

Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia:

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

2016



DNP Departamento
Nacional
de Planeación



**TODOS POR UN
NUEVO PAÍS**
PAZ EQUIDAD EDUCACIÓN



BID

IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN COLOMBIA

ANÁLISIS COSTO- BENEFICIO DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

Fabiola Suárez, Ángela Duque, Margarita Pava, Sandra Estupiñán, Silvia Calderón, Germán Romero, Daniel A. Ordóñez, Andrés Álvarez, Leonardo Sánchez-Aragón, Carlos E. Ludeña



DNP Departamento
Nacional
de Planeación





Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia

Catalogación en la fuente proporcionada por la Biblioteca Felipe Herrera del Banco Interamericano de Desarrollo

Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia: Análisis Costo-Beneficio de Medidas de Adaptación / Fabiola Suárez, Ángela Duque, Margarita Pava, Sandra Estupiñán, Silvia Calderón, Germán Romero, Daniel A. Ordóñez, Andrés Álvarez, Leonardo Sánchez-Aragón, Carlos E. Ludeña.

p. cm. — (Monografía del BID; 261)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Economic impact analysis—Colombia. 2. Climatic changes—Colombia. 3. Economic development—Environmental aspects—Colombia. 4. Sustainable development—Colombia. I. Suárez, Fabiola. II. Duque, Ángela. III. Pava, Margarita. IV. Estupiñán, Sandra. V. Calderón, Silvia. VI. Romero, Germán. VII. Ordóñez, Daniel A. VIII. Álvarez, Andrés. IX. Sánchez-Aragón, Leonardo. X. Ludeña, Carlos E. XI. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Cambio Climático y Sostenibilidad. XII. Series.

IDB-MG-261

Clasificación JEL: Q54, Q50, Q58, O54

Palabras clave: cambio climático, adaptación, vulnerabilidad, costo-beneficio, Colombia

Este documento es uno de los análisis sectoriales que conforman la serie "Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia" del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), desarrollado en conjunto con el Departamento Nacional de Planeación (DNP), en el marco del Estudio Regional de la Economía del Cambio Climático (ERECC) en América Latina y el Caribe, coordinado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

El presente documento fue preparado por Fabiola Suárez, Ángela Duque, Margarita Pava y Sandra Estupiñán (Corporación Ambiental Empresarial, CAEM), bajo la coordinación de Silvia Calderón, Germán Romero, Daniel A. Ordóñez y Andrés Álvarez, Departamento Nacional de Planeación (DNP) y Carlos Ludeña y Leonardo Sánchez-Aragón (BID), y los aportes de Carlos de Miguel, Karina Martínez y Mauricio Pereira (CEPAL). Se agradece a Alexander Martínez por el material fotográfico aportado y a Leidy Riveros (DNP) por los comentarios al documento.

<http://www.iadb.org>

Citar como:

Suárez, F., Á. Duque, M. Pava, S. Estupiñán, S. Calderón, G. Romero, D. A. Ordóñez, A. Álvarez, L. Sánchez-Aragón y C. E. Ludeña. 2016. Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia: Análisis Costo-Beneficio de Medidas de Adaptación. Banco Interamericano de Desarrollo, Monografía No. 261, Washington D.C.

Copyright © 2016 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra está bajo una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

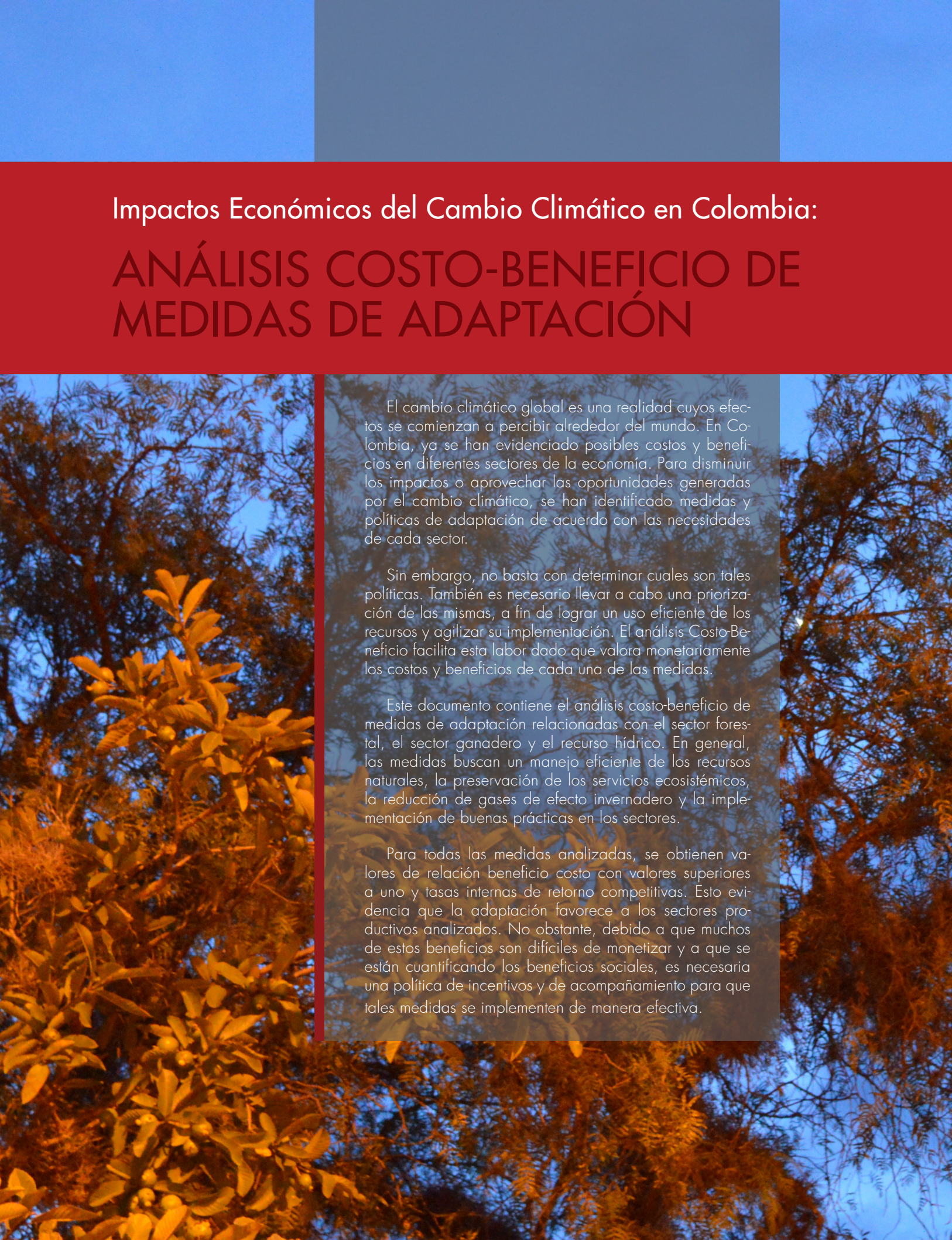
Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



Contenido

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

1.	INTRODUCCIÓN	6
2.	SELECCIÓN DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN	7
2.1.	Recurso hídrico	7
2.2.	Sector ganadero	9
2.3.	Sector forestal	10
3.	ENFOQUE TÉCNICO Y DESARROLLO METODOLÓGICO	10
4.	RESULTADOS	12
4.1.	Recurso hídrico	12
4.1.1	Establecer prácticas para el manejo del agua al interior de los predios en la cuenca del Guavio	12
4.1.2.	Implementar herramientas de manejo del paisaje, para reducir la presión sobre las rondas de los principales cuerpos de agua	16
4.2.	Sector ganadero	20
4.2.1.	Intensificar la producción de pasturas mediante la implementación y el manejo adecuado de pastos mejorados y ganado	20
4.2.2.	Implementar sistemas de almacenamiento de agua y riego	23
4.3.	Sector forestal	26
4.3.1.	Plataformas de información de clima y seguimiento al crecimiento de las plantaciones	26
4.3.2.	Desarrollo de sistemas dendroenergéticos, mediante el establecimiento de bancos leñeros y la instalación de estufas de estufas eficientes de leña	30
5.	CONCLUSIONES	34
	BIBLIOGRAFÍA	36
	ANEXO I: Parámetros y variables usadas para el ACB	40
	ANEXO II: Análisis de sensibilidad de los resultados	43

The background of the entire page is a photograph of a dense forest. The trees are mostly evergreens, with some deciduous trees showing yellow and orange leaves, suggesting an autumn setting. The sky is visible through the canopy, appearing as a clear blue. A solid red horizontal bar spans the top of the page, serving as a header for the title.

Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia:

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

El cambio climático global es una realidad cuyos efectos se comienzan a percibir alrededor del mundo. En Colombia, ya se han evidenciado posibles costos y beneficios en diferentes sectores de la economía. Para disminuir los impactos o aprovechar las oportunidades generadas por el cambio climático, se han identificado medidas y políticas de adaptación de acuerdo con las necesidades de cada sector.

Sin embargo, no basta con determinar cuales son tales políticas. También es necesario llevar a cabo una priorización de las mismas, a fin de lograr un uso eficiente de los recursos y agilizar su implementación. El análisis Costo-Beneficio facilita esta labor dado que valora monetariamente los costos y beneficios de cada una de las medidas.

Este documento contiene el análisis costo-beneficio de medidas de adaptación relacionadas con el sector forestal, el sector ganadero y el recurso hídrico. En general, las medidas buscan un manejo eficiente de los recursos naturales, la preservación de los servicios ecosistémicos, la reducción de gases de efecto invernadero y la implementación de buenas prácticas en los sectores.

Para todas las medidas analizadas, se obtienen valores de relación beneficio costo con valores superiores a uno y tasas internas de retorno competitivas. Esto evidencia que la adaptación favorece a los sectores productivos analizados. No obstante, debido a que muchos de estos beneficios son difíciles de monetizar y a que se están cuantificando los beneficios sociales, es necesaria una política de incentivos y de acompañamiento para que tales medidas se implementen de manera efectiva.



1

Introducción

Existe un consenso científico de que el cambio climático global es una realidad que se está percibiendo en el presente y que continuará afectando al planeta en el futuro. En el caso de Colombia, se han identificado posibles costos y beneficios asociados a este fenómeno en diferentes sectores de la economía.

Considerando lo anterior, el país ha venido realizando acciones que buscan identificar los efectos potenciales del cambio climático, teniendo en cuenta la alta vulnerabilidad de Colombia frente a este fenómeno. Del mismo modo, se han evaluado iniciativas de adaptación de los sectores económicos y de la población ante estos efectos, así como aquellas que buscan la mitigación de sus causas.

En el marco del Estudio de Impactos Económicos del Cambio Climático (EIECC), se estimaron, por ejemplo, relaciones entre variables hidroclimáticas y variables de productividad sectorial y, con base en modelos empíricos y conceptuales, se generaron proyecciones de los impactos económicos del cambio climático. Estos estudios abordaron los sectores de agricultura (BID-CEPAL-DNP, 2014), ganadería (Tapasco et al., 2015b), silvicultura (Riaño et al., 2015), pesca (Herrera et al., 2015) y transporte (Gordillo et al., 2014), además de que se realizaron estudios en especies nativas de biocomercio (Tapasco et al., 2015a) y recurso hídrico (Tapasco et al., 2015c).

Con base en los resultados, se identificaron medidas y políticas de adaptación para disminuir los efectos negativos o aprovechar las oportunidades generadas por el cambio climático. Adicionalmente, los impactos estimados fueron incluidos, para algunos de los sectores estudiados, en el Modelo de Equilibrio General Computable para Colombia (ME-G4C) que implementa la Subdirección de Desarrollo Ambiental Sostenible (SDAS) del DNP, para cuantificar el impacto agregado del cambio climático en la economía del país.

Con el propósito de dar continuidad a las evaluaciones relacionadas con la economía del cambio climático y los impactos sociales del mismo, se evidencia la necesidad de contar con técnicas para priorizar medidas de adaptación al cambio climático que se han identificado. El Análisis Costo-Beneficio (ACB) es una de estas técnicas, ya que cuantifica la contribución o costo que una política de adaptación le haría al bienestar social y ambiental de los colombianos. Este documento contiene el ACB de medidas de adaptación, identificadas con base en los resultados de los estudios sectoriales mencionados previamente.

La metodología de ACB es una herramienta planteada desde la economía del bienestar, la cual centra sus fundamentos teóricos en la necesidad de medir el bienestar de los consumidores y productores de una sociedad, proporciona criterios necesarios para hacer las mejores elecciones a nivel de política social y brinda insumos a los tomadores de decisión para que en las regiones del país se implementen acciones de adaptación, en torno a disminuir la vulnerabilidad asociada al cambio climático.

2

Selección de las medidas de adaptación

El documento “Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia - Síntesis” (BID-CEPAL-DNP, 2014) realiza una evaluación sobre las consecuencias, en el nivel económico y territorial, que el cambio climático puede tener en varios sectores productivos del país, relevantes para las economías locales dependientes de la oferta climática. Además, la publicación identifica medidas de adaptación por sector, que reducen la vulnerabilidad del país y propician procesos de desarrollo sinérgicos con la gestión ambiental y territorial.

En particular, el capítulo 6 del documento presenta un listado extenso de medidas, incluyendo algunas específicas por región y por sector, a partir del cual, se procedió a seleccionar las medidas sobre las cuales se va a realizar el ACB. Para esto, se identificó la relación de cada una de ellas con la vulnerabilidad y los beneficios adaptativos; se determinaron acciones específicas dentro de propuestas de medidas más generales, como aquellas incluidas en planes de ordenamiento o políticas sectoriales; se agruparon aquellas medidas similares propuestas para diferentes sectores (por ejemplo, la implementación de buenas prácticas en el manejo del agua es común al sector ganadero, agrícola y forestal) y, finalmente, se identificó la disponibilidad de la información necesaria para realizar un análisis económico.

