



NATURE-BASED INFRASTRUCTURE
GLOBAL RESOURCE CENTRE

Valoración de activos sostenibles de la recuperación del río Bogotá, Colombia

Infraestructura híbrida para reducir el riesgo de inundaciones y mejorar la calidad del agua en el río Bogotá

REPORTE IBN

Apoyado por



Dirección





© 2026 International Institute for Sustainable Development
Publicado por el Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible
Licencia de [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

El **Centro de Recursos Globales para la Infraestructura basada en la Naturaleza** tiene como objetivo mejorar la evidencia sobre la infraestructura basada en la naturaleza (IBN) para prestar servicios de infraestructura y adaptarse al cambio climático, al tiempo que genera beneficios ambientales, sociales y económicos adicionales. Proporciona datos, capacitación y valoraciones personalizadas de proyectos de IBN, basadas en los últimos avances en pensamiento sistémico y modelización financiera.

El Centro es una iniciativa liderada por el Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible (IISD), con el apoyo financiero del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF por sus siglas en inglés) y la Fundación MAVA, en colaboración con la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI).

IISD

nbi.iisd.org

UNIDO

unido.org

GEF

thegef.org

MAVA

mava-foundation.org

Valoración de activos sostenibles de la recuperación del río Bogotá, Colombia: Infraestructura híbrida para reducir el riesgo de inundaciones y mejorar la calidad del agua en el río Bogotá

Abril de 2026

Elaborado por Andrea M. Bassi and Nathalia Niño

Foto: CAR

El Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible (IISD) se responsabiliza por las opiniones, los datos estadísticos y los cálculos que contienen las publicaciones, por lo que no debe considerarse que estos reflejan necesariamente el parecer de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO) o el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), ni que estos organismos los ratifiquen. Aunque se pondrá el máximo cuidado para mantener la exactitud de la información que aquí se expone, la ONUDI no asume ninguna responsabilidad por las consecuencias que puedan derivar del uso del material.



NATURE-BASED INFRASTRUCTURE
GLOBAL RESOURCE CENTRE

Apoyado por



Dirección





Agradecimientos

Agradecemos al equipo del Banco Mundial por su colaboración y apoyo durante el desarrollo de esta evaluación. En particular, reconocemos a Daniela Villalba por coordinar la interacción con las partes interesadas y facilitar el acceso a la información; a Gonzalo Gutiérrez Goizueta por sus aportes en datos y revisión metodológica; y a Klaas de Groot por su orientación en la definición del alcance del análisis. También agradecemos al Global Water Security and Sanitation Partnership por proporcionar los recursos necesarios para el apoyo del Banco Mundial.

Este trabajo ha sido preparado con el apoyo del Banco Mundial y contribuciones externas. Los hallazgos, interpretaciones y conclusiones no reflejan necesariamente las opiniones del Banco Mundial, su directorio ejecutivo ni los gobiernos que representa. El Banco Mundial no garantiza la exactitud de los datos incluidos.

Asimismo, agradecemos la valiosa participación y los aportes técnicos de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), fundamentales para el desarrollo del análisis.

Liesbeth Casier revisó el análisis y el informe, y aportó comentarios valiosos.

Contribuciones de los autores

Los autores se listan en orden alfabético. Andrea M. Bassi revisó el modelo, los resultados y el informe, y contribuyó a la interpretación de los resultados. Nathalia Niño coordinó las comunicaciones con el Banco Mundial, desarrolló el modelo en Excel basado en pensamiento sistémico y el análisis de costo-beneficio integrado, contribuyó a la definición del alcance del análisis y lideró la redacción del informe.



Resumen ejecutivo

Contexto

La cuenca del río Bogotá ha enfrentado importantes desafíos ambientales y sociales asociados al crecimiento urbano, el deterioro de la calidad del agua y el riesgo recurrente de inundaciones. La limitada capacidad de tratamiento de aguas residuales, la degradación de humedales y zonas ribereñas, y la ocupación de planicies de inundación han reducido la capacidad del río para cumplir funciones ecológicas y regular los flujos hídricos. Estas presiones se han intensificado por la variabilidad climática y eventos de lluvias extremas, como el episodio de La Niña de 2010–2011. En conjunto, estos factores evidencian la necesidad de enfoques coordinados y sostenibles para la gestión del agua y la resiliencia frente a inundaciones a escala de cuenca.

