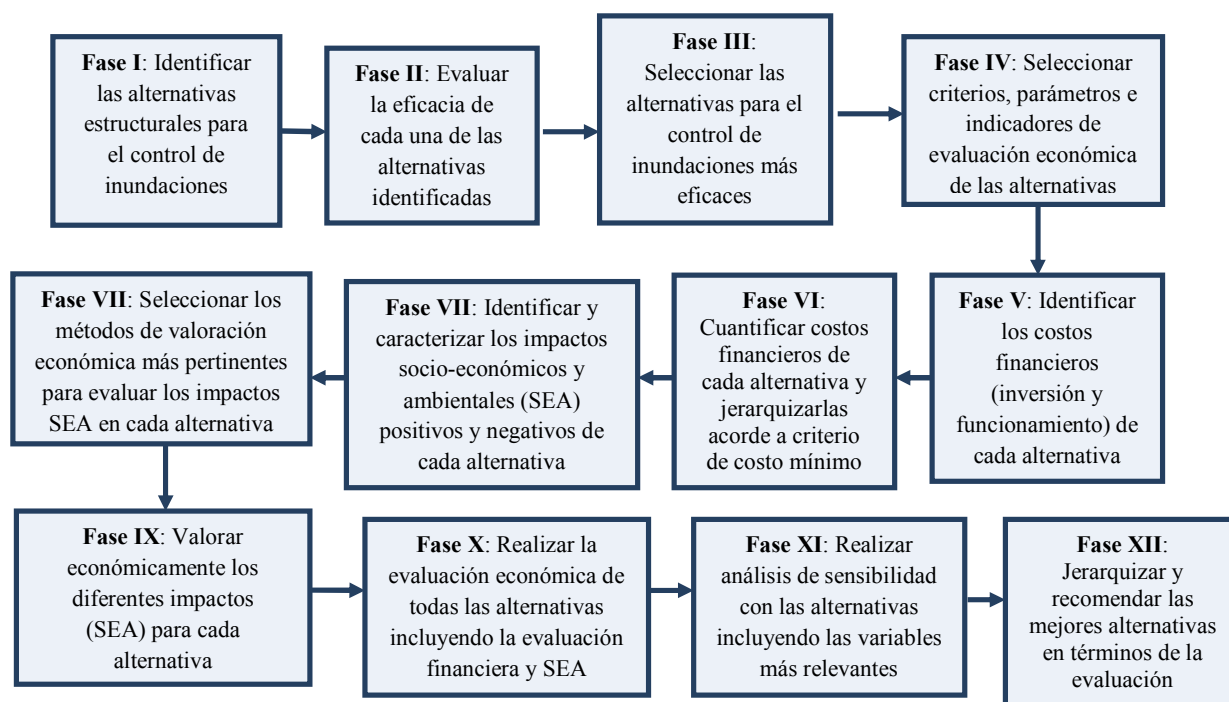


Figura 6. Esquema resumido de la valoración económica de las alternativas para el control de las inundaciones en el corredor de conservación del río Cauca

Fuente: Elaboración propia

A continuación se describen cada una de las fases mencionadas anteriormente.

4.1.FASE I. Identificar las diferentes alternativas estructurales para el control de inundaciones

En este punto se deben identificar el conjunto de alternativas estructurales planteadas por el componente técnico para el control de inundaciones en el corredor del río Cauca. Una primera aproximación a este conjunto de alternativas, se propone en el documento denominado “*Planteamiento de alternativas estructurales y modelación hidráulica de escenarios para la gestión de inundaciones en el valle alto del río Cauca*” desarrollado por el grupo Hidromar de la Universidad del Valle (CVC, 2014) y en el cual se proponen las siguientes medidas:

- a. Alternativa 1: Ronda hídrica
- b. Alternativa 2: Geomorfológica
- c. Alternativa 3: Acuerdo 052 del año 2011
- d. Alternativa 4: Medidas estructurales en la planicie
- e. Alternativa 5: Embalses de regulación en tributarios

Dentro del conjunto de alternativas debe tenerse en cuenta la *Alternativa Cero*, la cual corresponde a la situación actual donde no se ejecuta ninguna alternativa ni estructural ni no estructural. A continuación se describen de manera general esta última alternativa y las cinco nombradas anteriormente:

4.1.1. Alternativa Cero o Sin proyecto: Situación en la que no se implementa ninguna alternativa

Esta alternativa consiste básicamente en seguir el desarrollo de la región con las condiciones en las que se encuentra actualmente el corredor de conservación del río Cauca y no ejecutar ningún desarrollo estructural y no estructural que modifique dicha situación. Incluir esta alternativa dentro de la valoración económica resulta importante en la medida en que permite comparar los resultados de continuar bajo las condiciones actuales, frente a aquellos resultados de si se ejecutará alguna de las alternativas planteadas por el componente técnico. Esto ayudaría a determinar qué es más conveniente en términos económicos, si continuar bajo las condiciones actuales o emprender el desarrollo de alguna de las alternativas planteadas.

En ese sentido, un resultado claro de continuar bajo las condiciones actuales son las inundaciones experimentadas durante diferentes épocas de temporada invernal, incluyendo las inundaciones del período 2010 – 2011. En esa situación se observó que la

infraestructura existente para el control de inundaciones en el corredor estaba presentando limitaciones para cumplir su objetivo principal, razón por la cual se presenciaron una gran extensión de áreas inundadas donde sufrieron gran afectación cultivos, viviendas, colegios, zonas industriales y centros hospitalarios, entre otros. Por esta razón, en este escenario debe ser incluido el balance socio-económico asociado al impacto generado por las inundaciones en el periodo 2010-2011, que fueron las inundaciones más importantes de los últimos años.

4.1.2. Alternativa 1: Ronda hídrica

Esta alternativa consiste en limitar un espacio necesario y requerido por el sistema fluvial para que éste desarrolle su dinámica natural, a saber, sus funciones hidrológicas, geomorfológicas y ecosistémicas propias. De esta manera las funciones del cuerpo de agua son considerados componentes de la ronda hídrica. El componente hidrológico está conformado por el área necesaria para el transporte y almacenamiento temporal del agua y los sedimentos que produce la cuenca para las distintas escalas de tiempo; por otro lado, el componente geomorfológico corresponde a la zona o faja necesaria para que se presenten los procesos morfodinámicos que permiten la función de transporte y almacenamiento temporal de agua y sedimentos. Finalmente, el componente ecosistémico está compuesto por la vegetación ribereña y las funciones ecosistémicas del río, conformado por la vegetación natural o plantas que se extienden a lo largo del cauce.

Así, la delimitación de la ronda hídrica dependerá de la superposición de las áreas comprometidas en cada componente mencionados anteriormente donde dependiendo del tipo de cuerpo de agua, el tipo de corriente y la intensidad de uso urbano, predominará uno de éstos componentes. A su vez, la delimitación de esta alternativa debe cumplir fielmente con los lineamientos planteados en la “*Guía para el acotamiento de las rondas hídricas de los cuerpos de agua de acuerdo a lo establecido en el artículo 206 de la ley 1450 del 2011 – Plan Nacional de Desarrollo*” de diciembre de 2012. Un elemento importante de esta alternativa es que el río recuperará buena parte de su espacio natural, generando grandes ventajas ecosistémicas para el río, pero al tiempo, un costo de oportunidad significativo para la producción agropecuaria.

4.1.3. Alternativa 2: Geomorfológico

Esta alternativa se basa en las recomendaciones presentadas en el estudio geomorfológico de este proyecto (*Proyecto corredor río Cauca*), donde se plantea principalmente, establecer una serie de sectores a lo largo del corredor del río Cauca en su Valle Alto como Zonas de Almacenamiento multipropósito y además, garantizar que los diques queden instalados por fuera del terreno que históricamente ha ocupado el río. Igualmente, esta alternativa implica darle mayor espacio a la dinámica geomorfológica del río.

4.1.4. Alternativa 3: Acuerdo 052 del año 2011

Esta alternativa se rige por las directrices del Acuerdo CD No. 052 de 2011, “*por medio del cual se subroga el Acuerdo 23 de septiembre 12 de 1979 por el cual se dictan normas generales relativas a ubicación de diques riberaños de cauces de aguas de uso público*”. Entre los lineamientos generales sobre la ubicación de diques en este acuerdo, se destacan los artículos segundo, tercero y cuarto donde se expone que: “en la ubicación de diques confinantes de aguas de crecida de cauces en la planicie inundable se deben conciliar los intereses de los distintos sectores, teniendo en cuenta la protección contra inundaciones de centros poblados marginales a los cauces del río, la conservación del equilibrio ecológico y el uso sostenible de la planicie de inundación. También se expone en estos artículos que para definir la ubicación adecuada y garantizar la estabilidad de los diques, se debe tener en cuenta la información geomorfológico-multitemporal que indica la movilidad y la tendencia del río a desplazarse, y por último, para el alineamiento de diques riberaños de otros ríos y canales distintos del río Cauca, la berma mínima en ningún caso será menor que el ancho de la franja forestal protectora (CVC, 2014).

4.1.5. Alternativa 4: Medidas estructurales en la planicie

Esta alternativa está compuesta por una serie de intervenciones a lo largo del corredor de conservación del río Cauca, basadas en el programa “*room for the river*” de Holanda y en las observaciones captadas durante diferentes salidas de campo y en revisiones filmo-fotográficas. Las medidas estructurales contempladas en esta alternativa son las siguientes: (a) Integración e inclusión de humedales al sistema fluvial; (b) lagunas de laminación de crecientes en el río Cauca; (c) lagunas de laminación multipropósito (regulación, riego y abastecimiento de agua); (d) ampliación de humedales; (e) reubicación de diques (desplazamiento y elevación); y, (f) embalses de regulación en tributarios. Adicional a las anteriores medidas, se encuentra la construcción de anillos en los centros densamente poblados y la implementación de medidas no estructurales tales como planes de evacuación y emergencia para los caseríos. Todas las medidas mencionadas anteriormente se ilustran en la Figura 7.

4.1.6. Alternativa 5: Embalses de regulación en tributarios

Esta alternativa surge como continuación de los estudios básicos realizados por la CVC en 1996, para la implementación de embalses de regulación en tributarios del río Cauca. A partir de estos estudios se identificaron un sin número de sitios posibles para la ubicación de presas y obras de desvío para tal propósito, de los cuales se tomaron cuatro para conformar esta quinta alternativa: el tramo del río Bolo – La Leona, y en los ríos Timba, Amaime y Bugalagrande. Los embalses de regulación son considerados reservorios o lagos artificiales construidos en un río para almacenar agua que tienen como propósito la regulación estacional, anual o multianual, de los caudales naturales de un río. Todo embalse

consta de tres estructuras básicas: La presa, el aliviadero y las obras de toma (Foattorelli y Fernández, 2011).

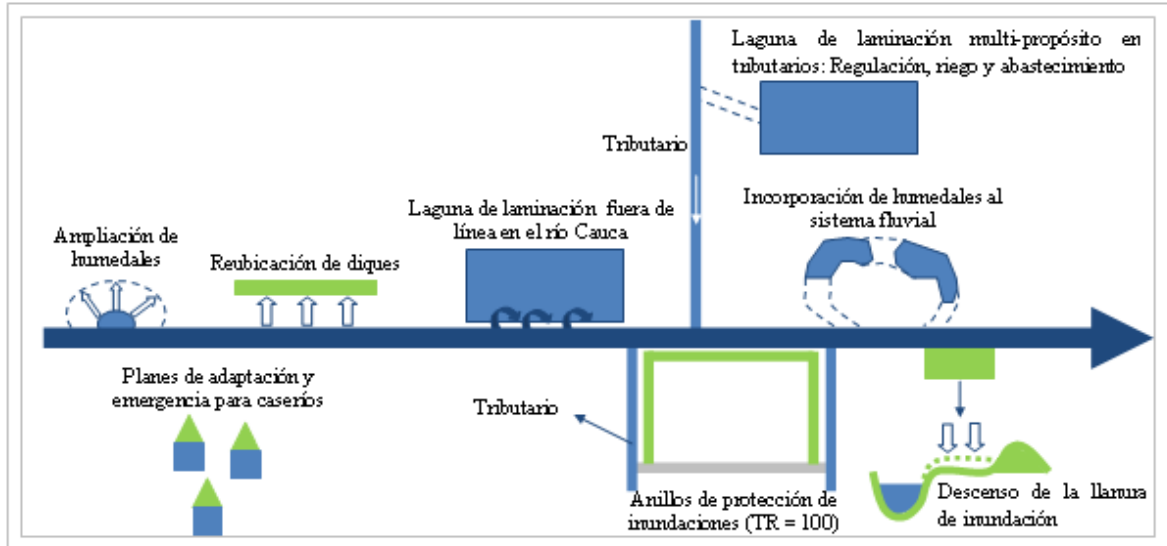


Figura 7. Esquema de medidas estructurales planteadas en la Alternativa 4

Fuente: (CVC (2014), pág 24.

En la perspectiva que las alternativas propuestas anularan las probabilidades de inundaciones en el valle geográfico del río Cauca para el horizonte de evaluación del proyecto, la valoración del impacto de las inundaciones solo corresponderá a la situación actual o Alternativa Cero. Es decir, suponemos que cualquiera de las alternativas propuestas impedirá el desarrollo de nuevas inundaciones, por lo cual no habrá impacto asociado a esto en la evaluación de las alternativas como las mencionadas anteriormente.

4.2.FASE II: Evaluar la eficacia de cada una de las alternativas identificadas

Esta fase consiste en analizar la eficacia de las diferentes alternativas, la cual corresponde a que las alternativas cumplan con el objetivo para el cual fueron diseñadas; es decir, que controlen las inundaciones. En esta etapa que es esencialmente técnica, se evaluarán las alternativas acorde al nivel de control de las inundaciones a lo largo del horizonte del proyecto y bajo el período de retorno establecido por el componente técnico. Para desarrollar esta fase el analista deberá realizar una evaluación técnica que le permita determinar el grado en que cada alternativa alcanza el objetivo principal, a saber, el control de inundaciones.