Teniendo en cuenta lo anterior, fueron seleccionadas seis medidas relacionadas con recurso hídrico, ganadería y silvicultura. Los sectores estudiados en BID-CEPAL-DNP (2014), relacionados con especies nativas, biocomercio y pesca, fueron excluidos del presente análisis. Lo anterior se debió, por un lado, a que algunas de las propuestas en biocomercio eran similares a ciertas medidas que fueron sugeridas para el sector forestal. Por otra parte, la falta de información para la monetización de costos y beneficios en el sector pesquero impidió abordar su estudio.

Las medidas de adaptación al cambio climático relacionadas con el recurso hídrico se enfocan en la regulación y uso eficiente del recurso, en la conservación de las zonas de recarga hídrica y en la reducción del estrés hídrico. La orientación de las acciones de adaptación para los sectores ganadero y forestal se relaciona con la implementación de prácticas que fortalezcan la productividad de los sectores, que brinden otras alternativas productivas y a su vez protejan los ecosistemas naturales. A continuación, se especifican las medidas seleccionadas en cada uno de los sectores.

2.1. Recurso hídrico

Establecer prácticas para el manejo del agua al interior de los predios en la cuenca del Río Guavio

La parte alta del costado occidental de la cuenca del río Guavio es una zona de gran importancia en rendimiento y regulación hídrica. Muchos de estos predios son propiedad privada, donde se realizan actividades productivas, lo que puede inducir externalidades que afecten el servicio hidrológico en el largo plazo. Otra amenaza significativa para la



cuenca, que podría exacerbarse con el cambio climático, es la ocurrencia y severidad de los incendios forestales (CIAT, 2013). A pesar de ello, los análisis muestran que una disminución del rendimiento hídrico y cambio en la temperatura podrían favorecer la aptitud climática para cultivos de clima frío.

En este sentido, la revegetalización y el cerramiento de las fuentes de agua son alternativas que logran la restauración ecológica de rondas y nacimientos y que permiten la creación de corredores biológicos de conectividad. Estas medidas, además de proteger los cauces de las corrientes hídricas y mantener la conectividad de los ecosistemas, contribuyen a la reducción de la vulnerabilidad de los sistemas productivos.

Otros beneficios relacionados con estas acciones de adaptación al cambio climático considerados en el EIECC son: i) La promoción del ahorro y el uso eficiente del recurso hídrico. ii) La disminución de la erosión laminar en surcos, cárcavas y movimientos de remoción en masa. iii) El aumento de la capacidad de retención de agua en el suelo. iv) El mejoramiento en la cantidad, calidad y disponibilidad del recurso hídrico en la zona intervenida (Tapasco et al., 2015c).

Implementar herramientas de manejo del paisaje, para reducir la presión sobre las rondas de los principales cuerpos de agua aportantes al Embalse del Guavio

A pesar de que actualmente la ganadería en la región no es intensiva, las altas pendientes, suelos jóvenes, altas precipitaciones y un manejo inadecuado de las pasturas han convertido a estas zonas en áreas altamente susceptibles a procesos erosivos (CIAT, 2013). Tales procesos inciden en la vulnerabilidad tanto de los ecosistemas como de las personas y su economía, ya que aumenta la probabilidad de desertificación en la zona y de disminución de oferta hídrica.

En general, las herramientas de manejo del paisaje favorecen el mantenimiento de los servicios ecosistémicos, debido a que: i) mantienen la fertilidad del suelo mediante el aporte de material orgánico al suelo; ii) reducen la erosión; iii) fijan el nitrógeno y reciclan nutrientes; iv) conservan la calidad y cantidad de agua al favorecer la infiltración y reducir la escorrentía superficial; v) fijan el CO₂ y vi) conservan la biodiversidad en paisajes fragmentados (IDEAM, 2011).

Del mismo modo, algunas herramientas de manejo del paisaje, tales como los sistemas silvopastoriles y agroforestales, proveen hábitat y recursos para especies de plantas y animales, debido a que mantienen la conectividad en el paisaje y reducen los procesos de fragmentación, facilitando el movimiento de animales, semillas y polen. Esto permite disminuir los efectos de bordes en los fragmentos forestales remanentes y amortiguar áreas protegidas.

En este sentido, algunos de los beneficios que se obtendrían con esta medida se relacionan con la reducción de la presión sobre las rondas de los principales cuerpos de agua aportantes al embalse y sobre la ronda misma. Estos beneficios serían relevantes para áreas identificadas como prioritarias para la conservación y provisión de bienes y servicios

ambientales, así como para la disminución de los niveles de sedimentación del embalse por factores antrópicos (Tapasco et al., 2015c).

2.2. Sector ganadero

Intensificar la producción de pasturas mediante la implementación y el manejo adecuado de pastos mejorados y ganado.

Con base en los análisis llevados a cabo por el EIECC (BID-CEPAL-DNP, 2014), el cambio climático influirá sustancialmente en la producción de carne y leche en el país, debido principalmente a la disminución de la precipitación y al aumento de la temperatura máxima que se podría llegar a alcanzar en algunas décadas. Se espera que los cambios en productividad de carne y leche en el periodo 2011-2100 sean en promedio de -1,6% a nivel nacional, siendo más crítico para los departamentos de Nariño (-18,5%), Casanare (-6,0%) y Córdoba (-5,4%).

Dentro de las circunstancias que pueden llegar a potencializar el efecto negativo del cambio climático sobre este sector están: i) la baja inversión de capital para la adecuación de suelos y el mejoramiento genético de los animales; ii) la escasa generación de empleo y iii) el poco valor agregado de los productos. Por lo tanto, para disminuir la vulnerabilidad de este sector se requiere la implementación de un plan de intensificación a nivel de finca, con un manejo técnico adecuado de las condiciones edáficas y una utilización de pastos mejorados tolerantes a las características de los suelos y a las condiciones climáticas (BID-CEPAL-DNP, 2014). Estas medidas generan beneficios pues contrarrestan los cambios en el uso del suelo e incrementan la productividad en la cadena cárnica y lechera (Tapasco et al., 2015b).

Implementar sistemas de almacenamiento de agua y riego, incluyendo sistemas de potabilización de agua para el ganado

Muchos de los departamentos con vocación ganadera en el país presentan limitaciones en la producción de pasturas. Esto se debe principalmente a la poca profundidad efectiva del suelo, la escasez de lluvias, la susceptibilidad a la erosión, la presencia de gravilla y de piedra, la susceptibilidad a los encharcamientos, el alto nivel freático, los grandes contenidos de aluminio y la baja fertilidad.

Lo anterior podría agudizarse con cambios de temperatura y precipitación, las cuales son variables determinantes para la producción total de materia seca y en la calidad de diferentes tipos de pasturas y forrajes, lo que a su vez podría influir sobre la producción de carne y leche. Olas de calor pueden, por ejemplo, provocar estrés calórico en los animales y afectar la producción y la calidad de los productos ganaderos (Tapasco et al., 2015b).

Para contrarrestar esta situación, es recomendable contar con sistemas de almacenamiento de agua y riego en épocas secas. Esta medida mejora la producción de pasturas y reduce el estrés de los animales por las altas temperaturas. Se ha probado además que con los sistemas de potabilización de agua, el ganado bebe más, mejorando así su productividad.



2.3. Sector forestal

Plataformas de información de clima, suelos y seguimiento al crecimiento de las plantaciones.

Los resultados de las simulaciones de cambio en la productividad forestal, en escenarios contrastantes de cambio climático, muestran que las plantaciones forestales se enfrentan a variaciones que representan en algunos casos ganancias en la productividad con impactos positivos sobre la actividad económica. No obstante, algunas especies pueden verse afectadas negativamente por los efectos de ocurrencia de sequía o aumento en las precipitaciones, disminuyendo su crecimiento y productividad forestal.

Al implementar plataformas de información sobre el clima, los suelos y el seguimiento al crecimiento de las plantaciones se obtienen beneficios tales como: el aumento en la productividad (ya que disminuyen los turnos forestales que propician un mejor uso de la tierra y una mayor eficiencia en la inversión y en el retorno de la misma) y el incremento en los servicios ecosistémicos asociados con la implementación de áreas cultivadas en bosques productivos mejor manejados (Riaño et al., 2015).

Incentivar el desarrollo de sistemas dendroenergéticos.

Se estima que Colombia tiene una de las mayores tasas de deforestación de bosque tropical húmedo en el mundo. Si bien la leña es uno de los principales combustibles utilizados para la cocción de alimentos en el sector rural, ésta genera impactos negativos sobre los ecosistemas y la salud humana. El primero se ve afectado por el uso sin control de este recurso; el segundo por el humo producto de la combustión de la leña.

En consecuencia, una medida que incentive el desarrollo de sistemas forestales (a pequeña escala) de material dendroenergético e incluya el cambio de tecnologías con estufas de combustión más eficiente, permitirá disminuir la vulnerabilidad de las personas en aspectos de salud, seguridad y en términos económicos. De igual forma, se espera disminuir la presión sobre los bosques naturales y generará opciones para el desarrollo de alternativas económicas en las zonas rurales (Riaño et al., 2015).

3

Enfoque técnico y desarrollo metodológico

En las evaluaciones financieras, el ACB es utilizado para identificar los proyectos con la mayor rentabilidad posible. Sin embargo, en el caso de las evaluaciones sociales, este tipo de análisis se lleva a cabo para medir el grado de bienestar que genera una iniciativa sobre los agentes de una sociedad, teniendo en cuenta los costos de oportunidad entendidos como el beneficio sacrificado en el mejor uso alternativo de los recursos. En la economía del cambio climático, el ACB se utiliza para determinar los beneficios y los costos que pueden traer las medidas propuestas en el marco de acciones de política nacionales.

La divergencia entre los óptimos privados y los óptimos sociales es el desafío al que se enfrentan los diseñadores de políticas ambientales. Mediante la aplicación de técnicas de valoración económica y de análisis relacionados con indicadores económicos, es posible obtener información relacionada con el valor económico de las medidas de adaptación al cambio climático. En tal sentido pueden compararse los beneficios derivados de una actividad relacionada con medidas de adaptación al cambio climático, frente a los costos que representan el desarrollo de dichas actividades.

Para obtener los indicadores del ACB se determinan los beneficios y los costos que la acción o medida genera sobre los beneficiarios en particular y sobre la sociedad en su conjunto, tomando como referencia la economía nacional. Como resultado se obtienen indicadores tales como el valor presente neto (VPN) del proyecto y la relación beneficio-costos (RBC), los cuales están sujetos a la tasa social de descuento (TSD). Además, se calcula la tasa interna de retorno (TIR). Esta metodología presenta dos desafíos:

Análisis de eficiencia: Es el planteamiento que busca asignar los recursos de tal manera que se logre el máximo beneficio posible para la sociedad. Cuando la sociedad logra un estado óptimo con los recursos existentes, evidencia que los agentes no pueden mejorar su bienestar sin empeorar el de otro.

Análisis de equidad: Este análisis tiene como objetivo destinar los recursos de forma tal que los ingresos y riquezas se distribuyan de forma justa.

Para la aplicación de esta herramienta deben surtir las siguientes etapas:

Identificación de las alternativas relevantes: El ACB sirve para establecer la conveniencia de una alternativa frente a otras. Inclusive, en el caso de que aparentemente la alternativa analizada sea la única, aún queda la posibilidad de compararla frente a la opción de no hacer nada (Castiblanco, 2008). Esta etapa se realizó en BID-CEPAL-DNP (2014), documento del cual se tomaron las medidas analizadas en este trabajo.

Diseño de escenarios de referencia: Esta etapa supone simular lo que ocurriría si ninguna de las alternativas se desarrolla. En este trabajo, se consideran escenarios de referencia, el caso en que no existen alternativas implementadas para el proyecto o, una situación en la que los servicios ecosistémicos considerados no existen naturalmente o se han degradado.

Identificación de los costos y beneficios: En el caso del ACB social el análisis se realiza con base en costos de oportunidad y en valoraciones sociales hechas en la literatura sobre beneficios sociales tales como los servicios ecosistémicos.

Valoración de los costos y beneficios: Una vez identificados los costos y beneficios, se monetizan de forma tal que permita su comparación.

Criterios de selección: Indicadores tales como el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Relación Beneficio Costo (RBC), ampliamente explicados en la literatura, sirven para comparar la rentabilidad social de los proyectos.



Los valores de los costos o beneficios pueden ser difíciles de calcular cuando no existen precios de mercado que reflejen el valor de un bien o servicio, como en el caso del apoyo a procesos de coordinación para el manejo de emergencias asociadas a riesgos climáticos. Sin embargo, la idea es estimar un valor de mercado que represente el costo o beneficio. La estimación de los costos de las medidas de adaptación debe permitir cuantificar en términos económicos en VPN tanto de los costos asociados a la implementación de las medidas como de los beneficios. La evaluación privada toma como referencia precios de mercado, mientras que la evaluación social utiliza precios sombra o sociales. Cuando no existe precio de mercado los métodos principales para estimarlos están basados en la disposición de pago del consumidor, o en la provisión de aproximaciones de literatura o en conceptos de expertos de sistemas de información similares o relacionados.