Esta evaluación de **Valoración de Activos Sostenibles (SAVi)** analiza las implicaciones económicas, ambientales y sociales a largo plazo del Proyecto de Recuperación Ambiental y Control de Inundaciones del Río Bogotá, implementado con financiamiento del Banco Mundial. Desarrollada por el IISD en colaboración con el Banco Mundial, la evaluación examina el desempeño de las intervenciones en la cuenca media y alta del río. Asimismo, explora cómo la infraestructura híbrida, que combina infraestructura gris e infraestructura basada en la naturaleza (IBN), aporta valor al proyecto. Más allá de evaluar impactos, el análisis busca orientar la planificación futura y resaltar la importancia de enfoques integrales a nivel de cuenca.

El proyecto incluye varias intervenciones complementarias orientadas a mejorar la calidad del agua, fortalecer la capacidad hidráulica y restaurar funciones ecológicas, entre ellas:

- La expansión y optimización de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Salitre
- Medidas de adaptación hidráulica, como dragado, ampliación del canal y reubicación de diques
- Acciones de restauración ecológica, incluyendo rehabilitación de humedales, revegetación ribereña y creación de áreas multifuncionales que amortiguan inundaciones y generan espacio público

En conjunto, estas medidas contribuyen a reducir la carga contaminante, mejorar la regulación de flujos y fortalecer las condiciones ambientales para las comunidades de la cuenca.

Metodología

La evaluación SAVi aplica un enfoque multimétodo que combina pensamiento sistémico y análisis económico cuantitativo. Se desarrolló un diagrama de bucles causales (CLD por sus siglas en inglés) junto con el Banco Mundial y la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) para identificar indicadores sociales, ambientales y económicos clave.



Estos insumos permitieron definir escenarios y diseñar un análisis de costo-beneficio (ACB) integrado en Excel para el período 2010–2060, aplicando una tasa de descuento del 9%.

El estudio compara un escenario de línea base (BAU del inglés Business As Usual) con un escenario de infraestructura híbrida que refleja la implementación completa del proyecto. Dentro del escenario híbrido, se modelan dos variantes espaciales: una que incluye la cuenca alta y la cuenca media, y otra que restringe el análisis únicamente a la cuenca media.

El ACB cuantifica los costos de inversión, los costos de operación y mantenimiento, los beneficios adicionales derivados de los servicios ecosistémicos, el valor de la propiedad y el almacenamiento de carbono, así como los costos evitados relacionados con los daños por inundaciones. Varios beneficios adicionales identificados en el proceso de pensamiento sistémico —incluyendo mejoras en la salud, pérdidas agrícolas evitadas, beneficios para la biodiversidad y usos recreativos— permanecen sin cuantificar debido a la falta de datos, lo que hace que los resultados sean conservadores.

Resultados y conclusiones

El ACB integrado muestra que el desempeño económico del proyecto varía según el alcance geográfico considerado. Cuando el análisis incluye la cuenca alta y la cuenca media, los costos totales descontados ascienden a USD 1.299 millones, mientras que los beneficios agregados y los costos evitados alcanzan USD 1.647 millones. Bajo este escenario más amplio, el proyecto alcanza una tasa interna de retorno (TIR) de 11,80% y una relación beneficio-costos de 1,27. Cuando el alcance se limita a la cuenca media, los beneficios permanecen por debajo de los costos totales, resultando en una TIR de 4,25% y una relación beneficio-costos de 0,72. El factor clave que explica esta diferencia es el mayor nivel de daños por inundaciones evitados cuando se incluyen los impactos aguas arriba, lo que subraya la importancia de evaluar los proyectos fluviales a escala de cuenca.

La tabla ES1 resume los resultados del ACB descontado para los dos escenarios híbridos, expresados en millones de USD para el período 2010-2060 con una tasa de descuento del 9 %.

Tabla ES1. Resultados del ACB integrado en millones de USD (valores acumulados descontados entre 2010 y 2060 con una tasa del 9%)¹

ACB, valores acumulados descontados entre 2010 y 2060	Escenario infraestructura híbrida	
	Cuenca alta y media	Solo cuenca media
Costos totales	1.299	1.299
Costos de capital	930	930
Costos de operación y mantenimiento	369	369

¹ En este estudio, los puntos se usan para la separación de miles y las comas, para la separación de decimales.



ACB, valores acumulados descontados entre 2010 y 2060	Escenario infraestructura híbrida	
	Cuenca alta y media	Solo cuenca media
Beneficios agregados totales	819	819
Valor de servicios ecosistémicos	554	554
Almacenamiento de carbono	4	4
Valor de la propiedad	261	261
Costos evitados totales	828	110
Daños por inundaciones	828	110
Beneficios netos	349	(369)
RBC	1,27	0,72
TIR	11,80%	4,25%

Fuente: Autores.