4.3.FASE III: Seleccionar las alternativas para el control de inundaciones eficaces

Una vez identificada la eficacia de las alternativas en la fase anterior, se deberá seleccionar un grupo conformado por las alternativas eficaces; es decir se seleccionaran solo las alternativas que controlen las inundaciones. Esto con el propósito de reducir el conjunto de alternativas a evaluar teniendo en cuenta su eficacia en el control de inundaciones para el valle geográfico del río Cauca.

4.4.FASE IV: Seleccionar criterios y parámetros de evaluación económica de las alternativas analizadas.

Como ya se ha señalado en el marco conceptual, el método más extendido y utilizado para ayudar a seleccionar alternativas tecnológicas, es la evaluación de proyectos (ex-ante) y el análisis de factibilidad, el cual busca asignar recursos escasos a aquellas actividades económicas y sociales que permiten elevar al más alto nivel posible el bienestar de los habitantes de una determinada sociedad en un horizonte de tiempo determinado (Banguero y Quintero, 1992).

Dada la disponibilidad de recursos, el logro de los objetivos y metas de un proyecto depende críticamente de los procesos, tecnologías, métodos, procedimientos o formas de desarrollarlos. La evaluación de proyectos busca entonces seleccionar aquella alternativa (procedimiento) que genere el mejor resultado con los recursos disponibles, o sea la alternativa económica o socialmente más eficiente. El logro de los objetivos depende, no solo de cuánto recurso se tiene disponible, sino de que tan eficientemente se use.

La evaluación de proyectos entonces, no solo permite escoger entre alternativas competitivas en términos de su contribución relativa al bienestar global de la sociedad, sino que es un instrumento adecuado para la selección de alternativas tecnológicas, procesos o procedimientos más eficientes para producir el bien o servicio o para solucionar un problema como las inundaciones, ya sea a través de medidas estructurales (construcción de infraestructura) o no estructurales (actividades educativas, políticas o regulaciones).

Sin embargo, dentro del panorama de metodologías de evaluación de proyectos existen tanto varias opciones de evaluación, como varios indicadores y parámetros que es necesario definir previamente para poder comparar las alternativas a evaluar en igualdad de condiciones.

4.4.1. Metodologías de evaluación de proyectos y de alternativas

Dentro del mismo análisis costo beneficio (ACB), existen varias metodologías alternativas de evaluación que son derivadas de método general, y que pueden ser utilizadas para el

análisis y jerarquización de las alternativas estructurales de control de inundaciones. Además, de mostrar la metodología general de ACB, se pueden ver enseguida las otras alternativas que pueden ser usadas en este caso.

La evaluación costo-beneficio: El análisis costo - beneficio consiste en comparar los costos del proyecto con los beneficios que este genera, con el objeto de decidir sobre la conveniencia de su realización. El objetivo de este análisis, es detectar oportunidades de inversión que puedan crear valor, y contribuir así al crecimiento económico de una nación. Para poder llegar a comparar los costos con los beneficios, previamente es necesario identificarlos, medirlos y valorarlos (Pacheco y Contreras, 2008). Desde esta perspectiva, una decisión es eficiente en términos económicos, si lo que se gana es mayor que lo que se pierde, valorado todo en términos económicos. Así, el analista deberá sumar costos y beneficios actualizados a una tasa de descuento x , teniendo que monetizar todas las cantidades en las dos partes de la ecuación (en beneficios y costos) para poder comparar cual de las dos es mayor y conocer si el proyecto implica o no una mejoría del bienestar frente a una situación sin proyecto. En esta perspectiva, la técnica del ACB parte de la conmensurabilidad y comparabilidad fuerte, que requiere que todos los fenómenos y categorías sean medibles y con ello comparables. Una formulación clásica de esta regla es la propuesta por Turner *et al* (1994):

$$\sum_t [(B_t - C_t \pm E_t)(1 + r)]^{-t} > 0 \quad [2]$$

Donde B son los beneficios no ambientales, C los costos no ambientales, E es el valor del cambio ambiental (externalidades) y r la tasa de descuento. Adicionalmente, la comparación de alternativas llevaría a la maximización de esta expresión, conocida como Valor Presente Neto (VPN). Un mayor detalle de la estimación del VPN puede verse en el Anexo 1.

La evaluación Costo - Efectividad o Costo Mínimo: esta metodología de evaluación es una derivación o simplificación del ACB y parte de suponer que el objetivo para todas las alternativas ya está dado (p. e. Controlar las inundaciones), y entonces la alternativa tecnológica preferida es la de menor costo (Duque, 1995; Valenzuela, 1990). Este tipo de evaluación se utiliza en dos circunstancias: i) Cuando los beneficios son similares para las diferentes alternativas analizadas; y, ii) Cuando los beneficios son difíciles de calcular para un método de selección que requiere ser ágil.

En nuestro caso esta metodología de evaluación podría utilizarse, pero tendría limitaciones pues las diferentes alternativas de control de inundaciones, tienen efectos socio-económicos

y ambientales (SEA) diferentes y ello podría beneficiar algunas alternativas para el control de inundaciones y perjudicar a otras. Sin embargo, acorde a las circunstancias encontradas, en particular con relación a las dificultades de obtener la información requerida para evaluar las alternativas, el analista definirá la viabilidad de utilizar esta metodología.

Lo que sí es claro, es que para la evaluación financiera de los costos de construcción y funcionamiento de las alternativas estructurales (Fase IV), se recomienda utilizar esta metodología. Siendo así, en este caso, el criterio de evaluación es el de los costos, los cuales se evaluarán acorde a su **valor presente neto** (VPN) de tal manera utilizar un mismo indicador para calcular todos los costos (inversión y funcionamiento) en el momento en que ellos se ocasionan. Este valor presente de los costos es el indicador de cada alternativa factible y con ese indicador se toma la decisión, buscando seleccionar la alternativa que tenga el **VPN menor**. De tal manera, el VPN a lo largo del horizonte del proyecto de todas las Alternativas, será el valor que permita jerarquizar las alternativas evaluadas incluyendo la Alternativa sin Proyecto (Fase V).

La evaluación costo-eficacia: El análisis costo-eficacia es una herramienta de ayuda a la decisión. Su finalidad es identificar la manera más eficaz, desde el punto de vista económico, de alcanzar un objetivo. En el marco de la evaluación, este análisis permite contrastar la eficacia económica de un programa o de un proyecto. Si, por ejemplo, se considera un programa cuyo principal objetivo es la creación de empleo, el análisis costo-eficacia se empleará para calcular el número de empleos creados por este programa y, a partir de ahí, el coste de cada uno de estos empleos. Dado el caso, la comparación entre diversos programas con el mismo objetivo permitirá cotejar los costes correspondientes de cada uno para la creación de cada puesto de trabajo. Esta comparación proporcionará indicadores cuantitativos tangibles que servirán para debatir la elección entre los distintos métodos comparados.

El análisis coste-eficacia permite comparar entre sí políticas, programas o proyectos. Se confrontan diversas alternativas con el principal objetivo de elegir la más adecuada para obtener un resultado concreto al coste menos elevado posible. En este caso, la eficacia se valora a partir de indicadores de los resultados intencionales logrados, y no en función del valor económico de dichos resultados.

De tal manera, en nuestro caso de evaluar Alternativas para el Control de Inundaciones, estas podrían analizarse a través de varios indicadores: i) nivel o cantidad de metros cúbicos reducidos de inundación para cada Alternativa. Acá aparecería un indicador que muestre el costo por cada metro cúbico o nivel de inundación reducido por cada una de las alternativas. ii) Cantidad de población beneficiada por la no ocurrencia de inundaciones por cada alternativa. El indicador de costo eficacia sería, el costo por persona beneficiada para

cada alternativa. iii) Cantidad de hectáreas sacrificadas o recuperadas para usos económicos para cada una de las alternativas de control de inundaciones. El indicador costo-efectividad de esta opción sería, por el lado de los costos, el costo de cada hectárea sacrificada para poner en marcha cada alternativa analizada. O por el lado de los beneficios, el beneficio de cada hectárea recuperada para usos económicos asociada a cada alternativa evaluada.

El evaluador mirará si esta alternativa es útil para evaluar las alternativas de control de inundaciones. Sin embargo, se anota que el uso de esta metodología en este caso tiene varias limitaciones dentro de las que podemos descartar: i) Supone que para cada alternativa hay diferentes niveles de inundación. Sin embargo, las alternativas estructurales analizadas están diseñadas para reducir a cero la ocurrencia de inundaciones, durante el horizonte del proyecto analizado. Entonces no habría manera de comparar las alternativas. ii) Este tipo de evaluación podría tener un sesgo productivista antes que conservacionista, afectando las alternativas con perfil ecológico. iii) Finalmente, en algunos casos es difícil conseguir alguna de la información necesaria para obtener indicadores costo-eficacia.

La evaluación riesgo-beneficio o coste-riesgo: Para evaluar alternativas tecnológicas que impliquen la reducción de los riesgos económicos, en salud o en afectación de vidas, existe también la evaluación riesgo beneficio, que puede tener su contraparte en la relación coste - riesgo. La primera busca evaluar los beneficios asociados a la disminución de los riesgos, en este caso de cada inundación. La segunda, evaluará los costos de reducir los riesgos de las inundaciones por cada alternativa. Este punto de vista deben considerarse con rigor metodológico para que sea útil en la toma de decisiones apropiadas, por ejemplo, en la selección de la alternativa tecnológica que reduzca mayormente el riesgo de inundaciones.

La información sobre eficacia y seguridad de cada alternativa de control de inundaciones se obtiene a partir del análisis de los resultados de los estudios técnicos, que nos va a permitir obtener un cociente entre las probabilidades de ocurrencia de inundación y el riesgo de ello, para cada opción seleccionada. Sin embargo, nuevamente las limitaciones de esta metodología son similares a las de la evaluación costo-eficacia, donde el tema de la cantidad y calidad de la información disponible en los estudios primarios, como de la adecuación de ésta a nuestros propósitos, es fundamental.

Por ello cuantificar la relación beneficio/riesgo o costo/riesgo de las alternativas de control de inundaciones, no es un tema sencillo. Pero además de los problemas y sesgos propios del método, se debe considerar algunos aspectos del entorno ambiental y económico de gran importancia en la práctica para poder realizar una evaluación objetiva, rigurosa y racional.

La evaluación multicriterio: aunque esta metodología no hace parte del análisis costo-beneficio es necesario tenerla en cuenta como una opción alternativa. La Evaluación

Multicriterio Social (EMCS) se propone como una herramienta para integrar diferentes lenguajes científicos en un marco de la elección pública, donde toda la "sociedad civil" y las preocupaciones éticas sobre las generaciones futuras tienen que ser considerados junto con los responsables políticos y las condiciones del mercado. A lo largo de los últimos años se han desarrollado y aplicado una variedad de métodos multi-criterio de ayuda a la decisión, con el fin de facilitar la organización de información tanto ecológica como económica, como base para los procesos de toma de decisiones para el desarrollo sostenible. Los métodos multi-criterio no asumen la conmensurabilidad de las diferentes dimensiones del problema, ya que no proveen un único criterio de elección, en este sentido, no existe la necesidad de reducir todos los valores a la escala monetaria o energética, ayudando a encuadrar y presentar el problema, facilitando el proceso de evaluación y la obtención de acuerdos políticos. De tal manera, este tipo de evaluación es una herramienta de apoyo a la toma de decisiones entre alternativas, que consiste en la integración de múltiples criterios con el fin de mitigar las limitaciones de los resultados que se generan cuando se toman decisiones teniendo en cuenta un solo criterio (Munda, 2008).

4.4.2. Criterios y parámetros a definir para evaluar las alternativas de control de inundaciones

Para evaluar las alternativas de control de inundaciones, existen algunos indicadores y parámetros que es necesario considerar y predefinir para poder evaluar las alternativas en igualdad de condiciones. Además, es necesario dejarlos previamente establecidos para facilitar una utilización adecuada de la evaluación de proyectos para la selección de alternativas. Estos elementos se indican a continuación:

- a) *El horizonte del proyecto (HP) o de Evaluación (HE)*:** Si todas las alternativas de control de inundaciones han de ser comparadas en igualdad de condiciones, entonces para todas ellas debe existir un período igual durante el cual la alternativa debe producir los beneficios esperados y cumplir los requerimientos establecidos (Duque, 1994). A este período puede llamarse el "horizonte del proyecto" (N) y este será el tiempo utilizado para el cálculo del valor presente neto (VPN). El "horizonte del proyecto" u "horizonte de evaluación" en este caso está determinado por la existencia de la necesidad de la comunidad de controlar las inundaciones; en este sentido, se relaciona con el *periodo de retorno de las inundaciones*, el cual debe diseñarse para todas las alternativas evaluadas con un horizonte similar. Es decir, las alternativas estructurales se deben diseñar de tal manera que en un horizonte de x años, no vuelvan a repetirse estos acontecimientos. Se plantea que el diseño de las alternativas estructurales se realizará para un periodo de retorno de las inundaciones de 30 años para la zona agrícola y rural y de 100 años para la zona

urbana. Siendo el último caso muy extenso, y poco usual para el uso del ACB por la gran incertidumbre de un horizonte de tiempo tan largo plazo, se recomienda para efectos prácticos y económicos, trabajar con un HP u HE de 30 años.