Para los propósitos de este estudio, se recurre a la literatura para monetizar algunos de los costos y beneficios relevantes en el análisis. Para cada medida, se asume un periodo de ejecución del proyecto y una unidad espacial y se realiza la comparación entre costos y beneficios exclusivamente para este periodo. En algunos casos se toma un valor directamente de la literatura (i.e. el caso de los servicios ecosistémicos de una fracción de bosque nativo plantado); en otros casos, se toman diferentes factores de naturaleza biofísica y económica para construir la relación entre el proyecto y el beneficio ambiental, por ejemplo, la ecuación 1 muestra el cálculo realizado para valorar la remoción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en las medidas de adaptación del sector forestal.

$$R_{GEI} = TMS \times FCB \times BEF \times RB \times \frac{CO_2}{C} \times PC \times TC \quad (1)$$

Donde:

R_{GEI} Beneficio por remociones de Gases Efecto Invernadero

TMS Toneladas de materia seca/ha/año

FCB Fracción de carbono en la biomasa

BEF Conversión de biomasa del fuste a biomasa aérea

RB Relación entre la biomasa de raíces y la biomasa aérea

CO₂/C Relación molecular entre el CO₂ y el Carbono

PC Precio de la tonelada de CO₂

TC Tasa de cambio \$USD/\$COP

En algunos casos, los beneficios son entendidos como costos evitados. En la literatura sobre ACB se entiende que existe una simetría útil entre beneficios y costos: un beneficio no aprovechado es un costo, y un costo evitado es un beneficio (Dixon, 1994). Los costos evitados por la inclusión de la adaptación climática en los proyectos son beneficios de la inversión en reducción del riesgo. Algunos de los factores usados para estimar el valor de un servicio ecosistémico, llevan implícitamente consideraciones de costos evitados por destrucción de ecosistemas.

4 Resultados

4.1. Recurso hídrico

4.1.1. Establecer prácticas para el manejo del agua al interior de los predios en la cuenca del Guavio.

La medida evaluada consiste en la construcción de reservorios de tipo “excavados” con paredes recubiertas (geomembrana), donde gran parte del agua recolectada se encuentra por debajo del nivel del suelo. El llenado de este reservorio será únicamente con agua de escorrentía y agua lluvia (no se tiene contemplado el aprovechamiento de cuerpos de agua o cursos cercanos).

Estos reservorios proveerán de agua a las familias de las zonas rurales para satisfacer sus necesidades básicas y para las actividades agropecuarias desarrolladas en cada uno de los predios. Como complemento a esta medida se incluyó la instalación de redes de riego eficientes, tanto para producción agrícola como para pastos para la ganadería.

Adicionalmente, se prevé el cerramiento de las fuentes de agua y la revegetalización, garantizando que la calidad del recurso hídrico no se vea afectada por incorporación de material sólido a las fuentes de agua, y aportando beneficios relacionados con la regulación hídrica, mediante el incremento de la cobertura vegetal.

En este sentido, el objetivo general de esta medida es promover el uso eficiente del recurso hídrico en los predios privados, ubicados en la zona de regulación hídrica de la cuenca del río Guavio. Como objetivos específicos se definieron los siguientes:

- Construir reservorios para el almacenamiento y reutilización de aguas lluvias.
- Diseñar e instalar redes de riego, eficientes y adecuadas para satisfacer las necesidades del cultivo.
- Construir cerramientos para las fuentes de agua y revegetalización con especies nativas protectoras del recurso hídrico (Nacedero, Guadua y Sauce Ilorón, etc.).

Como horizonte de tiempo para la medida se consideran siete años, teniendo en cuenta que en este periodo será posible estimar los beneficios generados por la medida en términos de regulación y uso eficiente del recurso, con base en indicadores de seguimiento.

Los reservorios tendrían una capacidad de 1.300 m³ de agua, que atenderían las necesidades de 1,5 hectáreas (Galarza, 2011). La ubicación geográfica de esta medida se propone para los municipios del área de influencia de la jurisdicción de Corpoguavio, es decir: Gachalá, Gachetá, Gama, Ubala A, Ubalá B, Junín y Guasca.



El ACB se realizó con base en las variables y parámetros que se presentan en el anexo I. Inicialmente, el ejercicio consideró una tasa social de descuento del 12% anual y adicionalmente se utilizaron tasas de descuento de 4% y 10%.

De igual forma, tal y como se realiza para las medidas que incluyen valoración económica de servicios ecosistémicos, este ACB tuvo en cuenta los conceptos y cifras empleados en estudios de caso nacionales. No obstante, dada la incertidumbre asociada a algunas de las variables y parámetros, se ha llevado a cabo un análisis de sensibilidad que incluye una simulación de Montecarlo para desarrollar escenarios que muestran las variaciones de los resultados si se toman rangos de datos (anexo II).

La tabla 1 presenta los resultados de la valoración total de costos y beneficios de esta medida para el horizonte establecido, de acuerdo con los factores presentados en el anexo I.

Tabla 1. Costos y beneficios totales - Prácticas para el manejo del agua (COP\$)

Costos	\$COP	Beneficios	\$COP
Reservorio	3.595.342	Servicio ecosistémico - Prevención de erosión	9.126.968
Red de riego	623.193	Servicio ecosistémico - Agua	1.880.629
Reposición de equipo	479.379	Servicio ecosistémico - Recursos Genéticos	635.205
Asistencia Técnica	956.361	Ahorros por la demanda de agua	30.333
Operación y mantenimiento (año)	503.348	Remoción de Gases Efecto Invernadero	1.280.195
Cerramientos de fuentes de agua	910.000		
Revegetalización con especies nativas	2.195.973		
Total Costos	9.263.596	Total Beneficios	12.953.330

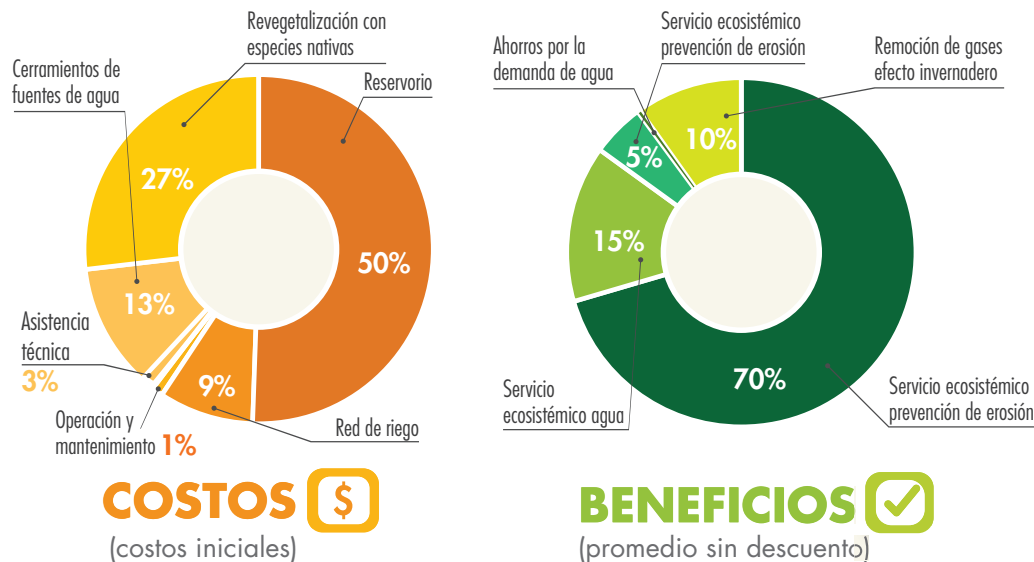
Fuente: Elaboración propia

En lo referente a la composición de los costos y beneficios asociados a la ejecución de actividades relacionadas con el manejo eficiente del agua en los predios, el mayor costo de inversión corresponde a la construcción del reservorio (que representa el 40,5% de los costos totales). El cerramiento de las fuentes de agua, que corresponde a los costos relacionados con la instalación de 1 km de cerca por predio, constituye el 10,3% y la revegetalización con especies nativas (establecimiento y mantenimiento de 1/10 hectárea) el 26,4% de los costos totales. El valor establecido para la asistencia técnica corresponde al 10% de los honorarios de un técnico, razón por la cual representa el 0,2% de los costos.

Por su parte, los mayores beneficios se obtienen por prevención de erosión y ahorros por la demanda de agua, que corresponden, respectivamente, al 70% y 15% del total de beneficios obtenidos por la medida. El beneficio asociado a la remoción de GEI, calculados como se presentó en la Ecuación 1, asciende al 10% de los beneficios totales.

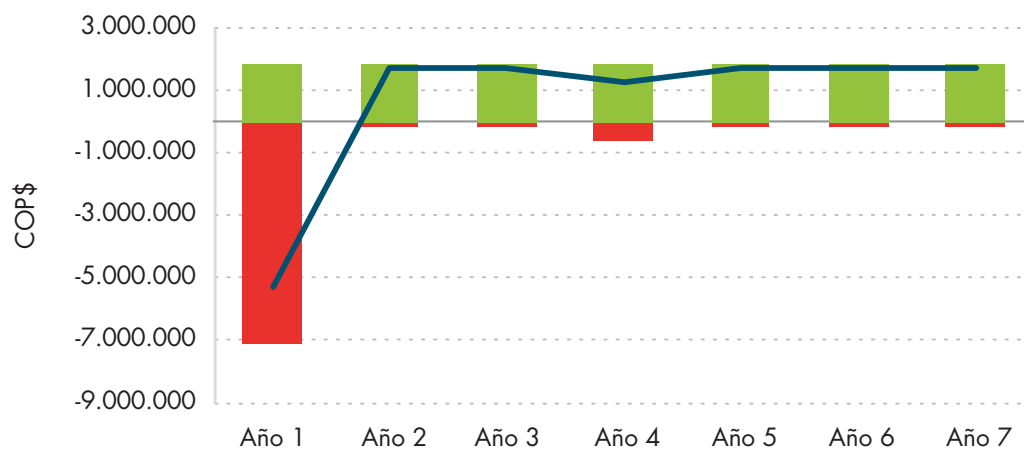
En este orden de ideas, la participación de los costos y beneficios en el total se ilustran en la figura 1, mientras que la representación del flujo financiero a lo largo de la ejecución del proyecto se presenta en la figura 2.

■ **Figura 1.** Participación de los costos y beneficios - Prácticas para el manejo del agua



Fuente: Elaboración propia

■ **Figura 2.** Costos y beneficios durante el periodo de implementación del proyecto (7 años)



Fuente: Elaboración propia

Los indicadores económicos calculados para esta medida son positivos. El VPN es mayor que cero para todos los casos evaluados (TSD igual a 4%, 10% y 12%). La TIR asciende a 22% y la RBC en el último escenario (TSD 12%) es de 1,19 (tabla 2).



Tabla 2. Indicadores del ACB - Prácticas para el manejo del agua

Tasa de descuento	4%	10%	12%
VP Beneficios (COP\$)	11.550.923	9.909.780	9.458.535
VP Costos (COP\$)	8.171.970	7.998.757	7.950.326
VPN (COP\$)	3.378.953	1.911.023	1.508.209
RBC	1,41	1,24	1,19
TIR	22%		

Fuente: Elaboración propia

La TIR (22%) y la RBC (Entre 1,19 y 1,41) sugieren que el proyecto es viable socialmente. Sin embargo, una limitante es que la inversión inicial del proyecto es grande y los beneficios económicos no se pueden monetizar fácilmente sin la intervención de un regulador. Los beneficios netos identificados muestran que estas prácticas contribuyen a la disminución de la vulnerabilidad hídrica, debido a que bajan la dependencia de suministro de fuentes hídricas y reducen los procesos erosivos y de desertificación. Asimismo, se fortalecen los sistemas agrícolas minifundistas por que ahora cuentan con agua para riego en todas las épocas del año, evitando pérdidas por sequía. Finalmente, con los sistemas de riego se disminuye la cantidad de agroquímicos utilizados, se protegen los cultivos contra las heladas y se reducen los costos de producción, entre otros.

El análisis de sensibilidad (anexo II) muestra que el proyecto se mantiene con cifras positivas para la mayoría de escenarios estudiados. La única excepción se da al bajar el control de la erosión como servicio ecosistémico. De aquí se concluye que este proyecto funciona mucho mejor en áreas con alto riesgo de erosión.

4.1.2. Implementar herramientas de manejo del paisaje, para reducir la presión sobre las rondas de los principales cuerpos de agua

Además de las funciones de conectividad de los elementos paisajísticos, las herramientas de manejo del paisaje generan una serie de beneficios, no sólo a nivel ecosistémico, sino que aportan beneficios económicos para la población.

Las cercas vivas contribuyen con la regulación hídrica, proveen forraje para la alimentación animal y son una fuente de productos maderables y frutas que pueden ser comercializadas o consumidas. De igual forma, proporcionan protección y mejoran las condiciones del suelo, la calidad del aire y promueven el aumento de la biodiversidad, generando conectividad.

Por su parte, el cambio del uso del suelo de pasturas degradadas a sistemas silvopastoriles (con sistemas de producción con maderables), se incrementa la carga animal y diversifica la producción, generando ingresos adicionales. Del mismo modo, estos mode-

los permiten un uso más eficiente del agua al mejorar la regulación hídrica, además de remover GEI de la atmósfera. El enfoque de esta medida es la adaptación basada en ecosistemas, generando beneficios socioeconómicos y contribuyendo con la conservación de la biodiversidad.

Para incrementar la conectividad de los elementos del paisaje, se propone la incorporación de herramientas de manejo del paisaje, como cercas vivas, bancos forrajeros y franjas en potreros. Esta medida contempla una fase inicial de diagnóstico mediante la cual se establecerán las condiciones de la zona a intervenir y el posterior diseño de las diferentes herramientas de manejo del paisaje existente, acorde con las necesidades específicas de los diferentes predios.

La importancia de los ecosistemas asociados a las cuencas, radica en las fuentes hídricas y la utilización de estos ecosistemas para la actividad forestal. Los beneficios contabilizados para la evaluación de esta medida están asociados con la recuperación de la masa vegetal regional, el incremento de la biodiversidad, la calidad del aire, el control de la erosión y el mejoramiento de suelos.

Establecer herramientas de manejo del paisaje en los predios privados, tiene como propósito principal, disminuir los procesos de cambio de uso del suelo y la pérdida de cobertura en las áreas de ronda hídrica.