Las intervenciones híbridas muestran un desempeño económico más sólido cuando se evalúan desde una perspectiva territorial más amplia, ya que esto permite capturar las interrelaciones hidrológicas aguas arriba y aguas abajo, así como un conjunto más completo de beneficios. Las mejoras en los servicios ecosistémicos representan la mayor proporción de los beneficios agregados, lo que refleja el valor que los hogares otorgan a vías fluviales más limpias, entornos más verdes y una mejor calidad ambiental. No fue posible cuantificar algunos indicadores identificados durante el proceso de pensamiento sistémico, como las pérdidas agrícolas evitadas, las mejoras en salud relacionadas con la calidad del agua, los beneficios para la biodiversidad y los usos recreativos. Por lo tanto, los resultados presentados probablemente constituyen una estimación conservadora del valor total del proyecto.

La evaluación también ofrece información relevante para la resiliencia climática: la combinación de infraestructura gris e IBN contribuye a fortalecer la capacidad del sistema para gestionar futuros cambios hidrológicos mediante la restauración de planicies de inundación naturales, el fomento de la infiltración y la reducción de las cargas contaminantes. Estas funciones adquieren una relevancia creciente en la medida en que los escenarios climáticos proyectan cambios en los patrones de precipitación y posibles incrementos en la frecuencia de eventos extremos.

Los beneficios del proyecto alcanzan a diversos grupos. Las comunidades de la cuenca media experimentan mejoras en las condiciones ambientales, una reducción de la exposición al riesgo de inundaciones y aumentos en el valor de la propiedad. Las comunidades aguas arriba se benefician de la reducción de daños por inundaciones, asociada a una mejora en el desempeño hidráulico aguas abajo. La población en general de Bogotá se beneficia de un



mejor tratamiento de aguas residuales, mayores servicios ecosistémicos y una mayor resiliencia frente a impactos relacionados con el clima. La restauración ecológica también contribuye a mejoras ambientales más amplias, como la captura de carbono y la recuperación de hábitats ribereños.

En conjunto, la evaluación SAVi indica que la infraestructura híbrida puede generar beneficios económicos, ambientales y sociales significativos cuando se evalúa a escala de cuenca completa. Los resultados destacan la importancia de integrar medidas basadas en la naturaleza en la gestión del río Bogotá y subrayan el valor de una planificación coordinada para apoyar la recuperación ambiental y la resiliencia a largo plazo en la cuenca.



Índice

1.0 Introducción.....	1
2.0 Metodología y supuestos	5
2.1 Valoración de Activos Sostenibles	5
2.2 Importancia del pensamiento sistémico	6
2.3 Diagrama de bucles causales	7
2.4 Escenarios modelados	11
2.5 Análisis de costo-beneficio integrado	14
2.6 Limitaciones e interpretación de los resultados	15
3.0 Resultados.....	17
4.0 Conclusiones y recomendaciones	20
Referencias.....	22
Apéndice A. Datos de entrada, métodos y supuestos	23
Apéndice B. Resultados sin descuento	30



Lista de figuras

Figura 1. Mapa del proyecto del río Bogotá en la fase inicial de evaluación	3
Figura 2. Metodología SAVi.....	6
Figura 3. CLD de las principales dinámicas que afectan la calidad del agua y el control de inundaciones (cuena media del río Bogotá).....	10
Figura 4. Progreso en la PTAR Salitre en 2021	12
Figura 5. Área multifuncional en temporada seca, octubre de 2022 (primera figura), y en temporada de lluvias, noviembre de 2022 (segunda figura)	12
Figura 6. Recuperación ambiental y control de inundaciones del río Bogotá: concepto del proyecto	13

Lista de tablas

Tabla ES1. Resultados del ACB integrado en millones de USD (valores acumulados descontados entre 2010 y 2060 con una tasa del 9%).....	v
Tabla 1. Indicadores incluidos en el ACB.....	15
Tabla 2. Resultados del ACB integrado en millones de USD, acumulados y descontados entre 2010 y 2060 (tasa de descuento del 9%)	17
Tabla A1. Costos de capital: resumen de los cálculos por indicador.....	24
Tabla A2. Costos de O&M: resumen de los cálculos por indicador.....	25
Tabla A3. Valor de los servicios ecosistémicos: cálculos por indicador.....	26
Tabla A4. Valor de la propiedad: resumen de los cálculos por indicador	28
Tabla A5. Daños por inundaciones: resumen de los cálculos por indicador.....	29
Tabla B1. Resultados del ACB integrado en millones de USD, acumulados y sin descuento, entre 2010 y 2060	30