- b) *Período de diseño (PD)*:** El período de diseño definido en términos de años de cubrimiento del control de inundaciones hace referencia al período a que debe proyectarse la estructura para hacerla a un tamaño óptimo de tal manera que satisfaciendo una demanda futura, no genere un lucro cesante alto. Cada alternativa de control de inundaciones, puede ofrecer los beneficios de múltiples maneras dependiendo del tamaño de las estructuras y de sus características. Esta posibilidad aparece porque generalmente este tipo de obras presentan “economías de escala” que implica que a medida que el tamaño de la obra crece, disminuye su costo unitario. Pero al hacerlo, el sistema permanecerá durante mucho tiempo funcionando a una capacidad menor, produciendo un lucro cesante. Para conciliar estas dos condiciones (necesidad de mantener escala de protección y minimizar el lucro cesante) para que el costo total del proyecto sea el mínimo, durante el *HP*, debe plantearse un tamaño óptimo de la infraestructura que en términos de años pudiera llamarse “período de diseño” n (Duque, 1994). De tal manera, en un horizonte N de 30 años, pueden existir varios períodos de diseño n que cubran ese horizonte dependiendo del tamaño óptimo de la infraestructura que minimice los costos de la misma. Ese período de diseño no puede ser establecido a priori para todo tipo de tecnologías y estructuras, pues depende en realidad de ese tamaño óptimo que es diferente para todas las tecnologías y de sus factores de escala. Sin embargo, dado que las infraestructuras para el control de inundaciones se deben realizar acorde al HP (N) que corresponda al ***período de retorno de las inundaciones*** que se desea, en este caso el período de diseño (n) debe coincidir con el horizonte del proyecto (N). Es decir 30 años.
- c) *Vida útil*:** Otro aspecto a tener en cuenta es la vida útil de las obras y de los componentes. Este actúa independientemente del horizonte del proyecto (N) y del período de diseño (n), pues depende de la durabilidad de los materiales, tipo de tecnología, cultura de construcción de las obras, ambiente y riesgos, de tal manera que un proyecto puede tener un “horizonte de evaluación” N , con varios “períodos de diseño” n_1, n_2, n_t dependiendo del tamaño que optimice los costos, y a su vez, tendrán sus estructuras una vida útil que en algunos casos puede ser menor al período de diseño, con lo cual es necesario reponerlas, y en otros casos mayores a estos e incluso podrían ser superiores al horizonte del proyecto N . En nuestro caso, la vida útil de los materiales deberá ser establecida acorde a lo que digan los proveedores de los mismos, los catálogos de los equipos y maquinaria y la experiencia.

d) Tasa de descuento: Esta es definida como la tasa de remuneración del capital y se utilizará para el cálculo de los costos económicos de las alternativas estructurales de control de inundaciones. De tal manera, si todos los costos son evaluados en términos del valor presente neto, se requerirá determinar una *tasa de remuneración del capital* específico para ello. El valor presente neto está determinado por la siguiente fórmula:

$$VP_1 = I_0 \frac{(1 + r)^{N-1}}{r (1+r)^N} \quad [3]$$

Donde VP_1 es equivalente al valor presente de la inversión; I_0 es la inversión inicial; r la tasa de descuento y N el horizonte del proyecto que se ha supuesto en 30 años (ver Anexo 1).

Dadas las características del financiamiento del sector hídrico en el país, donde un alto porcentaje se origina en recursos estatales incluyendo, el establecimiento del costo de capital en el sector, se construye con base en el cálculo del costo promedio ponderado del capital para cada uno de los sectores financiadores. Como en este caso es el sector público, y dentro de ellos el sector del medio ambiente y de construcción de infraestructura hidráulica, se propone una tasa de descuento que corresponda a este tipo de proyectos de financiación estatal. El sector más cercano a este tipo de infraestructura y con regulación para establecer tasas de descuento, es el sector de abastecimiento de agua y de saneamiento, el cual establece una tasa que puede ir entre 9 y 14% anual (CRA, Resolución 13 de Octubre de 1995). Dado que este tipo de obras son de beneficio general, se recomienda trabajar con la tasa de descuento más baja, esto es 9%.

e) Precios constantes: en la evaluación económica de alternativas planteada en esta guía, se recomienda trabajar con precios constantes, es decir, expresar los valores de los impactos de las alternativas en precios de un año base (el cual debería ser el año en el que se esté implementando esta guía). Se recomienda utilizar este tipo de precios dado que a través de ellos, se pueden eliminar distorsiones como las alzas inflacionarias, que afectan el resultado final de la valoración de los impactos de las alternativas.

Existen dos formas de expresar los valores de las variables en precios constantes: 1) Por deflación de los valores corrientes (es decir, a precios vigentes de cada año) con un índice de precios (como el índice de precios al consumidor, IPC) que resulte apropiado para la variable que se está tratando; y, 2) Extrapolando el valor del año base con un índice de

volumen físico que refleje el movimiento de las cantidades que componen la variable en análisis. No obstante, dado que en la valoración de alternativas se analizarán los precios a futuro (durante el horizonte del proyecto), se recomienda al analista trabajar con los precios constantes del año en el cual se inicie la valoración. Para este caso, no es necesario realizar modificaciones de ningún tipo en los precios.

- f) Periodicidad y magnitud de las inundaciones:** A partir del componente técnico de cada alternativa es necesario identificar si se espera que se presenten inundaciones y las magnitudes que estas podrían alcanzar. Esta información resulta relevante para la evaluación económica de las alternativas debido a que, por un lado, la periodicidad y magnitud de las inundaciones tienen alta incidencia dentro de la estructura de costos de cada alternativa (debido a los bien conocidos impactos de las inundaciones); y por otro lado, estas variables determinan la eficacia de las alternativas pues esta está relacionada con la capacidad que tengan las intervenciones para ejercer control sobre las inundaciones.
- g) Evaluación Financiera:** Tal como se señaló en la evaluación de *Costo-Mínimo*, es necesario considerar que en el caso de los costos de inversión y funcionamiento de las alternativas de control de inundaciones, se trabajará solamente con la **evaluación financiera**. Esto facilita el ejercicio de evaluación y jerarquización de las alternativas en términos de los costos asociados a la construcción y operación de la infraestructura. Estos costos son principalmente financieros e incluyen la inversión, reposición, operación, mantenimiento, monitoreo y algunas veces administración, teniendo como objetivo seleccionar la opción tecnológica de menor costo en valor presente neto (VPN).
- h) Evaluación Económica:** Denominamos evaluación económica la que evalúa los costos no financieros asociados a las Alternativas de Control de Inundaciones. Es decir, la que incorpora la valoración económica de los impactos socio-económico-ambientales (SEA). Para este tipo de valoración existen diferentes métodos que se presentan en la Fase VI del proceso.
- i) Criterios de decisión:** La comparación de alternativas en el ACB se realiza a través del Valor Presente Neto (VPN), la relación Beneficio/Costo (RBC) o la Tasa Interna de Retorno (TIR).

En cuanto al *VPN*, como ya se ha anotado, una alternativa para el control de inundaciones será viable social y económicamente si el VPN es mayor a cero, o en otras palabras, si los beneficios de la alternativa planteada superan sus costos. La jerarquización de las

alternativas alrededor de este criterio se hace acorde al saldo neto resultado de comparar los beneficios con los costos (ver Anexo 1).

En cuanto a la **RBC**, consiste en mirar la razón beneficios sobre costos, seleccionando como el mejor proyecto o alternativa el que tenga una relación mayor. Este criterio igualmente mostrará la viabilidad de un proyecto cuando la razón sea positiva. Debe aclararse que en esta relación, los costos y los beneficios son descontados al igual que en el VPN. Matemáticamente la RBC puede expresarse como:

$$\frac{\sum_i \frac{B_i}{(1+r)^i}}{\sum_i \frac{C_i}{(1+r)^i}} = \frac{VPN_{Beneficios}}{VPN_{Costos}} = RBC \quad [4]$$

Por su parte la TIR corresponde a la Tasa específica de Retorno de la Inversión del proyecto o alternativa, representando entonces la rentabilidad promedio de la alternativa, o lo que es lo mismo, la tasa de descuento requerida para que el VPN sea cero. En forma obvia, la mejor opción será la que tenga la TIR más elevada. Cuando la TIR es positiva, indica que el proyecto es rentable para la sociedad. Se expresa matemáticamente como:

$$\sum_i \frac{B_i - C_i}{(1 + TIR)^i} = 0 = VPN \quad [5]$$

La Tabla 7 muestra la forma en la que deben interpretarse los resultados de los criterios de decisión expuestos anteriormente.

Tabla 7. Interpretación de los indicadores VPN, RBC y TIR en el ACB

Criterio de Decisión	Interpretación
<i>VPN > 0</i>	Los beneficios son mayores que los costos, por lo que la alternativa genera ganancias en el bienestar social.
<i>VPN = 0</i>	La alternativa no genera cambios significativos en el bienestar de la sociedad.
<i>VPN < 0</i>	Los costos de la alternativa son mayores a los beneficios de la misma, por lo que no resulta viable ejecutarla.
<i>RBC > 1</i>	La alternativa genera resultados económicamente positivos para la sociedad.
<i>RBC = 1</i>	La alternativa no produce cambios en el bienestar social, por lo que se es indiferente entre ejecutar o lo la alternativa.
<i>RBC < 1</i>	La alternativa empeora el bienestar de la sociedad, por lo que no es recomendable su ejecución.

<i>TIR < r</i>	La alternativa genera un rendimiento menor al rendimiento mínimo requerido (costo de oportunidad) por lo que se rechazará la alternativa.
<i>TIR > r</i>	La alternativa genera una rentabilidad mayor que la rentabilidad mínima requerida, por lo tanto se aceptará la alternativa.

Fuente: Ministerio de Ambiente y UNIANDES (s.f.). Elaboración propia

4.5.FASE V: Identificar los costos financieros de cada alternativa a evaluar: costos de inversión y funcionamiento de cada alternativa.

El objetivo de esta Fase es identificar los costos financieros de cada alternativa de control de inundaciones que va a ser evaluada. Los costos relacionados con las alternativas de control de inundaciones se pueden clasificar en:

- Costos de inversión total (incluyendo los de reposición)
- Costos de funcionamiento (operación, mantenimiento, monitoreo y administración)

4.5.1. Costos de Inversión Total (CIT). El costo de inversión total se puede definir mediante dos componentes:

Costo de Inversión inicial (CII). Representados por las inversiones iniciales necesarias para la construcción de las alternativas estructurales de control de inundaciones. El costo es medido para el año base (iniciación) del proyecto. En este sentido, incluye los siguientes costos:

- Diseño
- Interventoría
- Adquisición de Terreno
- Adecuación de terreno
- Materiales
- Maquinaria y equipos
- Mano de obra (calificada y no calificada)

Así, el valor presente del costo de la alternativa estructural evaluada es igual a la suma de los ítems antes mencionados, expresándose así:

$$CII (\$) = \sum \text{Costo de Inversión Inicial, en valor presente} \quad [6]$$

Para el caso de la Alternativa Cero, situación sin proyecto, el costo de la inversión inicial corresponde a la infraestructura existente en la actualidad, valorada bajo el método de costo de reposición a nuevo a precios de mercado. Dado que se desconoce la depreciación y el año de construcción de la infraestructura actual, este método se recomienda para estos casos.

Costos de Reposición (CR). Es el costo que significa, en valor presente, el realizar inversiones para reemplazar los componentes de la alternativa estructural de control de inundaciones que por el uso se van desgastando. Las diferentes alternativas de control de inundaciones tienen diferentes requerimientos de material y equipos a lo largo del “horizonte del proyecto”. En tal sentido unas serán más costosas que otras dependiendo de estos requerimientos. Se mide igualmente en términos totales en valor presente mediante:

$$CR (\$) = \sum \text{Valor presente costos de reposición} \quad [7]$$

La Componente Técnica del Proyecto deberá proporcionar los costos de reposición que se requieran para las opciones en estudio. Además, deberá definirse la vida útil de las estructuras y de los componentes que se tendrán que reponer completamente cada k años.

Para el caso de la Alternativa Cero, se suponen costos de reposición iguales a cero.

Con lo anterior, la variable **CIT** es la suma de CII y CR así:

$$CIT (\$) = \sum \text{Valor presente CII} + \sum \text{Valor presente CR} \quad [8]$$

4.5.2. Costos de funcionamiento (CF)

Estos se dividen en costos de operación, mantenimiento y monitoreo (CO &M) y costos de administración, si hubiera lugar:

Costos de Operación, Mantenimiento y Monitoreo (CO&M). Son los costos que se generan para garantizar que la alternativa estructural de control de inundaciones sea operada, mantenida y monitoreada eficientemente a lo largo del horizonte del proyecto; es decir, están asociados a las rutinas periódicas del personal de operación, mantenimiento y monitoreo y a la provisión de insumos requeridos para que opere la alternativa

Dentro de esta variable se incluyen:

- Personal de Operación y Mantenimiento (sueldos, horas extras, prestaciones)

- Contratos de Operación y Mantenimiento con terceros
- Insumos si hubiera lugar
- Energía
- Equipos y Herramientas menores

La variable CO&M se calcula como:

$$\text{COM} (\$) = \sum \text{Valor presente COM}_{\text{año base}} \quad [9]$$

Que equivale al flujo de recursos que se gastan para hacer funcionar las alternativas de control de inundaciones analizadas, a lo largo del horizonte del proyecto y a la tasa de descuento r seleccionada.

Esta variable permite medir, como se refleja en los costos el grado de complejidad de cada alternativa de control de inundaciones en cuanto a su operación, mantenimiento y monitoreo. Esta es una variable importante dado que son precisamente en este tipo de costos, donde algunas alternativas pueden fracasar en términos de costos.

Sin embargo, es necesario decir que en este tipo de infraestructuras, y en muchas de las alternativas evaluadas, los costos de O&M resultan bajos, o despreciables, dado que este tipo de obras operan muchas veces sin tanta intervención humana. Sin embargo, también es necesario señalar, que no considerar estos costos puede hacer fracasar las alternativas seleccionadas, y ello también puede ser una de las razones por las cuales estas obras de infraestructura no alcanzan el horizonte del proyecto deseado.

Costos de Administración (CA). Tienen como objetivo garantizar el flujo de recursos necesarios para administrar las obras de infraestructura construidas y garantizar que estas operen adecuadamente, a través de la organización eficiente de las labores del personal, la compra de insumos, el monitoreo, y el manejo contable y administrativo de las soluciones. Este tipo de actividades generan unos costos fijos que deben ser cubiertos. En general, es poco común incluir estos costos en obras de control de inundaciones, por lo cual poca información se tiene al respecto.

Los CA incluyen:

- Personal administrativo (sueldos, horas extras, prestaciones)
- Provisión de pensiones de jubilación
- Gastos generales

- Papelería
- Transporte

La variable CA se estima en valor presente y en términos absolutos como:

$$CA (\$) = \sum \text{Valor presente } CA_{\text{año base}} \quad [10]$$

En consecuencia el *costo total de funcionamiento* queda expresado como:

$$CF (\$) = \sum \text{Valor presente (COM + CA)} \quad [11]$$

Los costos de funcionamiento (CO&M + CA) pueden corresponder a los costos asociados a la creación de una unidad administrativa-operativa que se encargue del manejo y control de la infraestructura construida para el control de inundaciones en el corredor de conservación del río Cauca.