El alcance geográfico fue establecido para una hectárea, para facilitar el escalamiento en la implementación del proyecto. Los objetivos específicos son:

- Diseñar e implementar cercas vivas con especies de uso comercial, de rápido crecimiento, para suplir los costos de oportunidad del aprovechamiento de especies en zonas de ronda hídrica.
- Instalar bancos forrajeros con especies identificadas como aptas para el manejo de la dieta del ganado (Botón de oro y Morera), lo que facilita la rotación del ganado en los potreros y evita el sobrepastoreo, la erosión y problemas relacionados con la percolación y el ciclo del agua.
- Establecer sistemas forestales con especies aptas para modelos silvopastoriles.

Adicionalmente, como horizonte para la evaluación se tomaron diez años, periodo en el cual se han consolidado las siembras de las especies escogidas, y se ha estabilizado la producción de las especies maderables. Se estima que los beneficios de implementar este tipo de medidas se obtienen a partir del primer año de ejecución.

Los modelos silvopastoriles se establecen en franjas de 6 surcos de árboles (ancho 12,5 m), sembrados en forma de cuadro (2,5 m entre surcos por 3 m entre plantas), obteniendo de esta manera 198 árboles por franja. Para unificar la unidad de análisis, la base de cálculo tomada fue de una hectárea.



El ACB se calculó en pesos por hectárea. Los parámetros y variables empleados consisten principalmente en los costos de establecimiento de las herramientas de manejo del paisaje, (anexo II). A partir de estos valores, se estiman los costos de implementación y los beneficios cuantificados para la medida propuesta. Los resultados se presentan en la tabla 3.

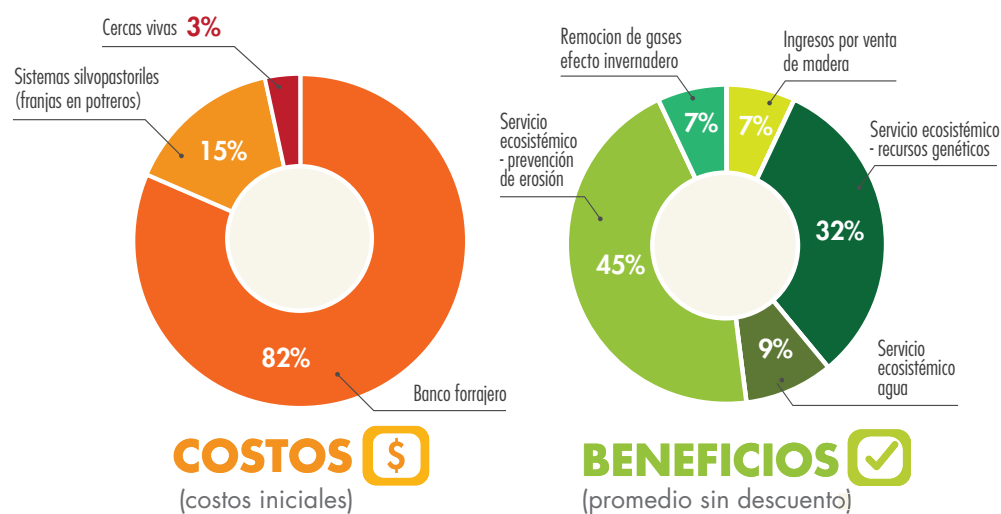
Tabla 3. Costos y beneficios totales - Herramientas de manejo del paisaje

Costos	\$COP	Beneficios	\$COP
Cercas vivas	1.084.597	Ingresos por venta de madera	11.272.800
Banco forrajero	9.987.000	Servicio ecosistémico - Prevención de erosión	13.038.525
Sistemas silvopastoriles (franjas en potreros)	3.069.491	Servicio ecosistémico - Agua	2.686.613
		Servicio ecosistémico - Recursos Genéticos	9.074.363
		Remoción de Gases Efecto Invernadero	1.828.850
Total Costos	14.141.088	Total Beneficios	37.901.150

Fuente: Elaboración propia

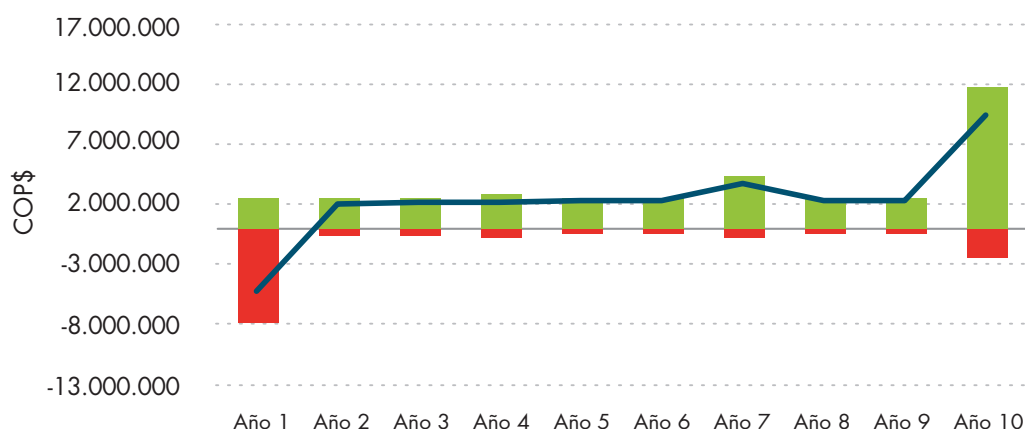
En cuanto a los costos de implementación de esta medida, el establecimiento del banco forrajero corresponde a 82% de la inversión inicial, siendo el rubro más alto la compra de las estacas de botón de oro. Los beneficios más altos se obtienen por servicios ecosistémico de prevención de la erosión, recursos genéticos y agua (86% con respecto a los beneficios totales). La figura 3, muestra la composición de los costos y beneficios de la medida, mientras que la figura 4 muestra el flujo financiero a lo largo de la ejecución del proyecto.

■ **Figura 3.** Participación de los costos y beneficios - Herramientas de manejo del paisaje



Fuente: Elaboración propia

■ **Figura 4.** Costos y beneficios durante el periodo de implementación del proyecto (10 años)



Fuente: Elaboración propia

Con el análisis de los flujos de costos y beneficios, se calculan los indicadores del ACB, los cuales se presentan en la tabla 4. En general, los resultados son positivos. El VPN es mayor que cero para todos los casos evaluados (TSD igual a 4%, 10% y 12%), la TIR es del 44% y la relación beneficio costo se encuentra entre 1,89 y 2,38, dependiendo de la TSD usada.

Tabla 4. Indicadores del ACB - Herramientas de manejo del paisaje

Tasa de descuento	4%	10%	12%
VP Beneficios (COP\$)	30.583.959	23.108.631	21.261.574
VP Costos (COP\$)	12.865.444	11.566.191	11.245.678
VPN (COP\$)	17.718.515	11.542.440	10.015.896
RBC	2,38	2,00	1,89
TIR	44%		

Fuente: Elaboración propia

Los resultados muestran que el proyecto puede tener unos retornos considerables; sin embargo, al igual que el proyecto anterior, se pueden identificar barreras para la inversión inicial y el recaudo monetario de los beneficios si no interviene un regulador. Por esta razón, se deben implementar políticas que permitan incentivos al manejo del paisaje, teniendo como resultado beneficios sociales netos que se pueden mantener inclusive después del periodo considerado para la ejecución del proyecto.



4.2. Sector ganadero

4.2.1. Intensificar la producción de pasturas mediante la implementación y el manejo adecuado de pastos mejorados y ganado

En Colombia, la ganadería registra bajos niveles de productividad (Natalidad del 53%, producción promedio de leche de 850 litros por vaca al año, edad al sacrificio de 42 meses y capacidad de carga que no supera una cabeza por hectárea, entre otros). Una de las causas es la deficiente alimentación que se suministra al ganado, que en ocasiones no cubre los requerimientos mínimos, como sucede en épocas de verano, cuando se presenta una pérdida de peso generalizada, llegando a ocasionar la muerte en muchos casos. Otros factores como el cambio climático, inviernos crudos, veranos fuertes y la obligación de hacer un uso racional de los recursos naturales en el proceso de producción de forraje y suplementos alimenticios incrementan el esfuerzo que el sector debe realizar para tener modelos de alimentación eficientes y sostenibles (Osorio, Anzola y Restrepo, 2011).

Con esta medida se pretende avanzar en los modelos de mejoramiento de pasturas en las diferentes regiones ganaderas del país. La medida incorpora variables de siembra en la producción de pasturas, acompañada de prácticas ganaderas como el control del chinche del pasto, elección del tipo de pastoreo o de alimentación para el ganado y mejoramiento de las condiciones de suelos, entre otros.

Adicionalmente se incluye el establecimiento de bancos forrajeros, que brinden alimento a los animales, así como diferentes funciones de bienestar. Estos bancos forrajeros permiten a los ganaderos “cosechar” alimento para ser guardado y utilizado en épocas donde la producción de pasturas disminuye.

Teniendo en cuenta que los análisis presentados el EIECC, mostraron que el cambio climático influirá sustancialmente en la producción de carne y leche, explicada principalmente por la disminución de la precipitación y la temperatura máxima, los beneficios de la medida están relacionados con la mejora en la calidad nutricional del ganado.

El objetivo general de la medida es mejorar la producción de pasturas, mediante la siembra de semilla de gramínea (pasto) y semilla de leguminosa combinado con la implementación de un sistema de pastoreo alterno o rotacional. Esta medida busca brindar alternativas para los ganaderos que verán afectada su producción ante las variaciones climáticas esperadas y los efectos del cambio climático, en las zonas donde es más intensiva la cría de ganado. Como objetivos específicos se definieron:

- Seleccionar y sembrar variedades de pasto mejoradas para las condiciones cambiantes de temperatura y precipitación.
- Maximizar la producción de fitomasa de alta calidad nutritiva, para su manejo con corte y acarreo o con pastoreo directo.
- De acuerdo con la oferta y calidad de la biomasa, ajustar la intensidad y frecuencia del pastoreo, cosechando eficientemente la pastura en estado óptimo de crecimiento.

Como unidad de medida, se consideró la implementación del proyecto en una hectárea. El horizonte para la evaluación es de seis años, periodo en el cual se podrán establecer todos los beneficios de la implementación, generando información sobre cambios en la producción tanto de leche y carne como de la cantidad de forraje obtenido.

Con base en los valores de referencia presentados en el anexo I, se calcularon los costos de implementación y los beneficios cuantificados asociados a esta medida, los valores se presentan en la tabla 5 y corresponden al valor total de costos y beneficios para totales para un horizonte de evaluación de seis años.

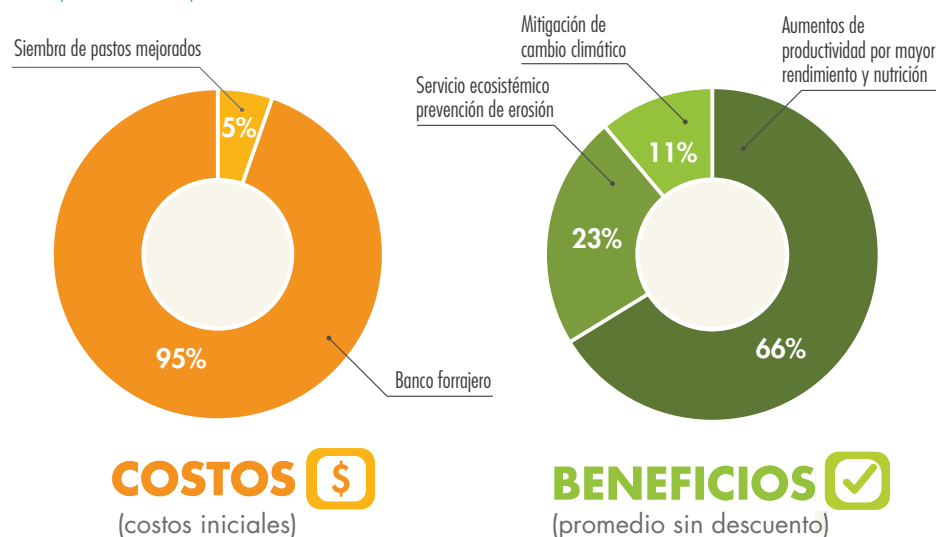
Tabla 5. Costos y beneficios totales– Manejo de pastos mejorados

Costos	\$COP	Beneficios	\$COP
Siembra de pastos mejorados	2.291.095	Aumentos en productividad por mayor rendimiento y nutrición	22.857.240
Banco forrajero	8.547.000	Servicio ecosistémico - Prevención de erosión	7.823.115
		Mitigación de cambio climático	3.832.416
Total Costos	10.838.095	Total Beneficios	30.680.355

Fuente: Elaboración propia

Como lo revela la figura 5, el mayor costo está constituido por la instalación y mantenimiento de los bancos forrajeros (95%). En contraste, la participación de la siembra de pastos mejorados tan sólo llega al 5% del total de los costos. Los mayores beneficios provienen del aumento de la productividad ganadera (66%) y de la prevención de la erosión (23%).