Acrónimos y abreviaturas

ACB	análisis de costo-beneficio
adim	adimensional
BAU	línea base (del inglés business as usual)
CapEX	gastos de capital (capital expenditure)
CAR	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca
CLD	Diagrama de bucle causal
CO₂	dióxido de carbono
COP	peso colombiano
CPI	índice de precios al consumidor
IBN	infraestructura basada en la naturaleza
O&M	operación y mantenimiento
PTAR	planta de tratamiento de aguas residuales
RBC	relación beneficio-coste
SAVi	valoración de activos sostenibles (Sustainable Asset Valuation)
TIR	tasa interna de retorno
USD	dólar estadounidense



Glosario

Descuento	Proceso financiero para determinar el valor presente de un valor futuro del flujo de caja.
Indicador	Parámetros de interés para una o varias partes interesadas que proporcionan información sobre la evolución de variables clave del sistema a lo largo del tiempo y las tendencias que se desarrollan bajo condiciones específicas (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [UNEP, 2014]).
Tasa interna de retorno (TIR)	Indicador de la rentabilidad potencial de una inversión. La TIR es la tasa de descuento que hace que el valor presente neto (VPN) de todos los flujos de caja de un proyecto sea igual a cero. El flujo de caja neto de financiamiento permite calcular la TIR del capital.
Metodología	Enfoque(s) teórico(s) utilizados para el desarrollo de distintos tipos de herramientas de análisis y modelos de simulación. Este cuerpo de conocimiento describe tanto los supuestos subyacentes como los instrumentos cualitativos y cuantitativos para la recopilación de datos y la estimación de parámetros (UNEP, 2014).
Infraestructura basada en la naturaleza (IBN)	Subconjunto de las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) con un enfoque en los servicios de infraestructura proporcionados por la naturaleza. El NBI Global Resource Centre define la IBN como: “ecosistemas naturales o paisajes funcionales que pueden conservarse, rehabilitarse y mantenerse para mejorar capacidades y reducir la necesidad de infraestructura gris, así como infraestructura híbrida que combina obras de ingeniería con soluciones basadas en la naturaleza (SbN)” (Bechauf et al., 2022).
Beneficios netos	Valor acumulado de los beneficios monetarios generados en todos los sectores y actores a lo largo de la vida útil de las inversiones en comparación con la línea base, reportado bajo el escenario de intervención.
Escenarios	Expectativas sobre posibles eventos futuros utilizadas para analizar respuestas potenciales a dichos desarrollos. El análisis de escenarios es un ejercicio prospectivo en el que se identifican, describen y analizan distintas alternativas de desarrollo futuro para discutir sus causas y sus posibles consecuencias sobre el sistema (por ejemplo, un país o una empresa).
Modelo de simulación	Representaciones simplificadas de la realidad que ayudan a reducir la complejidad y describen cómo funciona un sistema. Los modelos de simulación son de naturaleza cuantitativa y pueden construirse utilizando una o varias metodologías (UNEP, 2014).



1.0 Introducción

La cuenca del río Bogotá se extiende aproximadamente sobre 6.000 km² a lo largo del departamento de Cundinamarca y la ciudad de Bogotá. El cauce principal del río atraviesa 46 municipios, incluida la capital. El río desempeña un papel central en la región, ya que constituye una fuente de agua potable en su cuenca alta y sustenta una amplia variedad de actividades económicas, como la agricultura, la producción ganadera y la generación de energía. A pesar de su importancia, la cuenca enfrenta desafíos persistentes relacionados con la contaminación del agua, la degradación ambiental y el riesgo de inundaciones, con implicaciones que se extienden a lo largo de sus tramos alto, medio y bajo.

Durante varias décadas, la rápida urbanización, el crecimiento industrial y la insuficiente infraestructura de tratamiento de aguas residuales han contribuido a un deterioro significativo de la calidad del agua del río. Para 2010, Bogotá, que entonces contaba con aproximadamente 7,3 millones de habitantes, vertía prácticamente todas sus aguas residuales al río Bogotá a través de sus tres principales afluentes: los ríos Salitre, Fucha y Tunjuelo (World Bank, 2023). Como resultado, los vertimientos urbanos sin tratamiento se convirtieron en la principal fuente de contaminación orgánica y química en la cuenca media, afectando las condiciones ecológicas aguas abajo y los usos humanos del río (World Bank, 2023).

La cuenca media del río Bogotá también se caracteriza por la presencia de extensos sistemas de humedales, que históricamente han proporcionado hábitat para la biodiversidad, oportunidades recreativas y regulación natural de la calidad del agua y los flujos hídricos. Sin embargo, estos humedales han experimentado una disminución severa, pasando de una superficie estimada de 50.000 hectáreas en 1950 a aproximadamente 1.000 hectáreas en 2009 (World Bank, 2010). Esta pérdida ha debilitado significativamente la capacidad natural del río para amortiguar inundaciones, filtrar contaminantes y sostener funciones ecológicas.