Dado que existe poca información al respecto, estos costos de funcionamiento se pueden estimar como un porcentaje de los costos de inversión, el cual puede estar entre el 5 y el 10%. Diferentes tipos de porcentaje que se muevan entre este rango, pueden utilizarse para el análisis de sensibilidad (Fase IX). Para el caso de la Alternativa Sin Proyecto, se supondrá unos costos de funcionamiento iguales a cero.

4.5.3. Costo financiero total de la Alternativa de control de inundaciones evaluada en Valor Presente Neto

Puesto que ahora todos los costos están representados en términos de Valor Presente Neto (ver Anexo 1), es posible y viable, trabajar con un solo costo para la evaluación y jerarquización financiera de las alternativas. Este será el Costo Total de la alternativa de control de inundaciones expresado en Valor Presente Neto, el cual se calculará como la sumatoria de todos los costos de inversión y de funcionamiento a lo largo del “horizonte del proyecto” N (30 años) a una tasa de descuento r (9%) y con un “período de diseño” n (30 años) que permita optimizar su tamaño y minimizar los costos de las tecnologías seleccionadas.

El Costo Total puede estar expresado así:

$$CT (\$) = \sum \text{Valor presente (CIT + CF}_{\text{añ o base}}) \quad [12]$$

En tal sentido, la jerarquización de las alternativas en términos financieros se realizará acorde al costo que tenga cada alternativa en valor presente neto. Obviamente la primera será la que tenga el menor VPN y así sucesivamente.

4.6.FASE VI: Cuantificación de los costos financieros de cada alternativa y su jerarquización acorde a diferentes criterios

Una vez terminada la Fase III, se obtendrá un inventario desagregado de los costos financieros asociados a cada alternativa, costos que deberán ser cuantificados monetariamente por el analista siguiendo las recomendaciones expuestas en la fase anterior. Para este paso, recuerde utilizar precios del año en el que se ejecute el análisis (precios constantes) e identificar, para cada alternativa, los parámetros e indicadores expuestos en la Fase II. De esta manera, el analista obtendrá el valor financiero de las diferentes las diferentes alternativas analizadas.

Obtenido el valor financiero de las alternativas, es necesario realizar una primera jerarquización de las mismas. Para esto, el analista deberá desarrollar, para cada alternativa, los criterios de decisión analizados en la Fase II a saber, VPN, RBC y TIR. Se recomienda de todas maneras que se trabaje con el VPN, recordando además que una alternativa será mejor que otra si su VPN de los costos es menor.

4.7.FASE VII: Identificar y caracterizar los impactos socio-económicos y ambientales (SEA) positivos y negativos asociados a cada alternativa para el control de inundaciones.

Una vez definido el grupo de alternativas a evaluar (y sus respectivos costos financieros), se deberá identificar para cada una de ellas sus respectivos impactos SEA, tanto los positivos como los negativos, que corresponden en últimas a los beneficios y costos de cada alternativa. Los impactos identificados deberán clasificarse en tres categorías: económicos, sociales y ambientales. A la primera categoría pertenecen aquellos costos y beneficios relacionados con la actividad económica, tales como la producción, el ingreso, entre otros. Los costos y beneficios sociales, se relacionan con el cambio en el bienestar de las comunidades, es decir, se incluyen impactos en la calidad de vida, la cultura, la salud, la educación, el empleo, de las comunidades potencialmente afectadas con la alternativa. Por

último, a la tercera categoría corresponden los impactos sobre la calidad y cantidad de servicios ecosistémicos que genere cada alternativa.

Algunos de los impactos que el analista observará, estarán relacionados con el aumento o disminución de la población arbórea o íctica en una zona determinada, los cambios en los niveles de producción agrícola, la disposición de sitios de recreación para las comunidades, entre otros. A manera de ejemplo, tal como se muestra en la Tabla 8, un dique visto como una alternativa para el control de inundaciones, evita que cierta área experimente desbordamientos dentro de un período de retorno determinado. Esto puede incentivar a diferentes sectores de la economía a ampliar la frontera agrícola lo cual puede mejorar la seguridad alimentaria de la región, aumentar el PIB regional, aumentar el empleo, siendo esto correspondiente a beneficios económicos en general. Sin embargo, evitar que el río inunde una zona que hace parte de su dinámica natural, limita o coarta el desarrollo normal del ecosistema hídrico, repercutiendo en pérdidas de hábitat para la vida silvestre, sedimentación de vías fluviales, formación de gases de efecto invernadero y contaminación por el uso de agroquímicos, entre otros (costos ambientales). Estas contradicciones entre costos y beneficios es lo que se conoce en la literatura como *trade off*.

A través de esta fase el analista podrá tener un diagnóstico preliminar de lo que sería la situación bajo la ejecución de cada una de las alternativas. Por otro lado, la realización de esta fase le permitirá realizar la caracterización de los actores sociales involucrados y la identificación de aquellos impactos que pueden llegar a ser valorados a través del lenguaje económico. De esta manera, al finalizar esta fase, el analista contará con un panorama más detallado sobre aquellos impactos tanto positivos como negativos que serán sometidos a valoración en la siguiente fase.

Preguntas Orientadoras

Para el desarrollo de esta guía, será necesario que el analista se plantee preguntas que le permitan identificar además de los impactos producidos por las diferentes alternativas, la categoría a la cual éstos pertenecen. En ese sentido se exponen a continuación algunas preguntas que podrán orientar al analista en este proceso.

- a. ¿Genera la alternativa cambios en la producción o en los ingresos de los agricultores y las familias aledañas al río? ¿Cuáles?
- b. ¿Cuáles son las actividades productivas de las familias aledañas al río? ¿Para implementar la alternativa es necesario reubicar estas familias?
- c. ¿Cuál es la dinámica del ecosistema en el área de influencia de la alternativa? ¿Afecta ésta esa dinámica? ¿Cómo lo hace?

A continuación en las Tablas 8 y 9, se presenta una síntesis de los principales impactos (tanto negativos como positivos) asociados a las alternativas para el control de

inundaciones. De igual manera, se expone la desagregación de los impactos en costos y beneficios, y su jerarquización en las diferentes categorías mencionadas, a saber, económicos, sociales y ambientales. Las Tablas 8 y 9 también contienen una breve caracterización de los diferentes impactos inventariados.

Tabla 8. Síntesis de costos asociados a las alternativas para el control de inundaciones en el valle geográfico del río Cauca.

<i>Categoría</i>	<i>Costos</i>	<i>Descripción</i>
Económicos	Disminución de la producción agrícola	La reubicación de diques o las lagunas de laminación por ejemplo, requiere de extender la llanura de inundación, es decir, generar un mayor espacio entre el dique y el río. Esto implica para el sector agrícola ceder área productiva (y cultivada) lo que disminuye su capacidad de producción.
	Reubicación de las comunidades	En áreas donde técnicamente resulta viable la implementación de lagunas de laminación por ejemplo, existen caseríos que requieren ser reubicados para llevar a cabo el proyecto. Esto implica gastos en la obtención de los nuevos predios para su reubicación o en indemnizaciones a ellos por este mismo hecho.
	Cambios en la calidad de la matriz paisajística	Las diferentes intervenciones para el control de inundaciones provocan la transformación negativa de la matriz paisajística de la región, convirtiéndola en paisajes poco agradables a la vista y poco atractivos para el disfrute y la relajación de las personas.
	Impacto en el estilo de vida de las comunidades	La infraestructura para el control de inundaciones afecta la cotidianidad de las personas del área.
Sociales	Dificultades para acceder al río	Ante la presencia de diques, las comunidades aledañas deben ejercer un mayor esfuerzo para obtener directamente los recursos del cuerpo hídrico.
	Cambios en las prácticas productivas de las comunidades	El desplazamiento de las comunidades a causa de la implementación de lagunas de laminación, por ejemplo, hace que las personas deban incursionar en nuevas prácticas productivas para su sostenimiento.
	Pérdida de servicios ecosistémicos	La construcción de diques en ciertas áreas generan efectos negativos sobre los recursos acuáticos en tanto pueden interrumpir las rutas de migración de algunas especies, degradar su hábitat o incluso, cambiar la calidad del agua. También modifica los lugares de refugio, reproducción, cría y oferta alimenticia de la fauna y las cadenas tróficas.
Ambientales	Contaminación del agua y el suelo por inadecuada disposición de desechos sólidos	Durante la construcción de las obras, ya sean diques, embalses de regulación, lagunas de laminación, etc., puede ejercerse una inadecuada disposición de los residuos sólidos y el material orgánico producidos durante la obra, deteriorando la calidad del suelo y del subsuelo.
	Alteración de cauces y caudales de los ríos	La construcción de las diferentes formas de diques generan cambios en los márgenes de los ríos, a la vez que propician cambios en los patrones de drenaje de los mismos y en el flujo de agua.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Síntesis de beneficios asociados a las alternativas para el control de inundaciones en el valle geográfico del río Cauca.

<i>Categoría</i>	<i>Beneficios</i>	<i>Descripción</i>
Económicos	Generación de empleo	A través de la construcción de las medida para el control de inundaciones se posibilitan oportunidades de trabajo y mejora los ingresos de la población beneficiada con la obra.
	Expansión de la frontera agrícola	La implementación de medidas estructurales en zonas donde no existe ninguna, genera incentivos para que el uso de la tierra sea agrícola aumentando la producción y los ingresos de los trabajadores
Sociales	Protección contra las inundaciones	Las alternativas generan un beneficio directo sobre las comunidades y los agricultores, en tanto los protege de sufrir daños en: construcciones sociales, infraestructura vial, cultivos y animales, salud, entre otros.
	Valorización de la tierra o los predios	Al encontrarse las tierras protegidas antes un evento de inundación, las tierras se vuelven más confiables para las personas, lo que hace que el precio por ellas suba.
Ecológicos	Incorporación de humedales	La incorporación de humedales dentro de las medidas para el control de inundaciones hace que se reactive (y se mantenga) la dinámica del sistema fluvial en determinadas zonas.

Fuente: Elaboración propia

Como se ha mencionado a lo largo de este capítulo, la Alternativa sin Proyecto o Cero debe incluirse en el análisis de alternativas. Por esta razón es necesario que el analista igualmente identifique y caracterice los impactos positivos y negativos de la alternativa mencionada, los cuales en buena medida están relacionados (como se mencionó en la Fase I), con los impactos de las inundaciones. Estos impactos no son concebidos en las demás alternativas, dado que se ha partido de la premisa de que todas las alternativas (excepto la Alternativa Cero) evitarán las inundaciones durante un período de retorno determinado. De esta manera, en las Tablas 10 y 11 se presenta una síntesis de los impactos positivos y negativos asociados a las inundaciones, y sus respectivas caracterizaciones.

Tabla 10. Síntesis de costos asociados a las inundaciones

<i>Categoría</i>	<i>Costos</i>	<i>Descripción</i>
Económicos	Pérdida de cultivos	Las inundaciones impactan sobre los cultivos, dañando las plantas y las cosechas
	Daños en zonas industriales	Al igual que la infraestructura social, las zonas industriales experimentan daños ante la presencia de inundaciones, tanto en su infraestructura como en su mobiliario.
Sociales	Afectaciones en salud	Los represamientos de agua generados tras las inundaciones son generadores de enfermedades vectoriales como lo son el dengue y la malaria, y otras enfermedades intestinales como el EDA ¹² .
	Asistencia del gobierno a damnificados	Ante la emergencia provocada por la inundación, los gobiernos local, departamental y nacional deben brindar apoyo a los damnificados a través del desplazamiento de misiones médicas, albergues, alimentación, entre otros.
	Daños en infraestructura social: viviendas, escuelas, centros hospitalarios, vías, etc.	Ante la presencia de inundaciones la infraestructura social sufre daños tanto en su infraestructura interna como externa. La extensión de estos daños depende de la magnitud de la inundación.
	Afectaciones en el contenido de la infraestructura social	Al interior de viviendas, escuelas, centros hospitalario, existe un mobiliario el cual sufre afectaciones ante la presencia de inundaciones.
Ecológicos	Sedimentación en los suelos	Las inundaciones traen consigo sedimentos que impide el enriquecimiento natural del suelo y retienen el agua una vez el curso del río está a niveles normales.
	Distorsión de la fauna	Los desbordamientos del río pueden generar la muerte de aves y el desplazamiento de algunos animales.

Fuente: Mata (2000); Jonkman *et al* (2008); Solís (2007) y Merzet *et al* (2010). Elaboración propia

Tabla 11. Síntesis de beneficios asociados a las inundaciones

<i>Categoría</i>	<i>Beneficios</i>	<i>Descripción</i>
Económicos	Activación de la actividad económica en zonas aledañas a las inundadas	En ocasiones las inundaciones dan lugar a que las comunidades aledañas al área de inundación realicen las actividades que las empresas no pueden ejecutar dado que están afectadas por la inundación.
Sociales	Diversificación de la oferta alimenticia	Los desbordamientos del río traen consigo, además de sedimentos, poblaciones de peces que sirven en la dieta diaria de las personas durante el período que dure la inundación.
Ecológicos	Fertilización de los suelos	Las aguas traen nutrientes que fertilizan a las plantas acuáticas y a los sedimentos que se depositan en las secciones que han sido agotadas por la agricultura.
	Renovación de la población íctica	Gracias a las inundaciones se genera la renovación de las poblaciones de peces en lagunas interiores o aisladas.

Fuente: Mata (2000) y Merzet *et al* (2010). Elaboración propia

¹²Enfermedad Diarreica Aguda (EDA).

Al finalizar esta fase, el analista contará con un inventario de costos y beneficios de cada una de las alternativas analizadas (incluyendo la Alternativa Cero), el cual le será de gran apoyo en las fases siguientes. Debe tenerse en cuenta que los impactos mencionados en esta fase no equivalen a la totalidad de costos y beneficios que el analista podrá encontrar, estos sólo corresponden a una aproximación.

4.8.FASE VIII: Seleccionar el método de valoración económica más pertinente para cada impacto SEA y para todas las alternativas.

El paso a seguir en la evaluación económica de alternativas, consiste en seleccionar el método específico a través del cual se pueda estimar el valor monetario de los impactos positivos y negativos de cada alternativa. La elección de la técnica de valoración apropiada dependerá en gran parte de la información disponible y a su vez, de las facilidades (tanto técnicas como financieras) de realizar salidas de campo y recolectar información primaria.