■ **Figura 5.** Participación de los costos y beneficios - Manejo de pastos mejorados

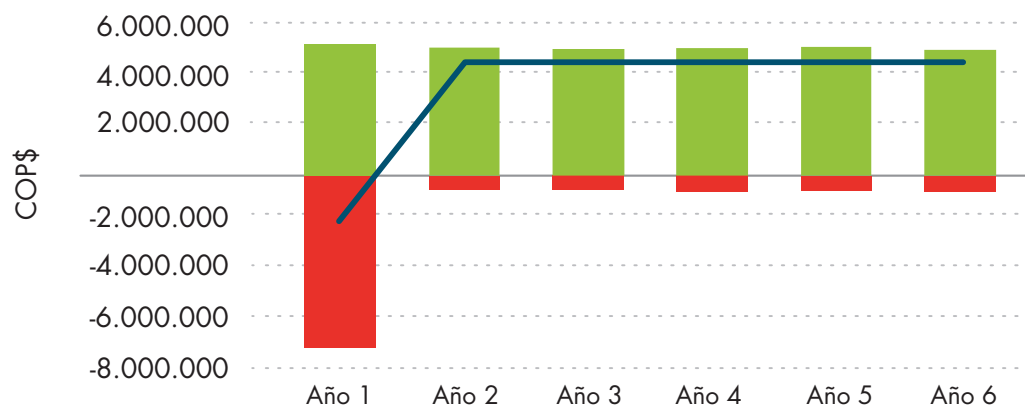


Fuente: Elaboración propia



La figura 6 muestra el flujo financiero a través de los seis años de ejecución del proyecto. Es posible apreciar que los mayores costos son las inversiones que se hacen durante el primer año de ejecución. Por su parte, los beneficios han sido promediados a lo largo del periodo de estudio, de acuerdo con la información disponible, aunque en la realidad podrían variar con el tiempo, debido al régimen de crecimiento de las especies.

■ **Figura 6.** Costos y beneficios durante el periodo de implementación del proyecto (6 años)



Fuente: Elaboración propia

Por último, la tabla 6 presenta los indicadores VPN, TIR y RBC para la ejecución de las acciones consistentes en manejo de pastura mejorada. Para todos los escenarios evaluados, el VPN es mayor que cero y la TIR equivale a 216% anual. En cuanto a la RBC, ésta es de 2,4 en el escenario que considera una TSD de 12%. Tales resultados implican que el proyecto es viable en términos económicos, razón por la cual es costo-efectivo incentivar la inversión en este tipo de proyectos. Al igual que en las medidas anteriores, la valoración de los servicios ambientales no implica una remuneración económica directa para el productor, por lo que las políticas ganaderas deben apuntar a incentivar este tipo de medidas.

Tabla 6. Indicadores del ACB – Manejo de pastos mejorados

Tasa de descuento	4%	10%	12%
VP Beneficios (COP\$)	27.877.307	24.497.173	23.546.028
VP Costos (COP\$)	10.431.430	9.941.041	9.803.049
VPN (COP\$)	17.445.878	14.556.132	13.742.979
RBC	2,67	2,46	2,40
TIR	216%		

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Implementar sistemas de almacenamiento de agua y riego

El ganado en su composición corporal tiene de 55% a 65% de agua y sus requerimientos dependen de variables como la actividad del animal (si está estabulado o en pastoreo), la temperatura ambiental, la humedad relativa, la frecuencia respiratoria, el estado fisiológico, la composición de la dieta, el consumo de materia seca y el nivel de producción. La leche contiene 87% de agua, por cada kilómetro que los animales de ordeño caminen en busca de agua para abreviar se deja de producir un litro de leche todos los días (Fedegán, SENA y CIPAV, 2008).

Las limitaciones en la disponibilidad de agua para el ganado han aumentado a causa de la variabilidad climática. El recurso hídrico es vulnerable al cambio climático y, por lo tanto, es de gran relevancia promover la ejecución de medidas de adaptación que permitan el máximo aprovechamiento de este recurso en el sector ganadero, así como implementar acciones para el ahorro y uso eficiente del agua. Con la implementación de sistemas de almacenamiento de agua y riego se pretende no sólo aumentar la disponibilidad permanente de agua en los predios, sino incentivar la construcción de diferentes estructuras de costo moderado y tecnología simple que permitan el almacenamiento de las aguas lluvias en las regiones.

Esta medida se basa en la construcción de reservorios y sistemas de bombeo y riego de pasturas, los cuales son claves para complementar la disponibilidad de agua para el ganado, así como para mejorar la producción de pastos y forrajes utilizados en su alimentación. Paralelamente, se propone la instalación de sistemas de potabilización de agua para el ganado, mejorando no sólo la calidad físico-química sino el sabor.

Tradicionalmente no se ha prestado atención al consumo de agua de los animales ya que muchas de las fincas ganaderas o lecheras cuentan con la disponibilidad del recurso hídrico mediante fuentes naturales ubicadas en o cerca a los predios. Esto hace que los ganaderos no se preocupen por la demanda real de agua que el hato necesita para sus requerimientos. Desde el punto de vista productivo, no satisfacer la demanda de agua tendrá como resultado una merma en la producción esperada del ganado frente a su potencial de producción (CAEM, 2014a).

En este sentido, la planta de tratamiento contempla un tratamiento de aguas primario, que incluye las operaciones unitarias de aireación, coagulación, floculación, decantación, filtración, desinfección y cloración, y que según análisis realizados a las aguas tratadas, se cumplen los parámetros establecidos según el decreto 1594 de 1984 y en la resolución 2115 de 2007.

Teniendo en cuenta que la medida de adaptación propuesta en el EIECC, para el sector ganadería, para la región Caribe seco y región de los Santanderes, Sur de Bolívar y sur de Cesar, es intensificación adecuada de la producción bovina con base en la oferta ambiental y las condiciones socioeconómicas, se propone todo el territorio nacional. En consecuencia, dentro de los beneficios de esta medida de adaptación están el aumento de



la productividad, la protección de nacederos de agua al evitar la incursión de ganado en éstos, el control de erosión por escorrentía del agua y el incremento de la disponibilidad hídrica, entre otros.

Como objetivos específicos para el desarrollo de esta medida se establecieron los siguientes:

- Desarrollar modelos captadores de aguas lluvias (cosecha de agua).
- Complementar la disponibilidad de agua para el ganado, con la instalación de equipos de bombeo o métodos de riego de bajo costo (como riego por gravedad).
- Implementar sistemas de potabilización de agua para el ganado.

Como horizonte de evaluación de la medida se consideran seis años. A partir del primer año se obtienen beneficios, los cuales se mantienen constantes durante todo el horizonte de estudio.

El tamaño promedio de los reservorios tiene una capacidad de 1300 m³ de agua que atienden las necesidades de 1,5 hectáreas de terreno (Galarza, 2011). La ubicación geográfica de este proyecto se centra en la región Caribe seco y región de los Santanderes, Sur de Bolívar y sur de Cesar.

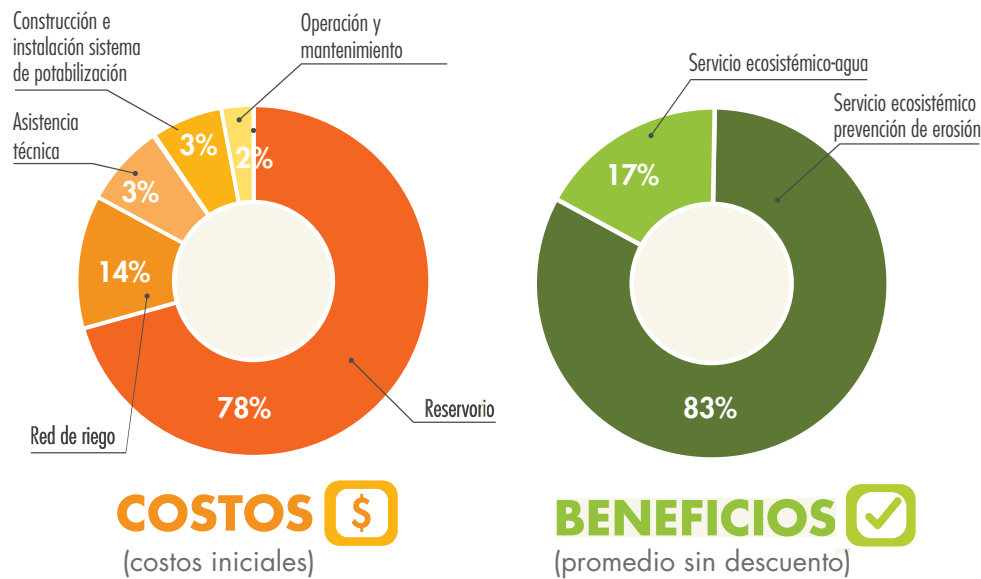
Teniendo en cuenta lo anterior, el ACB incluye la construcción del reservorio, el cerramiento de las fuentes de agua y el sistema de potabilización de agua. En cuanto a los beneficios, se valora la capacidad de carga (en cabezas de ganado) y la variación de la misma, así como las variaciones en producción de carne y leche. El resumen de los parámetros y variables empleados para realizar los cálculos se presentan en el anexo I. En la tabla 7 se listan los costos de implementación y los beneficios totales para la medida propuesta y en la figura 7 se muestra la participación de cada uno de ellos en el total.

Tabla 7. Costos y beneficios – Sistemas de almacenamiento de agua y riego

Costos	\$COP	Beneficios	\$COP
Construcción e instalación de sistema de potabilización	150.000	Aumentos de la disponibilidad hídrica en el predio para consumo de ganado	26.000
Operación y mantenimiento (año)	431.441	Servicio ecosistémico - Prevención de erosión	7.823.115
Asistencia Técnica	819.738	Servicio ecosistémico - Agua	1.611.968
Reservorio	3.595.342		
Red de riego	623.193		
Reposición de equipo	479.379		
Total costos	6.099.093	Total Beneficios	9.461.083

Fuente: Elaboración propia

■ **Figura 7.** Participación de los costos y beneficios – Sistemas de almacenamiento de agua y riego

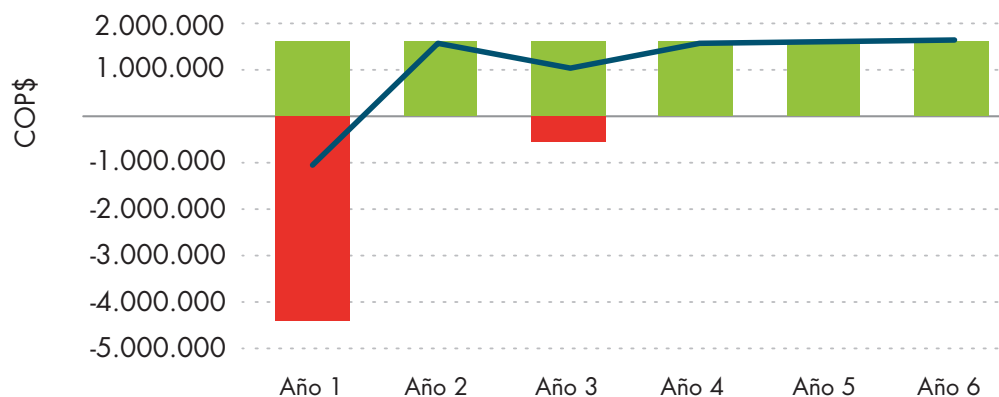


Fuente: Elaboración propia

Para este proyecto, el costo de construcción de los reservorios representa el mayor porcentaje (78%) de los costos iniciales, mientras que la red de riego corresponde al 12% del costo total de la ejecución de la medida. Los mayores beneficios se cuentan por la prevención de la erosión (83%), seguido por el aumento de la disponibilidad hídrica (17%).

Para ver como se comportan los costos y beneficios a través del tiempo, la figura 8 presenta el flujo financiero del proyecto. Es posible apreciar que en el tercer año existen unos costos adicionales por reposición de equipo. A partir de esta información se calculan los indicadores del ACB, los cuales se muestran en la tabla 8.

■ **Figura 8.** Costos y beneficios durante el periodo de implementación del proyecto (6 años)



Fuente: Elaboración propia



Tabla 8. Indicadores del ACB – Sistemas de almacenamiento de agua y riego

Tasa de descuento	4%	10%	12%
VP Beneficios (COP\$)	8.596.690	7.554.338	7.261.028
VP Costos (COP\$)	5.346.477	5.251.009	5.223.356
VPN (COP\$)	3.250.214	2.303.330	2.037.672
RBC	1,61	1,44	1,39
TIR	36%		

Fuente: Elaboración propia

Tanto la TIR (36%) como la RBC (entre 1,39 y 1,61, dependiendo de la TSD empleada) muestran que el proyecto es rentable desde un punto de vista social. Con esta medida disminuirá la vulnerabilidad económica del sector, al aumentar la disponibilidad del recurso hídrico durante todo el año, lo cual se verá reflejado en un aumento de la productividad.

4.3. Sector forestal

4.3.1. Plataformas de información de clima y seguimiento al crecimiento de las plantaciones

A través de la generación de conocimientos y de la centralización de información que permita establecer las condiciones de variables relacionadas con el clima, suelos, plantaciones, entre otros, se pretende brindar una herramienta que potencialice la producción forestal en el país mediante el acceso a datos. Información que orienta en la toma de decisiones a los agentes del sector forestal nacional.

El objetivo general de la medida es diseñar e implementar un sistema de información agro-meteorológico y de seguimiento de plantaciones forestales comerciales en Colombia, considerando los siguientes objetivos específicos:

- Diseñar e implementar una plataforma de información para llevar a cabo el seguimiento de las plantaciones comerciales y el crecimiento de las especies, en diversas condiciones de clima, tomando en cuenta escenarios de cambio climático.
- Elaborar un calendario agroclimático de referencia, para la planificación de las actividades forestales y la identificación de zonas agroecológicas adecuadas para desarrollar proyectos o programas forestales productivos.

El desarrollo del Sistema de Información Forestal (SIF) consiste en la creación de una infraestructura que captura, registra y transmite la información sobre plantaciones comerciales y los datos necesarios para el cálculo de la oferta climática, de forma que puedan sacarse conclusiones acerca de las áreas aptas y épocas oportunas para el establecimiento y manejo de las plantaciones forestales comerciales.

El Sistema de Información Forestal, con un componente agro-climático, es una plataforma de manejo, gestión y divulgación de información que facilita el acceso a los actores que componen el sector. De este modo, el SIF disminuye la vulnerabilidad tecnológica y reduce el riesgo relacionado con la disponibilidad de información.