El riesgo de inundación en la cuenca del río surge de una combinación de factores hidrológicos y geomorfológicos, incluyendo altas precipitaciones, niveles elevados de aguas subterráneas y condiciones limitadas de escorrentía. En el momento de la evaluación inicial del proyecto, los estándares de protección contra inundaciones a lo largo del río eran limitados, con la mayoría de los tramos diseñados para periodos de retorno de 25 años y algunos con protección de solo 10 años, muy por debajo del estándar de 100 años adoptado por la ciudad de Bogotá (World Bank, 2010). Estas condiciones dejaban amplias áreas y poblaciones expuestas a inundaciones recurrentes.

La variabilidad climática ha intensificado aún más estas presiones. Eventos extremos de precipitación, como los registrados durante el episodio de La Niña de 2010–2011, demostraron cómo las vulnerabilidades existentes pueden amplificarse cuando las lluvias superan los niveles históricos. Durante este evento, aproximadamente 785.573 viviendas se vieron afectadas a nivel nacional, incluyendo 957 hogares en Bogotá (Econometría S.A., 2023). Estos episodios ilustran cómo, bajo condiciones de lluvias más intensas, el riesgo de inundación aumenta debido a la limitada capacidad hidráulica y la pérdida de amortiguadores naturales.



Estas presiones ambientales y físicas se han traducido en impactos sociales y económicos tangibles. Los niveles extremadamente altos de contaminación en el río Bogotá han afectado la salud de las poblaciones que dependen de su agua, incrementando los costos para actividades económicas dependientes del recurso hídrico, influyendo en los patrones de uso del suelo y en el valor de la propiedad a lo largo del corredor del río, y limitando las oportunidades de recreación y otros usos beneficiosos. La rápida expansión urbana también ha contribuido a la canalización del río, la destrucción de humedales y la ocupación de áreas propensas a inundaciones por comunidades de bajos ingresos. La preocupación pública por estas tendencias ha sido persistente: una encuesta de 2008 indicó que casi la mitad de la población de Bogotá identificaba la contaminación del río Bogotá como uno de los principales problemas ambientales de la ciudad (World Bank, 2023).

El Proyecto de Recuperación Ambiental y Control de Inundaciones del Río Bogotá fue desarrollado con financiamiento y apoyo técnico del Banco Mundial con el objetivo de mejorar la calidad del agua, aumentar la capacidad hidráulica y restaurar áreas ecológicas a lo largo de la cuenca media del río. Su diseño combina infraestructura gris convencional con infraestructura basada en la naturaleza (IBN), buscando reducir las cargas contaminantes, aumentar la capacidad de flujo y reintroducir funciones ecológicas que contribuyan a mitigar el riesgo de inundaciones y mejorar la calidad ambiental.

Un componente central del proyecto es la ampliación y modernización de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Salitre. Como una de las principales instalaciones de tratamiento de aguas residuales que sirven a Bogotá, su capacidad mejorada reduce la cantidad de contaminación que ingresa al río. Complementariamente, las medidas de adaptación hidráulica del proyecto —incluyendo la ampliación del canal, el dragado y la reubicación de diques— permiten al río manejar mayores volúmenes de agua y reducir los riesgos de inundación. Junto con estas intervenciones de infraestructura gris, la restauración de humedales y la creación de áreas ecológicas multifuncionales contribuyen a recuperar procesos naturales de filtración, proporcionar hábitat para la biodiversidad local y generar espacios públicos accesibles.



La integración de la IBN dentro de estas intervenciones proporciona un complemento valioso a la infraestructura gris tradicional. Los humedales restaurados, los meandros y las áreas multifuncionales mejoran la calidad del agua, incrementan la capacidad de amortiguamiento frente a inundaciones y contribuyen a beneficios ambientales y sociales más amplios que serían más limitados en un enfoque basado únicamente en infraestructura gris. Estos componentes basados en la naturaleza también fortalecen la resiliencia climática a largo plazo al restaurar funciones que ayudan a regular los flujos de agua y mejorar los ecosistemas ribereños.

El proyecto ya ha sido completamente implementado, con su finalización en 2023, aunque las autoridades locales continúan desarrollando esfuerzos adicionales de restauración ecológica en el área. Los resultados del proyecto ofrecen una oportunidad para evaluar el desempeño conjunto de la infraestructura gris y verde, analizar los co-beneficios e informar la planificación futura en las zonas aguas arriba de la cuenca del río Bogotá. Este es el propósito de la evaluación de Valoración de Activos Sostenibles (SAVi), llevada a cabo por el Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible en colaboración con el Banco Mundial, que tiene como objetivo cuantificar los impactos sociales, ambientales y económicos de las intervenciones y evaluar su desempeño económico bajo distintos escenarios. La evaluación también permite identificar combinaciones eficientes entre infraestructura basada en la naturaleza e infraestructura gris, lo que puede apoyar la toma de decisiones en estrategias futuras de inversión y planificación de la restauración fluvial.