En la Figura 8 se presenta una guía resumida para la elección de las técnicas de valoración económica, en la cual se indican los diferentes escenarios posibles y los diferentes impactos producidos por la implementación de las diferentes alternativas para el control de inundaciones. Como se muestra en la figura, el analista deberá en primera instancia estudiar cada impacto (de cada alternativa) y preguntarse: *¿Impacta esta alternativa la producción agropecuaria afectando los ingresos de los agricultores o de sus familias?* De esta manera, el analista podrá focalizar la búsqueda de la técnica de valoración apropiada para el impacto que está analizando. Así, si el impacto es sobre la producción entonces el analista deberá utilizar el *enfoque de la función de producción* como técnica de valoración.

Un ejemplo de esta situación sería el siguiente: dado que el principal uso del suelo en la región ha sido la agricultura y particularmente el cultivo de caña, la calidad y cantidad de la tierra y del agua juegan un papel determinante en la producción local. De esta manera, si una alternativa tiene impactos sobre el suelo y el agua, influirá directamente en la producción agrícola de la región y por ende afectará la producción de los agricultores. En casos como éste, dicho impacto podrá valorarse a través del *enfoque de la función de producción* en el cual se asume el medio ambiente como un input de la producción. Este enfoque consiste básicamente en determinar las cantidades relativas de bienes producidos con y sin la alternativa para el control de inundaciones. Una vez el analista haya determinado dichas cantidades, aplicar esta técnica constará de conocer la función de costos, las cantidades producidas con y sin la presencia de la alternativa y los precios de mercado. Cuando estos precios tengan distorsiones como impuestos, aranceles, subsidios, entre otro, el analista deberá ajustar los precios a través de las técnicas de cálculo de los precios sombra.

Por otro lado, si la alternativa genera impactos sobre la calidad ambiental, el analista deberá preguntarse: *¿La alternativa evaluada afecta la calidad ambiental de los ecosistemas y de las comunidades?* o, *¿afecta el flujo de servicios ecosistémicos de los que se beneficia la comunidad en cantidad o calidad?* El analista en ese sentido deberá determinar si este impacto está relacionada con variables como el hábitat (tanto de las comunidades como de distintas especies en el ecosistema), la calidad del aire y del agua, la calidad y cantidad de los espacios para recreación, o con los activos estéticos, culturales e históricos de las comunidades. Como se muestra en la Figura 8, para valorar los impactos en cada una de estas variables se tiene un gran número de técnicas asociadas, donde la decisión entre uno y otro método, dependerá del tipo y cantidad de información con que se cuente.

Por ejemplo, la medida “*ampliación de humedales*” de la Alternativa 4 mencionada en la Fase I, podría impactar positivamente en la calidad ambiental de la región en el sentido en que se mejora la calidad y extensión del hábitat para diferentes especies que se benefician de los humedales. Valorar económicamente este impacto positivo generado por la medida, puede desarrollarse a través de diferentes métodos (ver Figura 8) entre los que se encuentra la *valoración contingente*. Este método se basa en la percepción que las personas tienen frente a este impacto donde, a través de la implementación de encuestas, ellas revelarán cuánto están dispuestas a pagar por mejorar el servicio de hábitat del ecosistema o si por el contrario, están dispuestas a recibir una compensación por tener que sacrificar algunas tierras cultivables para llevar a cabo dicha medida estructural.

Otro ejemplo puede presentarse con la medida “*lagunas de laminación*” mencionada en la alternativa 4 de la Fase I, la cual puede generar espacios de relajación y recreación tanto para personas que vivan en el área como para turistas. Dado que esta medida consiste en la acumulación de excesos de agua cuando el cauce del río se encuentre muy alto, inundando zonas previamente establecidas y adecuadas para tal fin, a su vez estas zonas pueden ser utilizadas por las personas con fines recreacionales. Por ejemplo, ellos podrían realizar allí actividades como pesca, disfrutar del paisaje y actividades deportivas como caminatas ecológicas y canotaje por nombrar algunas. Estos impactos positivos podrán ser valorados por el analista a través de la técnica llamada *costos de viaje*, la cual consiste en valora los beneficios de los servicios recreativos de un bien ambiental a partir de la estimación del gasto total en que incurren los turistas por desplazarse al sitio que los ofrece.

Otra situación podría tratarse de la que se muestra en la Figura 9. La implementación de diques a lo largo del corredor de conservación del río Cauca tiene un beneficio directo, y es la posibilidad que genera para que la frontera agrícola se expanda. Este impacto positivo, como se explicó anteriormente, genera cambios en la producción de la región por lo que deberá ser valorado a través del enfoque de la función de producción. No obstante, el crecimiento de esta frontera desencadena impactos negativos sobre los servicios

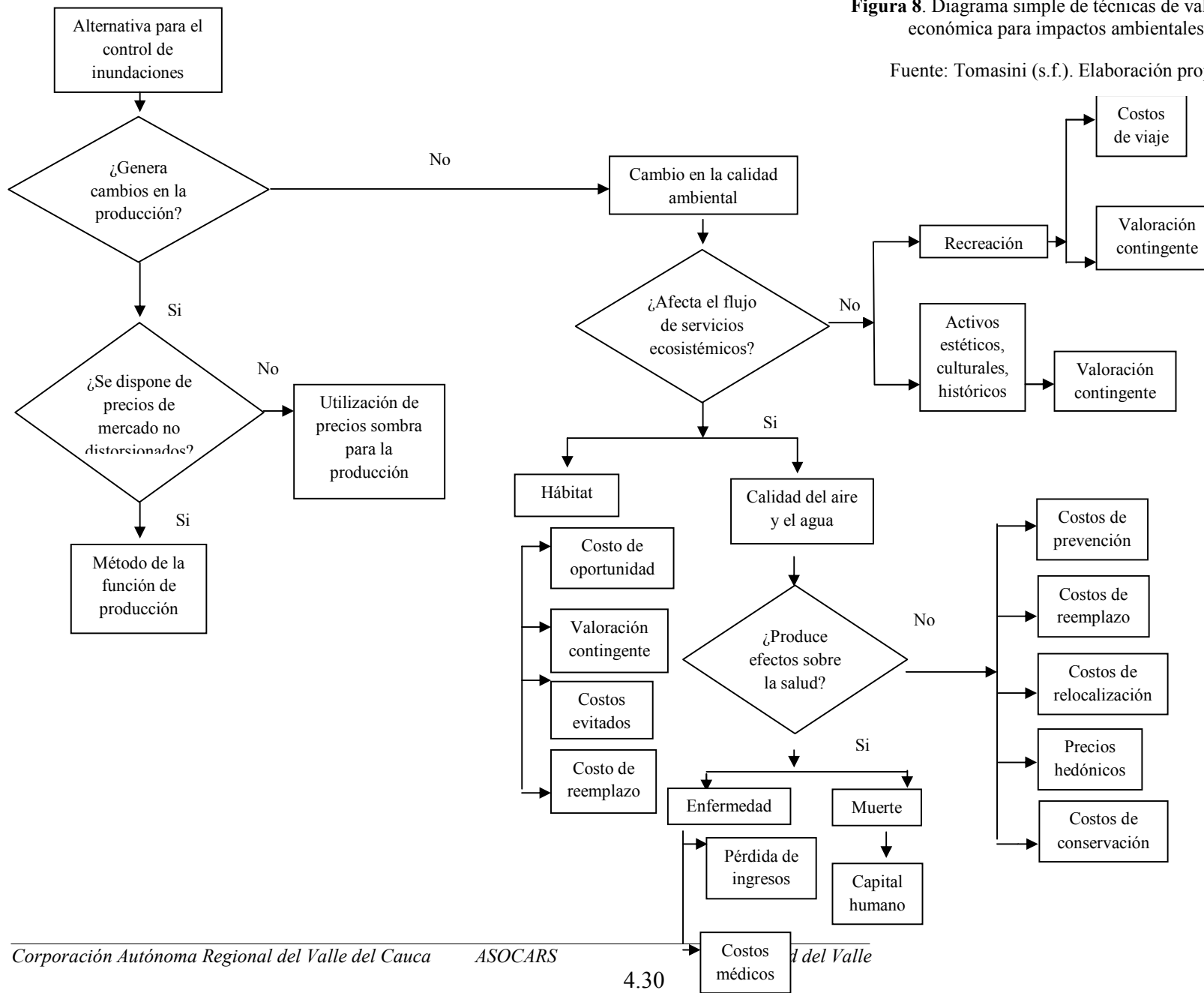
ecosistémicos de la región, como lo son la pérdida de área para bosques y la contaminación. El primero de ellos, la pérdida de área para bosques, implica a su vez disminuciones en variables como la población de controladores de plagas (como los barrenadores), especies que habitan y se reproducen en un tipo específico de arbustos (los arvenses) que crecen a las afueras de los bosques. Este impacto negativo sobre los servicios ecosistémicos de la región puede valorarse a través de técnicas como los *costos de reemplazo*.

Esta técnica consiste en estimar el valor de un bien ambiental a partir de los costos de reemplazarlo por un bien artificial que produzca los mismos servicios, en este caso, correspondería a los costos de plaguicidas necesarios para compensar la disminución del control natural de plagas.

Parte de los métodos de valoración expuestos en la Figura 9 se encuentran sintetizados en la Tabla 12. Esta tabla contiene los métodos de valoración, su tipología (si se trata de métodos de valoración directos o indirectos y si se basan en las preferencias reveladas o declaradas de las personas) y su descripción y limitaciones.

Figura 8. Diagrama simple de técnicas de valoración económica para impactos ambientales.

Fuente: Tomasini (s.f.). Elaboración propia



Copia NO controlada CVC

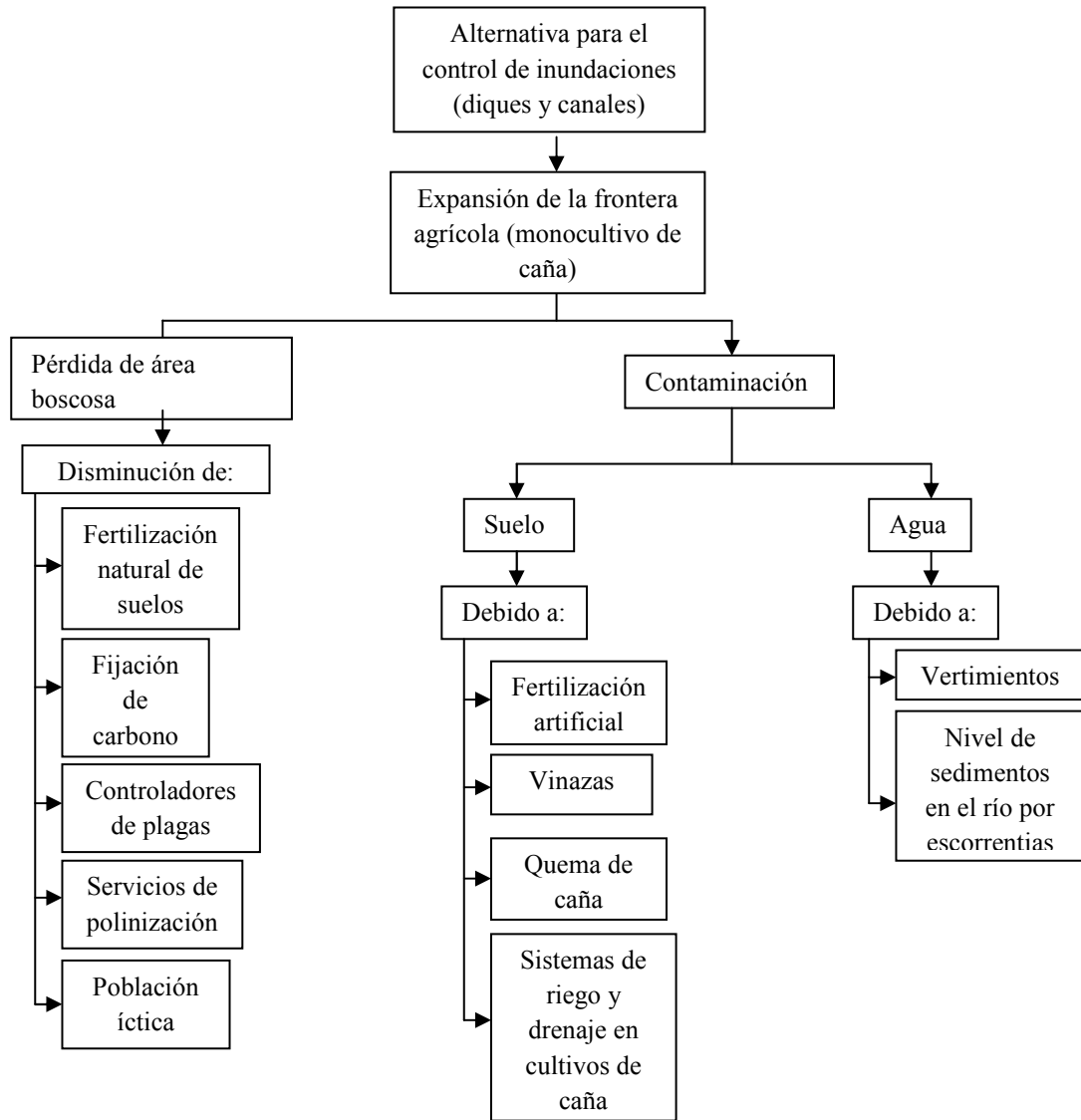


Figura 9. Impactos negativos sobre el medio ambiente por la alternativa para el control de inundaciones actual, en el valle geográfico del río Cauca.