Según Fedemaderas (2014), en cumplimiento de lo dispuesto en la Ley 811 de 2003, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Territorial, debe inscribir una organización de cadena constituida, siempre y cuando se hayan establecido acuerdos en aspectos relacionados con mejora de la productividad y competitividad, desarrollo de alianzas estratégicas y mejora de la información entre los agentes de la cadena.

Para la creación de dicha plataforma tecnológica, es necesario: (a) Estructurar un portal web especializado que esté articulado con la estrategia de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, diseñadas en el Plan Nacional de Desarrollo, como herramientas para la transformación productiva del país, y de apoyo a las locomotoras de crecimiento seleccionadas para jalonar la economía; (b) Contar con un mecanismo de monitoreo satelital de las áreas plantadas y aprovechadas, y de encuestas de evaluación y seguimiento; (c) Procesar y publicar la información actualizada y periódicamente, de tal manera que se permita a las autoridades públicas encargadas de definir las políticas del sector contar con datos confiables y facilite las decisiones de los inversionistas

Por otra parte, este sistema de información es consistente con algunos elementos fundamentales de la Propuesta Gremial para el Segmento de Reforestación Comercial, cuyo objetivo es: "Impulsar la reforestación comercial como actividad estratégica del sector agroindustrial, promoviendo la competitividad de los productos forestales y contribuyendo con la prevención de los efectos adversos ocasionados por los fenómenos climáticos" (Fedemaderas, 2014).

El incremento en la producción forestal potencial a nivel nacional (6,2%) por posibles efectos del cambio climático (BID-CEPAL-DNP, 2014) se considera como un beneficio, puesto que se asume que la implementación del sistema de información proporciona las bases, junto con el esfuerzo nacional, para impulsar la reforestación en el país, para aprovechar el probable impacto positivo del cambio climático sobre las plantaciones.

En este contexto, este componente de Infraestructura Tecnológica - TIC es fundamental para que los actores del sector forestal puedan acceder a la información climática, con el propósito de combinar variables técnicas con variables climáticas para potencializar el desarrollo del sector. Para darle una debida proyección al sistema, deberá seleccionarse una infraestructura integrada capaz de cumplir con el 100% de los requerimientos actuales



y con todas las posibilidades de escalabilidad en procesamiento, almacenamiento, conexión de red, virtualización y gestión en un sistema de infraestructura simple.

El horizonte de estudio considerado es de cinco años, tomando en cuenta que el diseño y puesta en marcha del sistema de información son tres años y que en un periodo de cinco años ya pueden observarse cambios en el sector, relacionados con la gestión de la información. Los parámetros y variables empleados se presentan en el anexo I.

Los costos empleados para el análisis corresponden al diseño, montaje, mantenimiento y seguimiento del SIF, los dos primeros se contabilizan en los primeros tres años y los dos últimos, a partir del tercer año. Las actividades que están incluidas en estos costos son: i) Análisis inicial y diseño general de la solución. ii) Implantación, extracción, transformación y carga. iii) recolección y procesamiento de datos. iv) Seguimiento y actualización del sistema. En cuanto a los beneficios, éstos no se cuantifican para los dos primeros años y solo se estiman sobre un 30% de la superficie total plantada, suponiendo que el impacto no se da sobre la totalidad de las plantaciones en el país.

Asimismo, se contabiliza el precio de la madera, asumiendo que el único uso de la madera aprovechada es para astilla, pulpa o tablero (por ser este el menor valor para los precios de la dicha materia prima). Los costos y beneficios cuantificados, se presentan en la tabla 9.

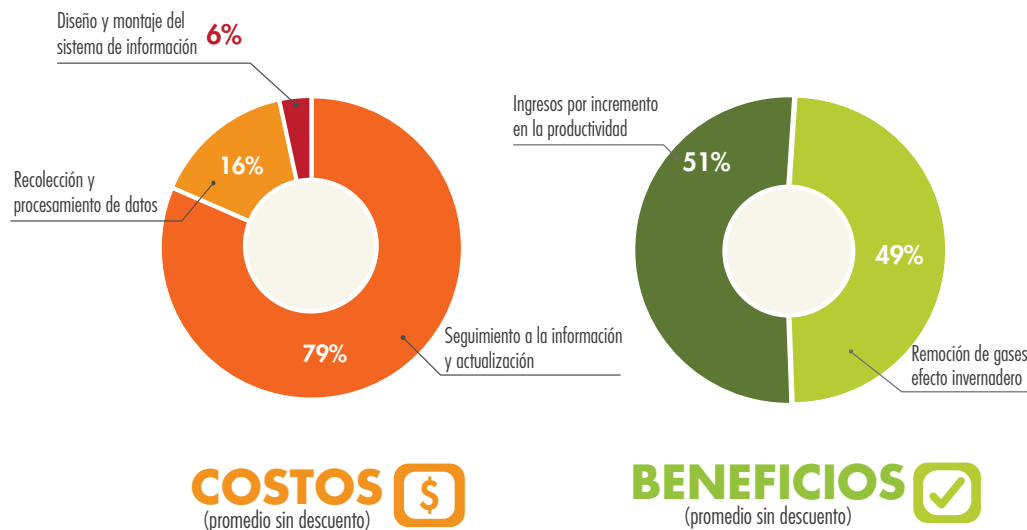
Tabla 9. Costos y beneficios – Sistema de información agroclimática para el sector forestal

Costos	\$COP	Beneficios	\$COP
Diseño y montaje del Sistema de información	351.000.000	Ingresos por incremento en la productividad nacional de plantaciones comerciales	10.847.520.000
Recolección y procesamiento de datos	4.932.000.000	Remoción de GEI	11.365.802.302
Seguimiento a la información y actualización	975.000.000		
Total Costos	6.258.000.000	Total Beneficios	22.213.322.302

Fuente: Elaboración propia

En la figura 9 se muestran las participaciones de cada rubro en el total de los costos y beneficios. El mayor de los costos se refiere a la recolección y posterior procesamiento de los datos. Por su parte, los beneficios esperados si distribuyen equitativamente entre aumento de la productividad del sector y la captura adicional de GEI por aumento de las plantaciones forestales.

■ **Figura 9.** Participación de los costos y beneficios – Sistema de información agroclimática para el sector forestal



Fuente: Elaboración propia

El 78,8% de los costos está compuesto por la recolección y procesamiento de los datos, el 5,6% corresponde al diseño del sistema de información y el 16,6% restante a seguimiento a la información. En cuanto a los beneficios, el incremento en la productividad de las plantaciones y la remoción de GEI equivaldría a al rededor de 11 mil millones de pesos cada uno, durante los cinco años estudiados. La figura 10 presenta el flujo financiero del proyecto.

■ **Figura 10.** Costos y beneficios durante el periodo de implementación del proyecto (6 años)



Fuente: Elaboración propia



Por último, la tabla 10 presenta el resultado del análisis costo beneficio de diseñar y poner en marcha el Sistema de Información Forestal.

Tabla 10. ACB – Sistema de información agroclimática para el sector forestal

Tasa de descuento	4%	10%	12%
VP Beneficios (COP\$)	19.757.689.596	16.739.771.150	15.878.765.499
VP Costos (COP\$)	5.591.667.543	4.771.522.915	4.537.241.119
VPN (COP\$)	14.166.022.053	11.968.248.234	11.341.524.380
RBC	3,53	3,51	3,50
TIR	582%		

Fuente: Elaboración propia

Como se observa, esta medida de adaptación tiene uno de los retornos más positivos entre las medidas estudiadas. La TIR podría llegar a 582% anual y la RCB estaría alrededor de 3,5. Al realizar el análisis de sensibilidad (anexo II) se encuentra que estos valores se mantienen altos, aún con escenarios en donde se reduce el precio del CO₂ en los mercados de carbono, o si el alcance del sistema de información fuera de apenas 20% de la superficie plantada. Sin embargo, se pueden identificar algunas barreras para la implementación exitosa del proyecto, tales como la necesidad de divulgación del sistema de información y el desarrollo de confianza en la información por parte de los usuarios. Esto puede implicar costos adicionales a los incluidos en este ACB.

4.3.2. Desarrollo de sistemas dendroenergéticos, mediante el establecimiento de bancos leñeros y la instalación de estufas eficientes de leña

En el año 2012 la producción mundial de combustible de madera alcanzó los 1.870 millones de m³, equivalente al 54% de la producción total mundial de madera para ese año (FAO, 2012). Adicionalmente, de acuerdo con el Documento CONPES 2834 de 1996, la tercera causa de deforestación del país se debe al consumo de leña para combustible. Sumado a esto, según datos obtenidos de la Encuesta Nacional de Calidad de Vida 2008 realizada por el DANE, en Colombia aproximadamente 1.4 millones de hogares del sector rural (12,2% del total de hogares del país y el 55,1% de los hogares del sector rural) utilizan leña como principal fuente de energía para la cocción de sus alimentos.

Por otro lado, el impacto generado por estos combustibles no se presenta únicamente a nivel ambiental, la OMS reportó para el año 2000 que la quema de combustibles sólidos en uno de los diez principales riesgos mundiales de salud. Sólo en el año 2002 murieron 1,5 millones de personas por enfermedades causadas por la contaminación del aire intramural, la mayoría mujeres y niños (Rehfuess, 2007).

En este sentido, promover tecnologías de consumo eficiente de leña, disminuye los impactos sobre la salud humana, a la vez que recude los procesos de deforestación, causados por la provisión de leña a partir del bosque natural.

Esta medida, en consecuencia, tiene un enfoque de adaptación basado en ecosistemas y otro basado en comunidades. El primero se evidencia con la promoción de la conservación de los bosques naturales a través de la reducción de la presión antrópica. El segundo está presente en el impacto sobre la calidad de vida de las personas que habitan en el medio rural y que hacen uso del combustible leñoso.

El ACB de esta medida se lleva a cabo sobre el establecimiento de por lo menos 1000 hectáreas sembradas con especies arbóreas o arbustivas, cuyo poder calorífico, tasa de crecimiento y capacidad de regeneración permita su aprovechamiento dendroenergético.

Como se indica anteriormente, además del objetivo de reducir la tasa de deforestación debida al consumo de leña, se incluye la construcción de estufas eficientes de leña, a fin de disminuir la carga contaminante al interior de los hogares, y de reducir el riesgo de incidencia de enfermedades pulmonares obstructivas crónicas – EPOC y otras asociadas a la inhalación de este humo como asma, cataratas, enfermedad pulmonar intersticial y cáncer nasofaríngeo y laríngeo (Rehfuess, 2007).

Además, el establecimiento de estos bancos leñeros o parcelas dendroenergéticas no pueden ocupar más de $\frac{1}{4}$ de hectárea de terreno y se debe tener en cuenta la cercanía de estos a las viviendas para así disminuir el tiempo de recolección de la leña y evitar factores de riesgo físico para las personas encargadas de esta tarea.

Esta medida ofrece múltiples beneficios, dentro de éstos están: i) la conservación de la biodiversidad regional; ii) la protección de cauces y mejora en el régimen hídrico de la cuenca; iii) la disminución en el consumo proveniente de bosques naturales para fines domésticos; iv) el control de la erosión y la sedimentación en los cauces de los ríos; v) la mejora en las condiciones de hábitat para la reproducción y el sostenimiento de la diversidad florística y faunística; vi) la generación de empleo y vii) la mejora de las condiciones de salubridad intramurales.

El objetivo general de esta medida es formular y ejecutar un proyecto piloto con plantaciones dendroenergéticas para fomentar el uso de biomasa de bosque plantado como combustible, a través de las siguientes actividades y objetivos específicos:

- Realizar la restauración de la cobertura forestal en áreas convertidas a pastos mediante el establecimiento de por lo menos 1000 hectáreas con especies dendroenergéticas.
- Promover el uso de biomasa proveniente de plantaciones forestales con fines dendroenergéticos.
- Promover la utilización de estufas eficientes de leña.



El horizonte temporal de evaluación del proyecto es de diez años. A partir del primer año de haber establecido un huerto leñero se puede aprovechar la madera, y a partir del quinto año se estabiliza el costo de mantenimiento del mismo y los beneficios en adaptación pueden ser estimados.

Entre las variables consideradas, se contempla el establecimiento de huertos de $\frac{1}{4}$ de hectárea y la instalación de una estufa por predio. El análisis costo-beneficio se realizó en pesos colombianos por hectárea y, al igual que en los otros proyectos, se utilizaron tasas de descuento de 4%, 10% y 12% y los valores para los parámetros que se presentan en el anexo II.

El valor estimado para los costos y beneficios totales identificados para el periodo de análisis se presentan en la tabla 11.