El desarrollo y la implementación de los esfuerzos de recuperación del río Bogotá han involucrado a una amplia gama de instituciones. La estructuración formal del proyecto comenzó en junio de 2007 con la firma del Convenio 171: un acuerdo entre la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), la Secretaría Distrital de Ambiente y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), que estableció un marco para la planificación conjunta y la inversión coordinada en la cuenca media. Durante la implementación del proyecto, el Banco Mundial proporcionó financiamiento y asistencia técnica, trabajando estrechamente con la CAR (como entidad ejecutora), junto con la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, gobiernos municipales, grupos comunitarios y organizaciones ambientales.

Al valorar los beneficios ambientales y sociales asociados a la infraestructura híbrida, la evaluación SAVi busca fortalecer la base de evidencia para las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) en la gestión de cuencas fluviales. Más allá del río Bogotá, los resultados ofrecen enseñanzas relevantes para otras regiones de Colombia que buscan integrar la restauración ecológica con la protección frente a inundaciones y la mejora de la calidad del agua mediante enfoques coordinados a escala de cuenca.



2.0 Metodología y supuestos

El análisis se llevó a cabo utilizando la metodología SAVi, que aplica un enfoque multimétodo. El proceso comenzó con la elaboración de un mapa del sistema que permitió comprender las interrelaciones entre las variables sociales, ambientales y económicas del sistema; este mapa fue validado por el equipo del Grupo del Banco Mundial y el equipo de la CAR. A continuación, se realizó una revisión de la literatura sobre los impactos observados, que se utilizó como base del análisis económico desarrollado por Econometría S.A. en 2023. Estos insumos orientaron el desarrollo de escenarios y la cuantificación de impactos, la cual se llevó a cabo en un modelo basado en Excel utilizando un enfoque fundamentado en datos locales. Más detalles sobre la metodología SAVi se presentan en las siguientes secciones.

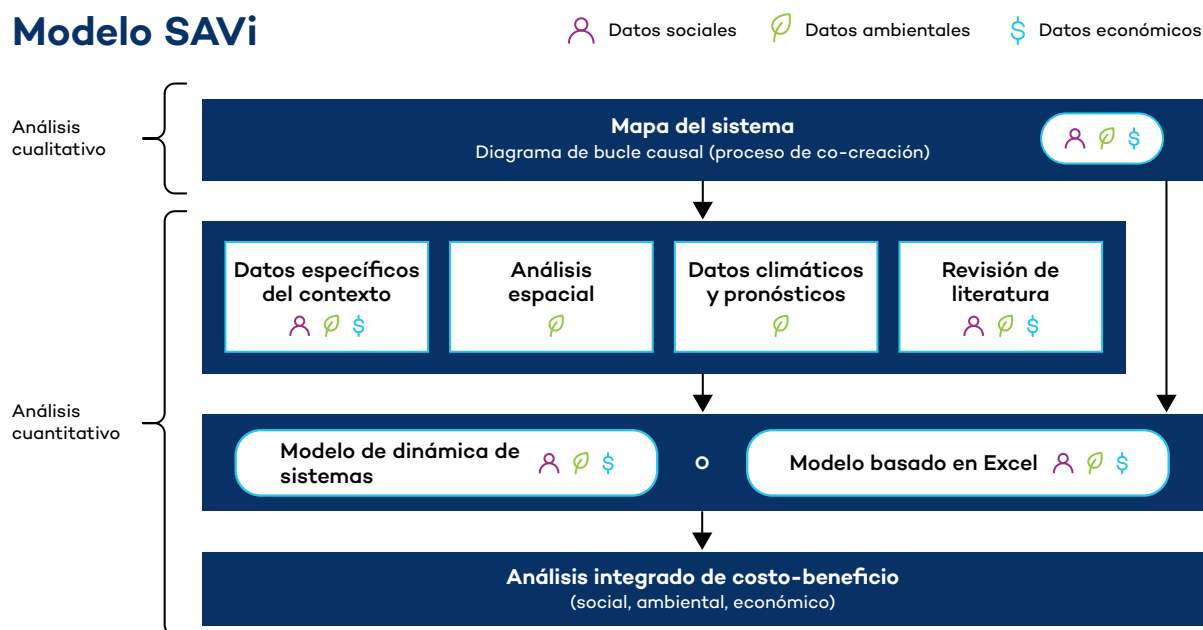
2.1 Valoración de Activos Sostenibles

SAVi es una metodología de evaluación que proporciona a los responsables de la formulación de políticas y a los inversores un análisis integral del ciclo de vida de los proyectos de infraestructura (véase la Figura 2). Esta metodología considera impactos que con frecuencia se pasan por alto. Al combinar el pensamiento sistémico y la modelización financiera de proyectos, SAVi captura los costos totales de los proyectos de infraestructura, incluidos los riesgos ambientales, sociales, económicos y de gobernanza. Mediante el cálculo del valor monetario de las externalidades, evalúa el valor económico de una inversión además de su desempeño financiero.