Fuente: Conversación Doctor Carlos Saavedra (2014). Elaboración propia

Tabla 12. Síntesis de técnicas empleadas en la valoración monetaria de servicios ecosistémicos

<i>Método</i>	<i>Tipología</i>	<i>Descripción</i>	<i>Limitaciones</i>
Método basado en la función de producción	Indirecto (1) (preferencias reveladas (2))	Partiendo de que los recursos naturales son insumos del proceso productivo, identifica el impacto de variaciones en los recursos naturales sobre los niveles de producción.	Se limita a analizar servicios ecosistémicos de provisión que sean transados en los mercados o se ajusten a una lógica similar.
Costos de Reemplazo	Indirecto (preferencias reveladas)	Estima el valor de un bien ambiental a partir de los costos de reemplazarlo por un bien artificial que produzca los mismos servicios.	No es útil cuando se trata de bienes únicos como sitios históricos y áreas naturales únicas que no cuentan con un sustituto en el mercado.
Costos Evitados	Indirecto (preferencias reveladas)	Se acerca al valor de un servicio ecosistémico a través de la estimación de los costos incurridos en mitigar los daños ambientales.	No valora totalmente el servicio ecosistémico en estudio.
Precios Hedónicos	Indirecto (preferencias reveladas)	El valor de un recurso ambiental se determina a través del diferencial de precios entre dos bienes (normalmente se usan viviendas) que comparten el mismo conjunto de atributos (entre los que se encuentra el recurso a valorar) excepto la cantidad y calidad del recurso que se quiere valorar.	Sus principales limitación se atribuyen a los mecanismos de valoración que utiliza y a los supuestos de representación de los intereses sociales.
Enfoque del Capital Humano	Indirecto (preferencias reveladas)	Estima los costos asociados a la mortalidad relacionada con la contaminación, implementando una función que determina los cambios en la productividad de las personas por cambios en los niveles de contaminación	Reduce el valor de la vida al valor presente del flujo de ingresos de una persona.
Costos médicos y pérdida de ingresos	Indirecto (preferencias reveladas)	Luego de determinar cómo el proyecto afectará los niveles de contaminación, se construye una función dosis - respuesta con la que se estima el impacto de la contaminación sobre la salud de las personas. Se utiliza información relacionada con la pérdida de ingresos debido a la enfermedad y los costos en visitas al médico, estadías en hospitales, medicamentos, etc.	No consideran las preferencias individuales que los afectados tengan por salud o enfermedad, ni tampoco expresan su disponibilidad a pagar por éstos. No reconoce tampoco que los individuos pueden tomar medidas defensivas.
Análisis Conjoint	Directo (preferencias reveladas)	Identifica cómo las características de un bien ambiental influyen en las decisiones de consumo de las personas a través del ordenamiento, calificación o comparación que ellas realicen de un	Los resultados pueden ser pobres si se aplica en contextos donde el recurso natural no sea explícitamente reconocido o

		conjunto de atributos del bien, de acuerdo a sus preferencias	donde éste no se aproveche en la lógica del mercado.
Costo de Viaje	Directo (preferencias declaradas)	Valora los beneficios de los servicios recreativos de un bien ambiental a partir de la estimación del gasto total en que incurren los turistas por desplazarse al sitio.	los costos de viaje tienden a subvalorar la importancia relativa imputada por los beneficiarios directos
Valoración Contingente	Directo (preferencias declaradas)	Estima el valor de un recurso natural a partir de la disposición a pagar o la disposición a aceptar ser compensado de los agentes, por las mejoras o degradación del medio ambiente respectivamente.	Su limitante se encuentra en la forma en la que se recolecta la información: cómo se usan las encuestas. Éstas pueden proveer información incompleta o sesgada.

Fuente: Dixon y Pagiola (1998); Cristeche y Penna (2008); Azqueta (2002); Riera *et al.* (2005).

Elaboración propia

Notas: (1) Los métodos directos se basan en los comportamientos reales de los individuos, donde estos últimos expresan su máxima disposición a pagar o su mínima disposición a ser compensados ante una potencial medida que altere el bien público analizado. Los métodos indirectos trata de valorar los bienes mediante el comportamiento de los individuos en mercados que guardan alguna relación con los bienes analizados. (2) Preferencias declaradas consisten en las declaraciones de los individuos sobre cuáles son sus preferencias frente a determinada situación. Las preferencias reveladas son datos que reflejan el comportamiento actual de los individuos en sus decisiones.

Esta fase concluye una vez el analista haya analizado los impactos de las alternativas y haya identificado un método de valoración económica para cada uno de ellos. Cabe la pena aclarar que los métodos analizados en esta fase no corresponden al universo de técnicas de valoración que el analista puede utilizar, existen muchos otros. Los presentados aquí abarcan los comúnmente utilizados en la evaluación social y económica de proyectos.

4.9.FASE IX: Valorar económicamente los diferentes impactos (SEA) para cada alternativa.

Una vez seleccionados los métodos de valoración económica de los impactos SEA en cada alternativa y para cada impacto que sea factible valorar, se deberán aplicar estas técnicas para monetizar tales impactos. En la Fase V se presentó una guía sobre cómo elegir los métodos apropiados para valorar monetariamente los costos y beneficios identificados por el analista en cada alternativa. Ahora, el analista deberá utilizar estos criterios para encontrar de esta forma, el valor monetario de los impactos identificados.

Hay que recordar nuevamente que en muchas circunstancias es difícil cuantificar algunos impactos en términos monetarios, razón por la cual, deberá considerarse estas características para ser incorporadas como complemento de esta evaluación. Por su parte, en el caso de la Alternativa sin proyecto, deberán incorporarse en su evaluación los impactos generados por las inundaciones de 2010-2011.

4.10. FASE X: Evaluación económica de todas las alternativas incluyendo la evaluaciones financiera y de los impactos SEA.

Una vez aplicadas las metodologías de valoración económica de los impactos SEA identificados y factibles de valorar, el siguiente paso es construir el flujo de caja de todas las alternativas a valorar, incluyendo tanto los costos como los beneficios. Vale la pena aclarar que el analista deberá valorar de igual forma la alternativa sin proyecto o alternativa cero. De esta manera, esta fase consiste en dos etapas: 1. La construcción del flujo de caja de cada una de las alternativas; y 2. El uso de los criterios y parámetros de decisión expuestos en la Fase II.

Etapa 1. Construcción del flujo de caja de todas las alternativas

En esta etapa, el analista deberá construir el flujo de caja de cada una de las alternativas, incluyendo la alternativa sin proyecto. El flujo de caja estará compuesto tanto por los costos financieros evaluados en la Fase IV, como por los impactos SEA valorados en la Fase VII. El flujo de caja se estructura como se presenta en la Tabla 13, donde las columnas representan el horizonte del proyecto (ver Fase II) y las filas muestran el listado de costos (financieros y económicos) y los beneficios identificados para cada alternativa.

Etapa 2. Utilización de los criterios y parámetros de decisión.

Una vez construido el diagrama de flujo para cada alternativa, el analista deberá implementar los criterios y parámetros de decisión expuestos en la Fase II. Como se mostró en dicha fase, la comparación de alternativas en el ACB se realiza a través del Valor Presente Neto (VPN), la relación Beneficio/Costo (RBC) o la Tasa Interna de Retorno (TIR). No obstante, se recomienda al analista realizar la comparación de alternativas utilizando solamente el VPN por tratarse éste del criterio más usado en la evaluación económica de proyectos, por sus facilidades aplicativas y en general porque incorpora los otros dos criterios.

Tabla 13. Resumen del flujo de caja para una alternativa X

Partidas consideradas	Horizonte del proyecto (años)				
	0	1	2	...	n
Costos Financieros	C_0	C_1	C_2	...	C_n
Costos de inversión (obra civil, maquinaria, etc.)					
Costos de funcionamiento (insumos, mano de obra, energía, etc.)					
Costos económicos de los impactos SEA					
Impactos medibles afectación de comunidades					
Impactos medibles fragmentación de hábitats					
Contaminación					
Reducción de la producción agrícola					
Beneficios	B_0	B_1	B_2	...	B_n
Aumento de ingresos por ampliación de frontera agrícola					
Conservación de humedales					

Reducción de zonas afectadas por inundaciones					
Disminución de la erosión del suelo					
Beneficios Netos (Beneficios - Costos)	BN_0	BN_1	BN_2	...	BN_n

Fuentes: Elaboración propia.

Desarrollado el criterio de decisión, el analista deberá realizar la segunda jerarquización de alternativas. La primera de ellas se realizó al finalizar la Fase IV haciendo igualmente uso del VPN pero con la diferencia de que en esa ocasión se utilizaron los costos financieros de cada alternativa. Ahora, esta segunda jerarquización se realizará utilizando los impactos socio-económicos y ambientales de cada una de las alternativas, incluyendo la Alternativa Cero. De esta jerarquización el analista podrá identificar las mejores alternativas en términos de todos los costos económicos y financieros.

4.11. FASE XI: Realizar análisis de sensibilidad con las alternativas incluyendo las variables más relevantes

Los criterios de decisión en el ACB le informan al analista sobre la conveniencia de implementar una alternativa (frente a sus competidoras), siempre y cuando todas las condiciones se cumplan según lo previsto. No obstante, este tipo de análisis se realizan bajo escenarios de incertidumbre donde lo que se espera es que las predicciones estudiadas se cumplan; de no cumplirse, los resultados de la alternativa podrían cambiar. En el caso particular de las alternativas para el control de inundaciones, podrían aparecer contratiempos por ejemplo con:

- No se llegaron a acuerdos entre los entes negociadores y los propietarios de las tierras: los predios y hectáreas requeridas para la implementación de la alternativa no fueron conseguidos en su totalidad, debido a que las negociaciones con los propietarios no fueron fructíferas o los diálogos tomaron más tiempo del estimado.
- Aparecen dificultades administrativas con las cuales no se contaba: el trámite de los permisos ambientales se demoró más de lo previsto, lo mismo pasó con el inicio de los contratos de obras o los contratistas no cumplieron con los plazos establecidos (no se entregaron las obras en la fecha acordada).

No todos estos cambios son igualmente relevantes ni afectan de manera similar a los costos y beneficios de la alternativa. En ese sentido, el análisis de sensibilidad ayuda al analista a determinar aquellas variables con mayor impacto sobre los resultados esperados y la forma en la que éstas generan dicho impacto. El análisis de sensibilidad se compone de dos pasos: 1. Selección de posibles variables críticas, y 2. Implementación de los criterios de decisión.

Paso 1. Selección de posibles variables críticas

Para desarrollar el análisis de sensibilidad, el analista debe en primer lugar seleccionar un conjunto de posibles variables relevantes. Dichas variables relevantes o “críticas” pueden ser:

- La tasa de descuento
- El horizonte del proyecto
- La tasa de cambio
- El porcentaje de los costos destinados a operación y mantenimiento
- Grado de sustituibilidad de los bienes ambientales o culturales sacrificados por la alternativa (aplicación del criterio de Krutilla)¹³.

Debe aclararse que no es necesario que el analista seleccione solo unas cuantas variables. Esto se recomienda por agilizar y facilitar el análisis, sin embargo, el analista podrá analizar todas las variables que considere necesarias para determinar aquellas que sean relevantes en el estudio.

Paso 2. Implementación de los criterios de decisión

Una vez el analista haya determinado un conjunto de posibles variables críticas, deberá modificar el valor de éstas en un porcentaje determinado (por ejemplo, 5%). Con los nuevos valores de las variables seleccionadas, el analista deberá ejecutar nuevamente el VPN. Estos nuevos valores del VPN, le permitirán al analista identificar la elasticidad de respuesta que tienen los resultados de la alternativa ante cambios en las variables, es decir, qué tan sensible son los resultados frente a variaciones en las variables seleccionadas mientras las demás permanecen constantes. De esta manera el analista podrá determinar si las variables analizadas son realmente críticas (dependerá de la magnitud de los cambios en los resultados del VPN).

De esta manera, el analista deberá comparar los nuevos resultados del VPN con los anteriores (antes de las modificaciones). Esto le ayudará a tomar decisiones.

¹³Como ya se explicó, este criterio consiste en que no se pueden considerar de la misma manera la corriente de beneficios de un proyecto de desarrollo y los costos asociados al mismo en términos de la pérdida de valores recreativos o ambientales en general, dada la posibilidad de sustitución de los primeros y la dificultad de hacerlo en los segundos. Para asegurar que los beneficios de la opción de preservación se tengan en cuenta adecuadamente dentro del ACB existen varias alternativas complementarias: a) Considerar los beneficios de la preservación perdidos como parte de los costos del desarrollo; b) Reconocer un crecimiento de los precios de los beneficios de la preservación en el tiempo como consecuencia del cambio en sus precios relativos; c) Desvalorizar en términos de precios los beneficios del desarrollo dada la obsolescencia tecnológica; y, d) Reconocer una tasa de descuento menor a los beneficios de la preservación frente a la usada en el proyecto, reflejando cierta prioridad sobre el futuro.

Al finalizar esta fase, el analista deberá realizar la tercera jerarquización de alternativas tomando en cuenta los resultados del VPN una vez se hayan realizado las modificaciones en las variables analizadas. Esta vez, el analista tendrá un ordenamiento de las alternativas según la sensibilidad de sus variables.

4.12. FASE XII: Jerarquizar y recomendar las mejores alternativas en términos de la evaluación económica

Esta corresponde a la última fase en el proceso de valoración económica de las alternativas para el control de inundaciones en el valle geográfico del río Cauca. La idea central en esta fase es realizar una jerarquización de las alternativas analizadas para con ello, proceder a elaborar recomendaciones sobre las mismas. Para desarrollar esta fase se recomienda al analista realiza los siguientes pasos:

Paso 1. Realizar comparaciones entre jerarquías

A lo largo del presente capítulo se desarrollaron tres jerarquizaciones de alternativas bajo diferentes criterios: durante la Fase IV se realizó la primera jerarquización de alternativas teniendo en cuenta solamente los costos financieros de cada una de ellas. Posteriormente, en la Fase VIII, se desarrolló una segunda jerarquización en la que además de tener en cuenta los costos financieros de las alternativas, se incluyeron los costos y beneficios socio-económicos y ambientales de las mismas. Finalmente en la Fase IX, se obtuvo la tercera jerarquización bajo el análisis de sensibilidad.

A partir de estas tres jerarquizaciones, el analista deberá realizar comparaciones entre ellas con el fin de determinar cuáles resultan más viables para el control de inundaciones en el corredor de conservación del río Cauca. El analista podrá encontrarse con que las mejores alternativas desde el punto de vista financiero, resultan no ser las mejores cuando se tienen en cuenta variables sociales y ambientales o incluso cuando el valor de determinadas variables sufre cambios. De esta manera, el analista deberá analizar al detalle cada una de las alternativas que resultaron ser las mejores desde los tres ejes, a saber, financiero, socioeconómico y ambiental, y el análisis de sensibilidad.