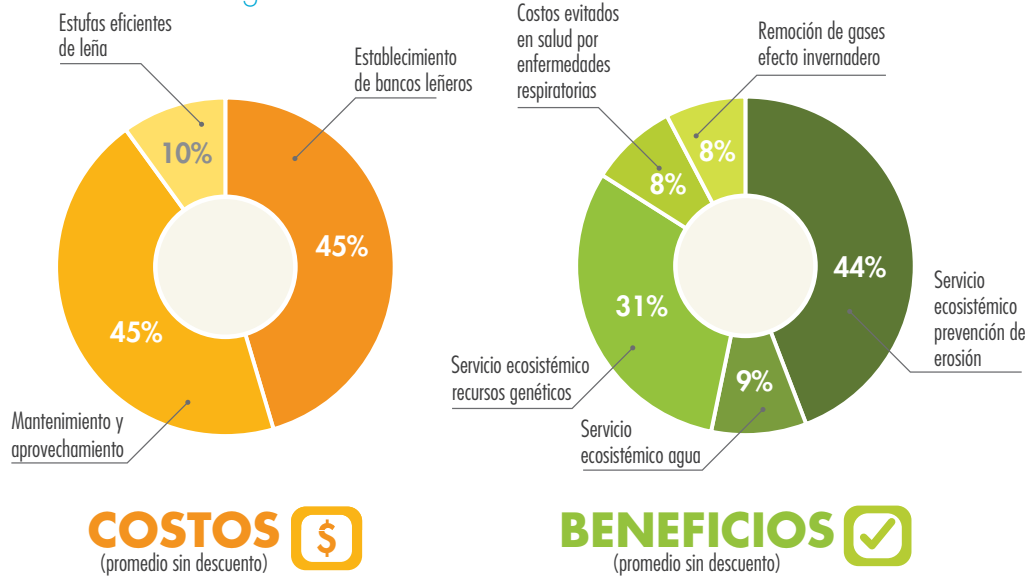
Tabla 11. Costos y beneficios – Sistemas dendroenergéticos

Costos	\$COP	Beneficios	\$COP
Establecimiento de bancos leñeros	2.978.723	Servicio ecosistémico - Prevención de erosión	13.038.525
Mantenimiento y aprovechamiento	2.924.723	Servicio ecosistémico - Agua	2.686.613
Estufas eficientes de leña	655.000	Servicio ecosistémico - Recursos Genéticos	9.074.363
		Costos evitados en salud por enfermedades respiratorias	2.461.163
		Remoción de Gases Efecto Invernadero	2.264.352
Total Costos	6.558.446	Total Beneficios	29.525.015

Fuente: Elaboración propia

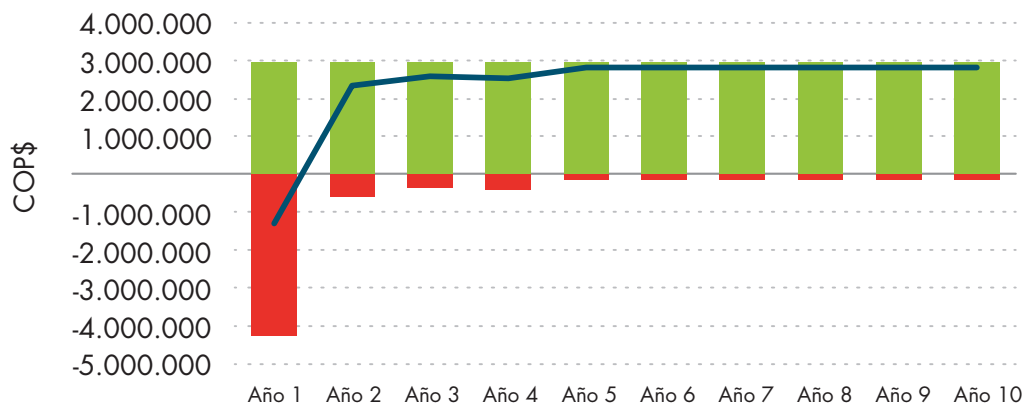
Como se aprecia en la figura 11, los costos de instalación y mantenimiento de los bancos leñeros representan los mayores costos del proyecto. LPor su parte, los beneficios monetarios más significativos provienen del servicio ecosistémico por prevención de la erosión (44%) y por recursos genéticos (31%). Para ver el comportamiento de los costos y beneficios a lo largo de los diez años de implementación del proyecto, la figura 12 presenta el flujo financiero del proyecto.

■ **Figura 11.** Participación de los costos y beneficios – Sistemas dendroenergéticos



Fuente: Elaboración propia

■ **Figura 12.** Costos y beneficios durante el periodo de implementación del proyecto (10 años)



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, con estos datos se procede a realizar el ACB del proyecto, cuyos resultados se presentan en la tabla 20. El VPN es positivo, con una RCB que oscila entre 3,2 y 4,0, dependiendo del escenario de TSD usado; la TIR llega a 185% anual, lo que hace al proyecto uno de los más rentables. Al realizar el análisis de sensibilidad (anexo II), los valores se mantienen positivos para todos los escenarios. Al igual que en proyectos analizados anteriormente, este tipo de medidas funciona en áreas con riesgo de degradación de los ecosistemas y la naturaleza social de los beneficios hace necesaria una política de incentivos y de acompañamiento para que tales acciones se implementen de manera efectiva.



Tabla 12. Indicadores del ACB - Sistemas dendroenergéticos

Tasa de descuento	4%	10%	12%
VP Beneficios (COP\$)	24.905.329	19.956.028	18.684.167
VP Costos (COP\$)	6.264.598	5.935.098	5.846.996
VPN (COP\$)	18.640.731	14.020.930	12.837.171
RBC	3,98	3,36	3,20
TIR	185%		

Fuente: Elaboración propia

La instalación de bancos leñeros y estufas eficientes de leña brinda, no sólo beneficios relacionados con la disminución de la vulnerabilidad a los ecosistemas y a la población, sino que también se puede observar su aporte a la disminución de los gases efecto invernadero por la remoción de CO₂ por el crecimiento de los bancos leñeros.

5

Conclusiones

Introducir el análisis costo-beneficio para medidas de adaptación al cambio climático brinda una herramienta fundamental para los tomadores de decisiones a nivel nacional, regional y local.

Contar con información actualizada y confiable permite desarrollar medidas sectoriales para que los territorios se adapten a los cambios de clima, además de facilitar y priorizar las acciones de acuerdo con las necesidades de los sectores y territorios, no obstante, agrupar y centralizar la información que generan diferentes instituciones y entidades que adelantan acciones en este tema, debe ser una prioridad para el país.

Es fundamental mantener actualizado el registro de información base para el análisis de costo beneficio, ya que una de las barreras es la falta de información de los beneficios económicos de los servicios ecosistémicos prestados por los diferentes recursos naturales de Colombia.

Las medidas aquí propuestas resultan beneficiosas y atienden a un análisis sectorial que busca ayudar a los territorios a mejorar sus condiciones desde una perspectiva de adaptación, de tal forma que se fortalezcan capacidades y se cuenten con las herramientas para asumir los efectos del cambio climático.

Como la RCB de todas las medidas analizadas presenta valores superiores a uno, se puede concluir que la adaptación beneficia a todos los actores involucrados directa o indirectamente. Sin embargo, dado que algunos beneficios son difíciles de monetizar y se cuantifican como beneficios sociales, es necesaria una política de incentivos y de acompañamiento para que tales medidas se implementen de manera efectiva.

Otro factor a tener en cuenta en el análisis costo-beneficio es la incertidumbre. En este trabajo, buena parte de la información corresponde a valoraciones de servicios ecosistémicos que no necesariamente reflejan la realidad en cada región del país. En otros casos, los beneficios se debieron promediar a lo largo del tiempo, aún cuando estos valores varían en el tiempo, como sucede con el crecimiento de una plantación forestal. La incertidumbre también proviene de la variación natural de la economía que puede implicar cambios en los precios de los productos comercializados por los sectores en el mercado nacional o internacional. Por último, pueden existir barreras no monetarias para la implementación de los proyectos o costos adicionales difíciles de cuantificar.

Para disminuir la incertidumbre, es útil el uso de los modelos probabilísticos de ganancias y pérdidas esperadas, así como los análisis de sensibilidad para variables con alta incertidumbre. Al realizar este tipo de análisis, se concluyó que la rentabilidad social de los proyectos se mantiene al variar algunos de los supuestos sobre los costos y los beneficios. Sin embargo, algunas medidas son especialmente sensibles a la valoración que se haga de servicios ecosistémicos tales como la regulación hídrica, la prevención de la deforestación o el aprovechamiento de recursos genéticos. Esto evidencia que las medidas de adaptación al cambio climático son fundamentales en aquellas zonas degradadas o con alto riesgo de degradación de sus ecosistemas.



Bibliografía

- Agrotarroneras (s.f.). Estufas leñeras eficientes. Obtenido de <http://www.agrotarroneras.jimdo.com>, en noviembre de 2014
- Banco de la República (s.f.). Tasa de cambio del peso colombiano (TRM). Obtenido de <http://www.banrep.gov.co/es/trm>, en noviembre de 2014.
- BID-CEPAL-DNP. 2014. Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia - Síntesis. S. Calderón, G. Romero, A. Ordóñez, A. Álvarez, C. Ludeña, L. Sánchez, C. de Miguel, K. Martínez y M. Pereira (editores). Banco Interamericano de Desarrollo, Monografía No. 221 y Naciones Unidas, LC/L.3851, Washington D.C.
- CAEM. 2014a. Planta de tratamiento de agua para bovinos. Herramienta para el mejoramiento de la calidad de agua de uso pecuario Información obtenida mediante la implementación de la medida en diferentes fincas ganaderas de Cundinamarca. Bogotá.
- CAEM. 2014b. Contrato de servicios de consultoría DNP OR-038-14. Proudecto No. 4. Bogotá, Colombia.
- Castiblanco, C. 2008. Manual de valoración económica del medio ambiente. Bogotá, Colombia: Instituto de Estudios Ambientales (IDEA). Universidad Nacional de Colombia.
- CIAT. 2013. Apoyo técnico al DNP en el desarrollo del estudio de impactos económicos del cambio climático para Colombia (EIECC) para tres sectores: i) Ganadería, ii) biodiversidad, y iii) recurso hídrico. Bogotá: Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE. 2009. Encuesta Nacional de Calidad de Vida. (Archivo de datos). Bogotá D.C, Colombia.
- Departamento Nacional de Planeación - DNP. 1996. Política de Bosques (Documento CONPES 2834). Bogotá. D.C., Colombia.
- Dixon, John, Louise Fallon, Richard Carpenter y Paul Sherman. 1994. Análisis económico de impactos ambientales. Turrialba: centro agronómico tropical de investigación y enseñanza.
- ECOLOGIC, SAS. 2013. Componente Silvopastoril. Formulación Proyecto Agroforestal de Valor Compartido CO2CERO. Vereda Santa Helena, Municipio de Puerto Gaitán, Meta.
- FAO. 2012. Estadísticas de productos forestales. Datos y cifras glogales de productos forestales. Recuperado el 21 de Agosto de 2014, de FAO: www.fao.org/co
- Fedegán (s.f.a). Estadísticas de precio y producción de carne y leche. Obtenido de <http://www.fedegan.org.co/estadisticas/>, en noviembre de 2014.
- Fedegán (s.f.b). Almagán. Obtenido de <http://www.almagan.com.co>, en noviembre de 2014.

- Fedegán. 2006. Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana 2019. Obtenido de <https://www.ptp.com.co/documentos/Plan%20Estrat%C3%A9gico%20de%20la%20Ganader%C3%ADa%202019.pdf>, en noviembre de 2014.
- Fedegán, SENA, & CIPAV. 2008. Medidas integrales para el manejo ambiental de la ganadería Bovina. Cartilla #2. Recurso natural Agua.
- Fedemaderas. 2014. Propuesta de política pública: Desarrollo Forestal en Armonía. Bogotá: Federación Nacional de Industriales de la Madera.
- Galarza, E. V. 2011. Costos y Beneficios de la Adaptación al Cambio Climático en América Latina. GIZ. Obtenido de <http://www.riesgoycambioclimatico.org/Costos-BeneficiosACC/documentos/peru/EstudioCosto-BeneficiodeACCenAmericaLatina.pdf>
- Gordillo, F., S. Calderón, G. Romero, D. A. Ordóñez, A. Álvarez, L. Sánchez-Aragón y C. E. Ludeña. 2015. Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia: Sector Transporte. Banco Interamericano de Desarrollo, Monografía No. 259, Washington D.C.
- Herrera, J. C., G. Romero, S. Calderón, D. A. Ordóñez, A. Álvarez, L. Sánchez-Aragón y C. E. Ludeña. 2015. Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia: Sector Pesquero. Banco Interamericano de Desarrollo, Monografía No. 255, Washington D.C.
- IDEAM. 2011. Sistemas agroforestales y restauración ecológica como medidas de adaptación al cambio climático en alta montaña, Caso Piloto, Proyecto Nacional de Adaptación al Cambio Climático – INAP – Componente B, IDEAM y Conservación Internacional. Bogotá, 2011.
- IPCC. 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry - Annex 3A.1 Biomass Default Tables for Section 3.2 Forest Land.
- IPCC. 2006. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Chapter 4. Forest Land.
- Ministerio de Agricultura. 2012. Obtenido de Certificado de Incentivo Forestal. Resolución 384/2012. <http://faolex.fao.org/docs/pdf/col129778.pdf>
- Osorio, C., Anzola, H., & Restrepo, J. 2011. Programa de Alimentación Bovina – PAB: “El ganado paga, pero bien alimentado”. Bogotá, Colombia: Federación Nacional de Ganaderos - FEDEGÁN.
- Rehfuss, E. 2007. Energía doméstica y salud. Combustibles para una vida mejor. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- Riaño, N., S. Orrego, H. I. Restrepo, Á. Duque, D. Obando, D. Orozco, L. B. Hernández, Y. P. Giraldo, C. A. León, S. Calderón, G. Romero, D. A. Ordóñez, A. Álvarez, L. Sánchez-Aragón y C. E. Ludeña. 2015. Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia: Sector Forestal. Banco Interamericano de Desarrollo, Monografía No. 256, Washington D.C.