La metodología SAVi combina herramientas cualitativas y cuantitativas para desarrollar un análisis de costo-beneficio (ACB) integrado en evaluaciones de IBN. Este enfoque holístico permite que las decisiones de inversión se alineen con las prioridades de desarrollo regional, la adaptación al cambio climático y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, garantizando un resultado financieramente sólido y sostenible.



Figura 2. Metodología SAVi



Fuente: Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible (IISD).

2.2 Importancia del pensamiento sistémico

El enfoque SAVi se basa en el pensamiento sistémico, una metodología holística que considera las complejas interconexiones entre los distintos factores dentro de un sistema. Este constituye el primer paso de la metodología SAVi (véase la Figura 2). Mediante el uso de este enfoque, nuestro estudio analiza cómo interactúan los distintos indicadores y variables dentro del sistema. Profundiza en las relaciones complejas y las interdependencias entre indicadores clave y entre las dinámicas sociales, económicas y ambientales. La comprensión de estas interconexiones proporciona una perspectiva más matizada, que permite identificar los principales impulsores y dinámicas que influyen en los medios de vida de las comunidades locales.

El pensamiento sistémico también ayuda a identificar puntos de entrada de política: áreas o aspectos específicos dentro del sistema donde las intervenciones o políticas pueden generar los mayores impactos. Una comprensión sistémica permite adoptar un enfoque estratégico para la formulación de políticas al revelar puntos de apalancamiento y áreas donde las intervenciones pueden ser más efectivas. Los responsables de la formulación de políticas que cuentan con conocimiento sobre estos puntos de entrada pueden priorizar y orientar sus esfuerzos, maximizando así la eficiencia y eficacia de las intervenciones de política.

En resumen, al aplicar el pensamiento sistémico, nuestro estudio logra varios objetivos clave: obtener una comprensión integral del problema; reconocer la interconexión entre indicadores clave; identificar los principales impulsores y dinámicas; y determinar los puntos de entrada de política con mayor impacto.



2.3 Diagrama de bucles causales

Un diagrama de bucles causales (CLD por sus siglas en inglés) es una herramienta de pensamiento sistémico utilizada para visualizar cómo interactúan los distintos factores dentro de un sistema complejo mediante relaciones de causa y efecto. Al representar estas conexiones, un CLD permite identificar los bucles de retroalimentación —tanto reforzadores como de equilibrio— que determinan el comportamiento del sistema a lo largo del tiempo.

Para el Proyecto de Recuperación Ambiental y Control de Inundaciones del Río Bogotá, el CLD (véase la Figura 3) fue co-creado con el Banco Mundial y la CAR con el fin de capturar las interacciones sistémicas entre indicadores sociales, ambientales y económicos que influyen en el río y en las comunidades que lo rodean. Su propósito es (a) revelar las dinámicas subyacentes que han contribuido al deterioro de la calidad del agua y al aumento del riesgo de inundaciones, y (b) apoyar una comprensión más integrada de cómo las intervenciones de IBN pueden modificar estas dinámicas hacia resultados más sostenibles. El diagrama ilustra cómo el desarrollo urbano alrededor del río ha intensificado las presiones identificadas mediante el fortalecimiento de “bucles reforzadores”. También representa las consecuencias ambientales, sociales y económicas mediante “bucles de equilibrio”.

Dos bucles reforzadores, identificados con la letra “R”, representan procesos auto-reforzados que amplifican el cambio; una vez activados, estos procesos se intensifican con el tiempo. El bucle R1 describe cómo se ha desarrollado la expansión de la ciudad alrededor del río. A medida que aumenta la población urbana, se intensifica la expansión urbana, lo que a su vez atrae a más residentes y alimenta un mayor crecimiento, reforzando el ciclo. El bucle R2 recoge el aumento de las actividades económicas a lo largo del río Bogotá. La expansión urbana impulsa la actividad agrícola cerca de las riberas del río, lo que contribuye al crecimiento económico regional. Este aumento de la actividad económica, a su vez, fomenta una mayor expansión urbana, reforzando el bucle. Históricamente, esta dinámica también ha impulsado la ocupación de las riberas del río para actividades agrícolas, configurando los patrones de uso del suelo en la región.