Paso 2. Realizar recomendaciones

Finalmente, una vez analizadas las alternativas según las diferentes jerarquizaciones, el analista deberá exponer sus recomendaciones de acuerdo a la información extraída durante todo el proceso de valoración económica. Dado que existen otras variables significativas para la toma de decisiones en proyectos relacionados con el control de inundaciones diferentes a las económicas, se recomienda además de realizar la valoración económica de alternativas, hacer análisis complementarios de carácter social y ambiental que permitan analizar aquellas variables que difícilmente pueden traducirse al lenguaje monetario (ver Anexo 2). A su vez se recomienda que, por tratarse de un proyecto que impactará en buena medida a las comunidades del sector, se realicen

procesos participativos con estos actores sociales, que nuevamente, permitan dilucidar aspectos que la valoración económica no alcanza a incluir.

Este proceso culminará la valoración económica de alternativas para el control de inundaciones en el valle geográfico del río Cauca, exponiendo aquellas alternativas que bajo este tipo de valoración resultan más adecuadas para implementar y contrarrestar la problemática de la región.

5 BIBLIOGRAFÍA

- ALIMONDA, H. 2012. Una introducción a la ecología política latinoamericana. En Grosfoguel R. y Almanza R. Lugares de coloniales. Javeriana. Bogotá.
- AZQUETA, D. (2002). Introducción a la economía ambiental. McGraw Hill, España.
- BANGUERO, H.; Y QUINTERO, V.M. (1992). Los proyectos Sociales II. Guía para la Evaluación y Análisis de Factibilidad. IFL, Publicación, Santiago de Cali, Colombia.
- BOYD, J. Y BANZHAF, S. (2007). What are ecosystem services? The need for standardized environmental account units. *Ecological Economics*, vol. 63, pág. 616-626.
- COMISIÓN REGULADORA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO (CRA) (1995). *Resolución 13 de 1995; circular 01 de 1996 para sistemas con menos de 8.000 usuarios*. Santafé de Bogotá, Colombia.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA (CVC) – UNIVERSIDAD DEL VALLE (2013). Diagnóstico de inundaciones en el valle alto del río Cauca. Convenio. Convenio de asociación No. 001 de 2013. Santiago de Cali, Colombia.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA (CVC) – UNIVERSIDAD DEL VALLE (2014). Planteamiento de alternativas estructurales y modelación hidráulica de escenarios para la gestión de inundaciones en el valle alto del río Cauca. Convenio de asociación No. 001 de 2013. Santiago de Cali, Colombia.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA (CVC) (2004). Génesis y desarrollo de una visión de progreso. Santiago de Cali, Colombia.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA (CVC) (2008). Caracterización del río Cauca tramo Salvajina – La Virginia. Proyecto Modelación del Río Cauca (PMC) - Fase I Disponible en: <http://www.cvc.gov.co/cvc/Mosaic/Consultado:02/01/2014>
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA (CVC) (2011). Proyecto corredor de conservación y uso sostenible en el cauce del alto Cauca. Documento institucional.

- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA (CVC) (2012). El río Cauca en su valle alto. Disponible en: <http://www.cvc.gov.co/portal/index.php/es/tematicas/recurso-hidrico/96-recurso-hidrico/270-libro-rio-cauca>
- CRISTECHE, E.; PENNA, J. (2008). Métodos de valoración económica de los servicios ambientales. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Disponible en: http://anterior.inta.gov.ar/ies/docs/otrosdoc/metodos_doc_03.pdf
- DE GROOT, R., WILSON, M. Y BOUMANS, R. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, vol. 41, pág. 393-408
- DIXON, J.; PAGIOLA, S. (1998). Análisis económico y evaluación ambiental. Update, Environmental Assessment Sourcebook, Environmental Department, World Bank, N° 23. Disponible en: http://www.mercosurabc.com.ar/docs/caso_turismo_chileno.pdf
- DUQUE M., R., (1994), *Modelos matemáticos en Ingeniería Ambiental: determinación del tamaño eficiente de componentes*. Tesis. Programa de posgrado en Ingeniería de Sistemas. Universidad del Valle, Cali, Colombia
- DUQUE, M. R. (1995). *El análisis de costo mínimo en proyectos de saneamiento ambiental*. Mimeo. Cali, Colombia.
- EVALUACIÓN DE ECOSISTEMAS DEL MILENIO (EE.MM) (2005). Ecosystems and human well-being: A synthesis. Island Press, Washington, D.C.
- FATTORELLI, S. Y FERNÁNDEZ, P.C. (2011). Diseño Hidrológico. 2^{da} edición. Edición digital publicada en la biblioteca virtual de la Water Assessment & Advisory Global Network.
- FISHER, B.; TURNER, K.; Y MORLING, P. (2009). Defining and classifying ecosystem services for decisions making. *Ecological Economics*, vol. 68, pág. 643-653.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS, ALEXANDER VON HUMBOLT (2014). Valoración integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos [Mimeo]. Bogotá, Colombia.
- JONKMAN, S.; BOCKARJOVA, M.; KOK, M. Y BERNARDINI, P. (2008). Integrated hydrodynamic and economic modelling of flood damage in the Netherlands. *Ecological Economics*, vol. 66, pág. 77 – 90.
- MARTINEZ – ALIER, J. Y ROCA, J. (2001). Economía ecológica y política ambiental. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.

- MARTÍNEZ ALIER, J. (1999). Introducción a la Economía Ecológica. Edit. Rubes, España.
- MARTINEZ-ALIER, J.; KALLIS, G.; VEUTHEY, S.; WALTER, M. Y TEMPER, L. (2010). Social Metabolism, ecological distribution conflicts, and valuation languages. *Ecological Economics*, vol. 70, pág. 53-158.
- MATA, A. (2000). Metodología para la identificación, clasificación y cuantificación de los impactos ambientales de los desastres naturales. Workingpaper. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos, Cepal. Disponible en: http://www.eclac.cl/dmaah/mdn/cd/material/met_02.pdf
- MERZ, B.; KREIBICH, H.; SCHWARZE, R. Y THIEKEN, A. (2010). Assessment of economic flood damage. [Review Article] *Natural Hazards and Earth System Sciences* 10, 1697-1724, doi:10.5194/nhess-10-1697-2010, 2010.
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL – UNIVERSIDAD DE LOS ANDES (S.F.). Evaluación económica de impactos ambientales en proyectos sujetos a licenciamiento ambiental. Manual técnico [Documento en discusión].
- MUNDA G. (2008). Evaluación multicriterio social para una economía sostenible, Investigación Operativa y Teoría de la Decisión de la serie, Springer, Heidelberg, New York, 2008.
- MUNDA, G. (1996) Cost - benefit analysis in integrated environmental assessment: some methodological issues. *Ecological Economics*, vol. 19, pág.157-168.
- PACHECO, J. F. Y CONTRERAS, E. (2008). Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos. *CEPAL*, Serie Manuales No. 58, Santiago de Chile.
- PEARCE, D. Y TURNER, R. (1995). Economía de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente. Ediciones Celeste, Madrid.
- PERAFÁN, A. (2012). Valle del Cauca. Un estudio en torno a su sociedad y medio ambiente. Programa editorial Universidad del Valle. Cali, Colombia.
- PÉREZ, M. (2008). Comercio internacional y medio ambiente en Colombia. Mirada desde la economía ecológica. Programa editorial Universidad del Valle. Cali, Colombia.
- RIERA, P.; GARCÍA, D.; KRISTRÖM, B.; BRÄNNLUND, R. (2005). Manual de economía ambiental y de los recursos naturales. Thomson, Madrid, España.

- RIERA, P.; GARCÍA, D.; KRISTRÖM, B.; BRÄNNLUND, R. (2005). Manual de economía ambiental y de los recursos naturales. Thomson, Madrid, España.
- RODRÍGUEZ, P., CUBILLOS, A. (2012). Elementos para la valoración integral de los recursos naturales: un puente entre la economía ambiental y la economía ecológica. *Gestión y Ambiente*, vol. 5, N° 1, pág. 77 – 90.
- ROJAS, J. Y PÉREZ, M. (2013). Servicios Ecosistémicos: ¿Un enfoque promisorio para la conservación o un paso más hacia la mercantilización de la naturaleza? En: Pérez, M.; Rojas, J. y Galvis, R. (Comps.), *Sociedad y servicios ecosistémico: perspectiva desde la minería, los megaproyectos y la educación ambiental*, cap. 1, pág. 29-59. Programa editorial Universidad del Valle. Santiago de Cali, Colombia.
- SÁNCHEZ, A. (2011). Después de la inundación. *Coyuntura Económica*, Vol. XLI, No. 2, pág. 213-246. Fedesarrollo, Bogotá, Colombia.
- SECTOR AZUCARERO COLOMBIANO (ASOCAÑA). (2013). Informe anual 2012 – 2013. Anexo estadístico 2012 – 2013. Disponible en: <http://www.asocana.org/modules/documentos/3/337.aspx> Consultado: 21/01/2014
- SOLÍS, J. (2007). *Análisis beneficio/costo de obras de protección contra inundación, tramo del río Alseseca en la colonia Hacienda* (Tesis de maestría). Universidad de las Américas Puebla, Cholula, México D.F.
- TOMASINI, D. (s.f.). Valoración económica del ambiente. Universidad de Buenos Aires. Disponible en: <http://www.ucipfg.com/Repositorio/MAES/PED/Semana4/Valoracioneconomica.pdf>
- TURNER, R. K., PEARCE, D. Y BATEMAN, I. (1994) *Environmental Economics. An elementary introduction*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, U.S.
- VALENZUELA, L.C. (1990). *Evaluación económica y metodología de minimización de costos para proyectos de sistemas de agua potable*. Revista Desarrollo y Sociedad, DNP, Bogotá, Colombia.
- VÉLEZ, H. (2013). *Gobernanza del agua de comunidades negras en el área de influencia del embalse Salvajina*. Propuesta doctoral, Doctorado Ciencias Ambientales, Universidad del Valle, Cali.

6 ANEXOS

6.1. ANEXO 1. METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL VALOR PRESENTE NETO (VPN)

El Valor Presente Neto (VPN) es el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión inicial.

Cuando se realiza una evaluación económica, se estiman los ingresos y los egresos generados por un el proyecto para cada año, la diferencia entre estos son los flujos de efectivo o beneficio neto que genera el proyecto anualmente. Estos flujos traídos al presente o momento en que se realiza el proyecto es lo que llamamos flujos descontados. El VPN es el mecanismo que se utiliza para actualizar estos valores.

Para calcular el VPN se utiliza una “tasa de descuento o costo de capital” llamada así, porque descuenta el valor del dinero en el futuro a su equivalente en el presente. El valor del VPN depende exclusivamente de la tasa de descuento “*i*” aplicada, que es determinada por el evaluador. Para este caso utilizamos lo determinado por la CRA para el sector de agua potable y saneamiento, el cual ha determinado un rango entre el 9 y 14%. El modelo de elección trabajará con el 9%.

Sumar los flujos descontados en el presente y restar la inversión inicial, equivale a comparar todas las ganancias esperadas contra todos los desembolsos necesarios para producir esas ganancias, en términos de su valor equivalente en este momento o tiempo cero. Por lo tanto, supone una reinversión total de todas las ganancias anuales. Es claro que para aceptar un proyecto las ganancias deberán ser mayores que los desembolsos, lo cual dará por resultado que el VPN sea mayor que cero.

Si el resultado es un VPN mayor a cero, sin importar cuánto supere a cero ese valor, esto sólo implica una ganancia extra después de ganar la tasa de descuento aplicada a lo largo del período considerado. Eso explica la gran importancia que tiene de seleccionar una tasa de descuento adecuada.

De lo anterior tenemos que los pasos para calcular el VPN son:

1. Cálculo de los ingresos o beneficios generados por el proyecto o la alternativa para cada año (I_t)
2. Cálculo de los egresos generados por el proyecto para cada año (E_t)
3. Estimación de los flujos netos de efectivo - $FNE_t = (I_t - E_t)$, para cada año t .
4. Se elige la tasa de descuento (i) a utilizar; algunos evaluadores toman como referencia la tasa de interés de mercado actual, que indica cuanto rentaría el dinero que se invierte en el proyecto, colocado en un banco, bien sea en un título o en una cuenta de ahorro. Como se afirmó el modelo trabajará con el 9%.
5. Se aplica la siguiente fórmula, para el período de n años:

$$VPN = \frac{I_0}{(1+i)^0} + \sum_{t=1}^n \frac{FNE_t}{(1+i)^t} + (FNE_n + Vs)$$

Donde:

VPN : Valor presente neto

FNE : Flujo neto de efectivo

I_0 : Inversión inicial

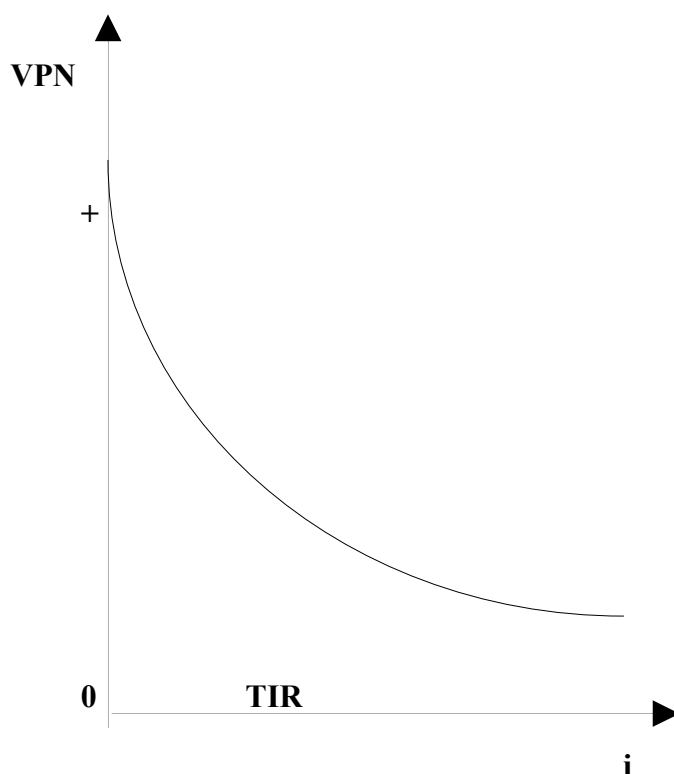
V_s : Valor de salvamento

t : Tiempo (año) desde 0, 1,2.....n

n : Para el modelo se trabajará con 30 años equivalentes al horizonte del proyecto.