- SOFCM. 2013. Covering New Ground. State of the Forest Carbon Markets. Carbon Markets 2013. Obtenido de Covering New Ground: <http://www.forest-trends.org/documents/files/SOFCM-full-report.pdf>
- Tapasco, J., M. A. Orrego-Varón, D. Arango-Londoño, J. Ramírez-Villegas, S. Croft, L. Gil, A. Pantoja, S. Calderón, G. Romero, D. A. Ordóñez, A. Álvarez, L. Sánchez-Aragón y C. E. Ludeña. 2015a. Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia: Especies Nativas y Biocomercio. Banco Interamericano de Desarrollo, Monografía No. 257, Washington D.C.
- Tapasco, J., J. Martínez, S. Calderón, G. Romero, D. A. Ordóñez, A. Álvarez, L. Sánchez-Aragón y C. E. Ludeña. 2015b. Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia: Sector Ganadero. Banco Interamericano de Desarrollo, Monografía No. 254, Washington D.C.
- Tapasco, J., M. Quintero, N. Uribe, J. Valencia, G. Romero, S. Calderón, D. A. Ordóñez, A. Álvarez, L. Sánchez-Aragón y C. E. Ludeña. 2015c. Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia: Recurso Hídrico. Banco Interamericano de Desarrollo, Monografía No. 258, Washington D.C.
- TEEB. 2009. The Economics of Ecosystems & Biodiversity. Obtenido de TEEB Climate Issues Update: <http://www.teebweb.org/publication/climate-issues-update/>, en noviembre de 2014.

Parámetro o variable	Valor	Unidad	Medida que se usa la información*						Fuente de información
			R. hídrico						
			1	2	3	4	5	6	
Absorción de CO2 del bosque	16,22	Ton/ha/año	X					X	IPCC (2003)
Área plantaciones comerciales en Colombia	405.000	ha					X		BID-CEPAL-DNP (2014), FAO (2010)
Aumento en la capacidad de carga por manejo de pastos mejorados	3	cab/ha			X				CAEM (2014b)
Capacidad de carga - cabezas de ganado por hectárea	0,6	cab/ha			X	X			Fedegán (2006)
Capacidad del reservorio	1.300	m3	X			X			Galarza (2011)
Construcción e instalación de sistema de potabilización	150.000	COP\$				X			CAEM (2014a)
Conversión a CO2 por ha/año para especies dendroenergéticas	1,56	Factor					X		CAEM (2014a)
Conversión de contenido de Carbono a absorción de CO2	3,67	Factor		X	X	X		X	IPCC (2006)
Costo bancos forrajeros	9.987.000	COP\$/ha			X				ECOLOGIC (2013)
Costo de una hectárea de cerca viva	1.084.597	COP\$/ha		X					Ministerio de Agricultura (2012)
Costo promedio estufas eficientes de leña	745.000	COP\$						X	Agroterroneras (s.f.)
Costo sistema silvopastoril	3.069.491	COP\$/ha		X					Ministerio de Agricultura (2012)
Diseño y montaje de un Sistema de Información (SI) agro-meteorológico y de plantaciones comerciales	394.800.000	COP\$						X	L. Botero, experto (CAEM 2014 b)
Factor de expansión a biomasa total	1,3	Factor		X		X	X	X	IPCC (2006)
Fracción de carbono en bosques (Carbon fraction on aboveground biomass)	0,47	Factor			X			X	IPCC (2006)
Fracción de Carbono en la biomasa de plantaciones	0,5	Factor		X		X	X	X	IPCC (2006)
Incremento en la producción forestal potencial a nivel nacional	6,2	%						X	BID-CEPAL-DNP (2014)
Incremento Medio Anual en toneladas de materia seca, promedio para especies incluidas en el análisis de EIECC (E.pellita, G.arborea, P.caribaea, P.patula y T.grandis)	16	Ton/ha/año						X	IPCC (2006)

* 1, Prácticas para el manejo del agua; 2, Herramientas de manejo del paisaje; 3, Manejo de pastos mejorados; 4, Sistemas de almacenamiento de agua y riego; 5, Sistemas de información agrometeorológica; 6, Sistemas dendroenergéticos.



Parámetro o variable	Valor	Unidad	Medida que se usa la información*						Fuente de información
			R. Hídrico		Granadero		Forestal		
			1	2	3	4	5	6	
Ingresos por venta de madera	11.272.800	COP\$/ha	X						ECOLOGIC SAS (2013)
Porcentaje de la superficie a revegetalizar por hectárea	10	%	X		X				CAEM (2014a)
Porcentaje de superficie plantada considerado	30	%				X			CAEM (2014a)
Precio carne	2.700	kg/ha/año		X	X				Fedegán (s.f.a)
Precio de la tonelada de CO2 en los mercados de Carbono	6	USD\$	X		X	X	X		SOFCM (2013)
Precio del fertilizante NPK 25-15-0	33.335	COP\$/ha		X					Fedegán (s.f.b)
Precio del fertilizante NPK 18-18-18	35.430	COP\$/ha		X					Fedegán (s.f.b)
Precio leche	714	COP\$/lt	X	X					Fedegán (s.f.a)
Precio promedio del m3 de agua	5	COP\$/m3		X					F. Urrego, experto (CAEM, 2014 b)
Precio promedio, en pie, de madera (para astilla, pulpa o tablero) de <i>E.peltita</i> , <i>G.carborea</i> , <i>P.caribaea</i> , <i>P.patula</i> y <i>T.grandis</i> , en Colombia	30.000	COP\$/m3			X				CAEM (2014b)
Precio semilla <i>Brachiaria brizantha</i>	300.000	COP\$/ha		X					Fedegán (s.f.b)
Precio semilla <i>Brachiaria decumbens</i>	295.000	COP\$/ha		X					Fedegán (s.f.b)
Precio semilla <i>Lolium multiflorum</i> (Rye Grass)	447.400	COP\$/ha		X					Fedegán (s.f.b)
Producción anual de carne	116	kg/ha/año	X	X					Fedegán (s.f.a)
Producción anual de leche	476	lt/ha/año	X	X					Fedegán (s.f.a)
Producción total por hectárea con 0,6 cab/ha	653.064	COP\$/ha/año	X	X					CAEM (2014a)
Producción total por hectárea con 3,5 cab/ha	3.809.540	COP\$/ha/año	X	X					CAEM (2014a)

* 1. Prácticas para el manejo del agua; 2. Herramientas de manejo del paisaje; 3. Manejo de pastos mejorados; 4. Sistemas de almacenamiento de agua y riego; 5. Sistemas de información agrometeorológica; 6. Sistemas de endeoenergéticos.

* 1, Prácticas para el manejo del agua; 2, Herramientas de manejo del paisaje; 3, Manejo de pastos mejorados; 4, Sistemas de almacenamiento de agua y riego; 5, Sistemas de información agrometeorológica; 6, Sistemas de endoenergéticos.

Parámetro o variable	Valor	Unidad	Medida que se usa la información*						Fuente de información
			R. Hídrico		Ganadería		Forestal		
			1	2	3	4	5	6	
Recolección y procesamiento de datos	6.958.800.000	COP\$						X	L. Botero, experto (CAEM 2014 b)
Reducción de emisiones por evitar deforestación	3,863	ton/ha						X	IPCC (2006)
Relación entre la biomasa aérea y la biomasa de raíces	1,17	Factor					X	X	IPCC (2006)
Relación entre la biomasa aérea y la biomasa de raíces en bosque natural	1,37	Factor				X		X	IPCC (2006)
Relación entre la biomasa aérea y la biomasa de raíces.	1,17	Factor			X				IPCC (2006)
Relación entre la biomasa aérea y la Conversión de contenido de Carbono a absorción de CO2	3,67	Factor						X	IPCC (2006)
Reservorio (atiende 1,5 has)	0,67	unidad/ hectárea		X		X			Galarza (2011)
Seguimiento a la información y actualización del sistema de información	1.375.600.000	COP\$						X	L. Botero, experto (CAEM 2014 b)
Servicio ecosistémico - Agua	143	USD\$/ha/año		X	X	X	X	X	TEEB (2009)
Servicio ecosistémico - Influencia en la calidad del aire	230	USD\$/ha/año						X	TEEB (2009)
Servicio ecosistémico - Prevención de erosión	694	USD\$/ha/año		X	X	X	X	X	TEEB (2009)
Servicio ecosistémico - Recursos Genéticos	483	USD\$/ha/año			X			X	TEEB (2009)
Servicio ecosistémico - Regulación hídrica	1.360	USD\$/ha/año					X	X	TEEB (2009)
Tasa anual de deforestación (porcentaje de cambio en coberturas)	0,05	Porcentaje anual						X	IPCC (2006)
Tasa de cambio (Agosto 1 de 2014)	1.878,70	USD\$/ COP\$		X	X	X	X	X	Banco de la República (s.f.)
Tasa por uso del Agua Corpoguavio	5	COP\$/m3		X					F. Urrego, experto (CAEM, 2014 b)
Toneladas de materia seca (Annual average aboveground biomass increment in plantations by broad category)	16	ha/año						X	IPCC (2003)
Toneladas de materia seca Bosque Tropical (Above ground biomass in forest)	120	ton/ha				X		X	IPCC (2006)
Tratamiento de residuos/purificación del agua	177	USD\$/ha/año					X		TEEB (2009)

* 1, Prácticas para el manejo del agua; 2, Herramientas de manejo del paisaje; 3, Manejo de pastos mejorados; 4, Sistemas de almacenamiento de agua y riego; 5, Sistemas de información agrometeorológica; 6, Sistemas dendroenergéticos.

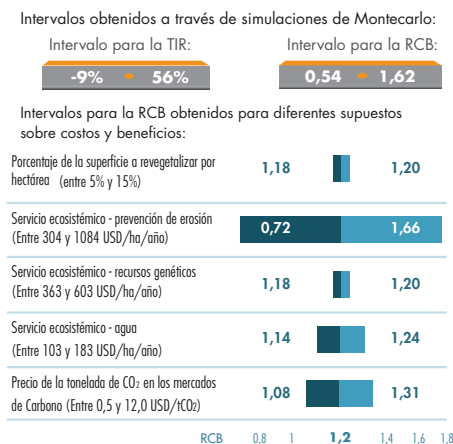
* 1, Prácticas para el manejo del agua; 2, Herramientas de manejo del paisaje; 3, Manejo de pastos mejorados; 4, Sistemas de almacenamiento de agua y riego; 5, Sistemas de información agrometeorológica; 6, Sistemas dendroenergéticos.



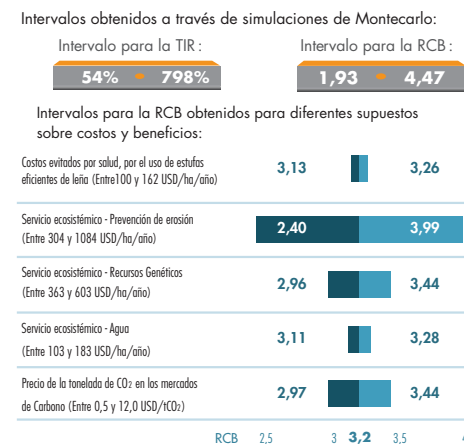
Anexo II: Análisis de sensibilidad de los resultados

■ **Figura 13.** Indicadores del ACB de las medidas de adaptación, considerando diferentes valores para los costos y beneficios

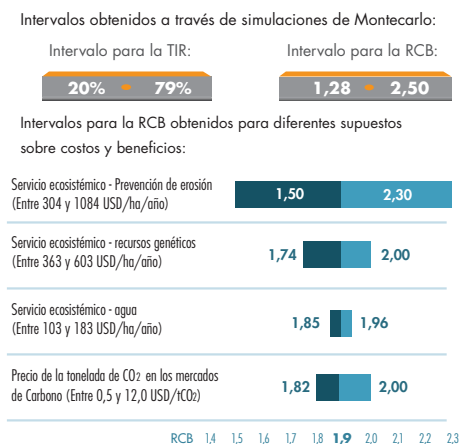
Prácticas para el manejo del agua



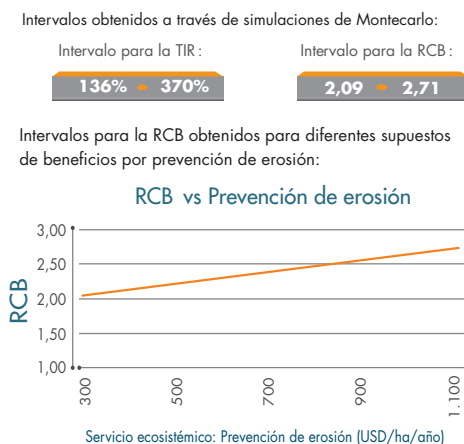
Sistemas dendroenergéticos



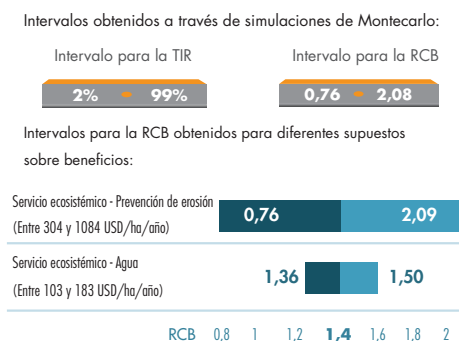
Herramientas de manejo del paisaje



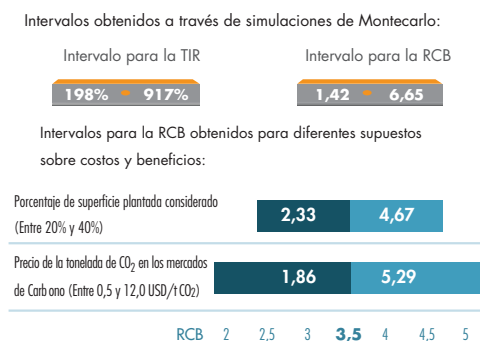
Manejo de pastos mejorados



Sistemas de almacenamiento de agua



Sistema de información agroclimática



Fuente: Elaboración propia

IMPACTOS ECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN COLOMBIA

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

Publicaciones relacionadas:

- Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia: Síntesis
- Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia: Sector Transporte
- Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia: Sector Ganadero
- Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia: Sector Pesquero
- Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia: Sector Forestal
- Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia: Recurso Hídrico
- Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia: Costos Económicos de los Eventos Extremos
- Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia: Especies Nativas y Biocomercio



DNP Departamento
Nacional
de Planeación