Como se observa en la fórmula, el valor del VPN, es inversamente proporcional al valor de la “ i ” aplicada, de modo que como la “ i ” aplicada es la tasa de descuento, si se pide un gran rendimiento a la inversión (es decir, si la tasa mínima aceptable es muy alta), el VPN puede volverse fácilmente negativo, y en ese caso se rechazaría el proyecto.

Para calcular la tasa máxima de rendimiento del proyecto, se hace el VPN igual a cero y se despeja i . Esta tasa de descuento se conoce como TIR, tasa interna de retorno. El Gráfico siguiente presenta esa lógica.



6.2. ANEXO 2 ANÁLISIS COMPLEMENTARIOS A LA VALORACIÓN ECONÓMICA

i. Valoración Sociocultural

La valoración sociocultural es un criterio que representa otra forma de valorar las alternativas para el control de inundaciones en el corredor de conservación del río Cauca. Este criterio se basa en la implementación de diferentes metodologías que permitan captar la información relacionada con la percepción y conocimiento que tienen las personas y las comunidades frente a un bien o una problemática en particular. Esto convierte a la valoración sociocultural en un mecanismo participativo a través del cual pueden identificarse los diferentes factores del entorno de las personas que son más relevantes para ellos. De igual manera, esta valoración complementa y ayuda a explicar los resultados de otros criterios de valoración (como el económico), brindando unas bases más sólidas para la toma de decisiones.

Existen diversas metodologías y herramientas para la recolección y procesamiento de la información en la valoración sociocultural, no obstante, la presente guía se centrará en una metodología en particular. Se planteará aquí un esquema metodológico basado en la participación de los actores sociales, el cual, estructura, mide, sintetice y jerarquice las preferencias de estos actores y además integre aspectos cualitativos y cuantitativos en un único proceso de decisión. El esquema aquí planteado consta de dos etapas: 1. Presentación del proyecto a la comunidad, y 2. La toma de decisiones participativa. Estas etapas serán analizadas a continuación.

Etapas 1: Presentación del proyecto a la comunidad

En este paso, el analista deberá realizar un primer acercamiento a la comunidad a través de las personas representativas en los procesos participativos de la zona (por ejemplo, líderes comunitarios), con el fin de socializar el proyecto y vincular activamente a la comunidad misma. Para esto, el analista implementará diferentes herramientas con estos personajes clave (ver Tabla 1), con el fin de obtener información preliminar que le permita responder a preguntas como: *¿Cuál es la dependencia de la comunidad con ese territorio?, ¿Cuáles son los modos de vida de esa comunidad?, ¿Cómo ellos relacionan la existencia de una alternativa para el control de inundaciones con su bienestar?, ¿Qué tan importante es para ellos conservar las características paisajísticas de la zona?, ¿Consideran las personas importante la conservación y/o preservación de los recursos naturales?, ¿Qué importancia tiene el río Cauca para ellos?*

De esta manera, este acercamiento inicial le permitirá al analista realizar un reconocimiento de las problemáticas locales, identificar las posibles variables culturales que pueden ser afectadas por las alternativas, y hacer un reconocimiento de las estructuras participativas de la comunidad. Dicha información le será muy útil en el desarrollo de actividades participativas posteriores, en las cuales la comunidad y líderes

comunitarios deberán estar presentes. Se sugiere al analista que antes de convocar a estas actividades con la comunidad, realice pruebas piloto que le permitan ajustar su plan de trabajo para que de esta manera, logre recolectar información de mejor calidad.

A continuación se expone una síntesis de las metodologías comúnmente utilizadas en las investigaciones sociales. La Tabla 1 muestra los métodos de recolección de información, el tipo de información que se extrae de cada uno de ellos (información cualitativa o cuantitativa), y sus aportes y limitaciones.

Tabla 1. Metodologías para la recolección de información en la valoración sociocultural

<i>Método</i>	<i>Tipología</i>	<i>Descripción</i>	<i>Limitaciones</i>
Observación directa	Información cualitativa	Comprende el registro minucioso y sistemático de los fenómenos observables en su contexto real.	Requiere de alta disponibilidad de tiempo por parte del analista. En ocasiones requiere de realizar más de un registro de los cambios
Entrevista informal conversacional	Información cualitativa	Se realiza una serie de preguntas sin guía, con el fin de no obtener información sistemática sino captar los diferentes matices de cada entrevistado.	Si no se tiene claridad sobre el tema a abordar, puede no obtenerse información sustancial para la investigación.
Entrevista semiestructurada	Información cualitativa	El entrevistador dispone de un guión, con las temáticas que deben abordarse con los entrevistados. No requiere seguir una secuencia en las preguntas.	Desconocimiento de la variabilidad de algunos fenómenos
Entrevista con grupos focales	Información cualitativa	Es la versión grupal de las entrevistas semiestructuradas. Es un proceso participativo en el que los actores representativos de una problemática están involucrados.	El entrevistador tiene menos control en la entrevista. También puede resultar difícil reunir a las personas. A menudo requiere de dar incentivos a los participantes.
Encuestas	Información cuantitativa	Hace uso de cuestionarios previamente diseñados para recaudar la información de interés. Se ejecuta el mismo cuestionario a todos los entrevistados	Se requiere una muestra significativa para que los resultados sean confiables
Información secundaria	Información cualitativa y cuantitativa	Uso de documentos locales u otras investigaciones sobre la zona de estudio, con el fin de complementar y contrastar la información suministrada en entrevistas y encuestas.	En ocasiones estos documentos son realizados por las mismas personas entrevistadas, dificultando la triangulación de la información

Fuente: Von Humboldt (s.f.). Elaboración propia, con base en Von.

Etapa 2: Toma de decisiones participativa

Esta etapa consiste en la elección de la alternativa para el control de inundaciones que según la comunidad, resulte más viable en términos culturales. Para cumplir con este objetivo, el analista deberá socializar con la comunidad y los diferentes líderes comunitarios de manera que el primero cumpla el rol de moderador de las ideas de los diferentes actores sociales y estos últimos sean quienes realicen la elección de la alternativa. Este proceso, también conocido como talleres, deberá desarrollarse a través de los siguientes pasos:

- a) En primer lugar, el analista (o moderador) deberá exponer al grupo las problemáticas que identificó a través de las visitas a la comunidad y las diferentes entrevistas y encuestas realizadas a los líderes comunitarios. El analista deberá además, mostrar aquellas variables culturales identificadas, susceptibles a cambios bajo la implementación de diferentes alternativas para el control de inundaciones.
- b) Seguidamente, se deberá invitar a los participantes a realizar una lluvia de ideas relacionadas con las variables culturales que ellos consideran, serán afectadas por las diferentes alternativas planteadas. La idea central de este punto es recoger la percepción de los participantes frente a la problemática a tratar. Esta lluvia de ideas es una sugerencia ya que existen diferentes herramientas a través de las cuales puede obtenerse la opinión de los participantes (Ver Candelo et al., 2003).
- c) Como tercer paso, se deben discutir las ideas planteadas por los participantes, en términos de qué tan factibles son éstas. En este paso se descartarán ideas hasta llegar a un grupo de 3 o 4, las cuales conformarán el grupo final de variables a analizar.
- d) Una vez seleccionado el grupo final de variables culturales, estas serán discutidas a través de una matriz de análisis. Esta matriz estará construida con las variables culturales en las columnas (sentido vertical) y las alternativas planteadas para el control de inundaciones en las filas (sentido horizontal)(Ver Figura 1). El cruce de cada variable cultural con cada una de las alternativas da un nivel de relación que puede valorarse por la comunidad, con un número según el nivel de incidencia de las segundas sobre las primeras: por ejemplo, 1 si la alternativa es altamente incidente en la variable cultural, 2 si lo es medianamente y 3 si la incidencia es mínima. Deberán formarse grupos entre los participantes para que discutan y elaboren la matriz.

Figura 1. Ejemplo de matriz de análisis

Variables	Variable cultural 1	Variable cultural 2	Variable cultural 3
Alternativa 1			
Alternativa 2			
Alternativa 3			

Fuente: Elaboración propia

Nota: Esta tabla debe leerse siempre como la incidencia que una alternativa para el control de inundaciones sobre una variable cultural.

- e) Finalmente, se discuten todas las matrices. En este punto se elegirá la alternativa para el control de inundaciones que según la comunidad, tienen menor incidencia sobre su entorno cultural. La elección se basará en la frecuencia con la que esa alternativa fue considerada en las matrices como la de menor incidencia.

ii. Valoración ecológica

La valoración ecológica es el último de los criterios planteados en esta guía. A través de este criterio se buscan valorar los posibles cambios en el medio ambiente provocados por los diferentes mecanismos para el control de inundaciones. Alcanzar este objetivo tiene una limitación importante, y es el hecho que, la mayoría de los cambios sobre los recursos naturales no son identificables con anterioridad a la ejecución de las alternativas y para ser observados requieren de un seguimiento continuo una vez implementada la medida; es decir, que para determinar con exactitud los impactos medioambientales de una alternativa para el control de inundaciones, se requiere de implementar ésta y hacer análisis antes, durante y después de su ejecución.

No obstante, se propondrá una metodología que permita a partir de las condiciones actuales y experiencias pasadas, determinar cuál de las alternativas para el control de inundaciones produce menos impactos negativos sobre el medio ambiente. Debe aclararse de ante mano, que el analista deberá trabajar en conjunto con un equipo de expertos conocedores de la zona y del manejo de los recursos naturales. La propuesta metodológica consta de dos grandes momentos: la identificación de la oferta ambiental y la identificación de factores relevantes. El primero de ellos consiste en la caracterización del corredor de conservación en términos de los bienes ambientales disponibles actualmente, y el segundo, corresponde a la identificación de especies

importantes para el ecosistema a través de las cuales determinar la viabilidad de las alternativas para el control de inundaciones en la región.

Una manera de sintetizar la metodología propuesta para la valoración ecológica se encuentra en la Tabla 2. Allí se desagregan algunas de las actividades que el equipo de trabajo deberá desarrollar en cada momento de dicha valoración. Por ejemplo, durante la identificación de la oferta ambiental será necesario realizar el inventario de animales, plantas y tipos de hábitat, con su respectiva caracterización (tamaños, estructura, etc). Posteriormente, en la identificación de los factores relevantes deben identificarse cuestiones como las especies focales para el ecosistema, el significado de sus posibles cambios, los causantes de esos cambios y finalmente el monitoreo de los mismos.

Tabla 2. Síntesis del proceso de valoración ecológica

<i>Momentos de la Valo. Ecoló.</i>	<i>Identificación de la oferta ambiental</i>	<i>Identificación de factores relevantes</i>
Propósito general	Realización de un inventario base	Detención de los cambios
Recolección de la información y tipo de datos	1. Inventario de animales, plantas y tipos de hábitat actuales	1. Observación de especies importantes y focales
	2. Datos de tamaño, estructura y función de las especies	2. Determinación de cambios en las características ecológicas.
	3. Abundancia, patrones y áreas de distribución	3. Efectos de una actividad o perturbación en hábitat/especies/comunidades: pérdida de diversidad, índices bióticos, índices de hábitat, etc.
	4. Datos de calidad del agua	
	5. Determinación del tipo de especies: amenazadas, en peligro, endémicas, migratorias, exóticas invasoras, simbioses, depredadoras, presas, etc.	4. Monitoreo de impactos

Fuente:CDB (2010). Elaboración propia

Identificación de la oferta ambiental

La idea central es analizar las condiciones ambientales a lo largo del corredor de conservación del río Cauca. Si bien, las medidas para el control de inundaciones generan una evidente mejora en el bienestar de las comunidades y los agricultores en términos de la reducción de las probabilidades de ser afectado por una inundación y vivenciar sus impactos negativos, éstas medidas a su vez generan impactos sobre la dinámica de los ecosistemas. Impactos que en el mediano y largo plazo pueden generar efectos en cadena y llegar a ser negativos para el ambiente o por el contrario, muy benéficos.

En esta perspectiva, resulta necesario realizar un análisis detallado de las condiciones actuales del corredor de conservación del río Cauca, previo a la elección de la medida para el control de inundaciones a ejecutar. Así, el analista y el grupo de expertos deberán de forma paralela desarrollar las siguientes actividades:

- Determinar la estructura actual del ecosistema en la zona de estudio. Esto consiste básicamente en la caracterización de plantas y animales existentes.
- Dado que en la actualidad existe una medida para el control de inundaciones en el corredor de conservación, el analista deberá remitirse a información secundaria (o primaria si se cuenta con ella) para analizar la situación del ecosistema antes de la ejecución de la alternativa y posterior a ella. Esto con el propósito de identificar posibles cambios atribuibles a la alternativa vigente para el control de inundaciones que puedan servir de apoyo en el análisis.

Identificación de factores relevantes

- De acuerdo a la caracterización y reconocimiento de la zona, el equipo de trabajo deberá identificar aquellas especies más importantes para la dinámica del ecosistema en estudio y además, identificar cuáles de ellas podrían llegar a ser afectadas con la implementación de las alternativas para el control de inundaciones. Una vez identificadas, se deberán ejecutar herramientas que le permitan al equipo estimar el grado de incidencia de las alternativas sobre estas especies. En este orden de ideas, la alternativa que menor incidencia tenga sobre las especies más relevantes para el ecosistema (también llamadas bioindicadores), corresponderá a la alternativa ecológicamente viable.
- Debido a que el análisis de la incidencia de la alternativa sobre las especies del ecosistema corresponde a un análisis anterior a la ejecución de la alternativa, se recomienda al analista y el equipo de expertos que una vez ejecutada ésta, realicen un seguimiento y monitoreo a las especies identificadas como las más importantes dado que estas últimas actúan como bioindicadores. Es decir, son especies cuya ausencia o presencia en el ecosistema determina (entre otras cosas) la calidad del mismo; un ejemplo de estas especies son las cadenas y redes tróficas. De esta manera, pueden tomarse medidas tempranas ante impactos negativos (no previsto antes de la ejecución de la alternativa) que puedan presentarse posteriormente a la ejecución de la alternativa.