Los bucles de equilibrio, identificados con la letra “B”, actúan para restablecer el equilibrio del sistema contrarrestando las presiones. En el caso de Bogotá, los efectos secundarios del desarrollo urbano funcionan como fuerzas de equilibrio que finalmente limitan la expansión urbana en las proximidades del río. Uno de los efectos secundarios más significativos es el aumento del riesgo de inundaciones. En el bucle B1, el crecimiento de la expansión urbana conduce a una mayor ocupación de áreas propensas a inundaciones, lo que incrementa el riesgo de inundación para las comunidades cercanas. Un mayor riesgo de inundación genera mayores costos de reconstrucción, lo que reduce los incentivos para continuar desarrollando estas áreas. El riesgo de inundación también puede verse amplificado por factores externos al sistema (mostrados en rojo en la Figura 3), como el cambio climático y los asentamientos informales en las riberas del río. Este aumento del riesgo afecta al valor de la propiedad, como se muestra en el bucle B2, donde una mayor exposición a inundaciones reduce el valor del suelo y de las propiedades cercanas al río. Las inundaciones también afectan al sector agrícola, como se ilustra en el bucle B3: eventos de inundación más frecuentes o más intensos aumentan las pérdidas agrícolas y elevan los costos de recuperación, lo que finalmente reduce la productividad agrícola en las zonas próximas al río.



Otro efecto secundario importante de la expansión urbana es la degradación de los humedales. Esta degradación está directamente vinculada a las presiones del desarrollo sobre el sistema fluvial. El bucle B5 muestra que la pérdida de humedales reduce su capacidad natural para absorber el exceso de agua, lo que incrementa el riesgo de inundación y refuerza las dinámicas descritas anteriormente.

La degradación de los humedales también afecta la calidad del agua, la biodiversidad y el almacenamiento de carbono, variables ambientales clave del sistema. En relación con la calidad del agua, el CLD muestra varios efectos. El deterioro de la calidad del agua reduce el valor de la propiedad cerca del río, como se indica en el bucle B4. También incrementa los costos de producción agrícola, como se representa en el bucle B6, ya que los agricultores que riegan con agua contaminada enfrentan mayores dificultades y costos asociados a la reducción de la productividad del suelo y al aumento de plagas.

La disminución de la calidad del agua también tiene consecuencias directas sobre la salud. Como se muestra en el bucle B9, una mala calidad del agua incrementa la incidencia de enfermedades relacionadas con el agua, lo que genera mayores costos sanitarios para las poblaciones afectadas. Asimismo, reduce las oportunidades recreativas a lo largo del río Bogotá. El bucle B10 muestra que, a medida que la calidad del agua se deteriora, actividades como disfrutar de los espacios ribereños, hacer ejercicio cerca del río o participar en actividades recreativas relacionadas con el agua se vuelven menos viables, lo que reduce la movilidad activa y la actividad física, afectando la salud pública. Además, como se representa en el bucle B11, el deterioro de la calidad del agua afecta negativamente a las actividades comerciales y recreativas, como la pesca y la natación, que dependen de un ecosistema acuático saludable.

Otros impactos ambientales relacionados con la degradación de los humedales se reflejan en el bucle B12. A medida que los humedales y los espacios verdes disminuyen, la capacidad del paisaje para almacenar carbono se reduce, lo que incrementa las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y el costo social del carbono. La pérdida de biodiversidad es otra consecuencia. Con menos especies y hábitats, disminuye el atractivo del río para el turismo y las actividades basadas en la naturaleza, como se muestra en el bucle B13. La biodiversidad también se ve directamente afectada por la calidad del agua, como se representa en el bucle B14.

Otro factor importante que impulsa el deterioro de la calidad del agua es el vertimiento de aguas residuales sin tratar en el río Bogotá, una práctica estrechamente vinculada a la expansión urbana en curso. Como se indica en el bucle B7, estos vertimientos afectan negativamente la calidad del agua, degradando aún más el ecosistema y agravando los impactos ambientales de la expansión socioeconómica. El sector agrícola también contribuye a la descarga de aguas residuales, como se representa en el bucle B8, lo que ejerce una presión adicional sobre la calidad del agua.

El Proyecto de Recuperación Ambiental y Control de Inundaciones del Río Bogotá introduce múltiples intervenciones orientadas a reducir el riesgo de inundaciones, mejorar la calidad del agua y aumentar el valor ecológico y recreativo del cauce del río, como se representa mediante las variables en color naranja en el diagrama. El proyecto combina medidas de infraestructura gris y verde.

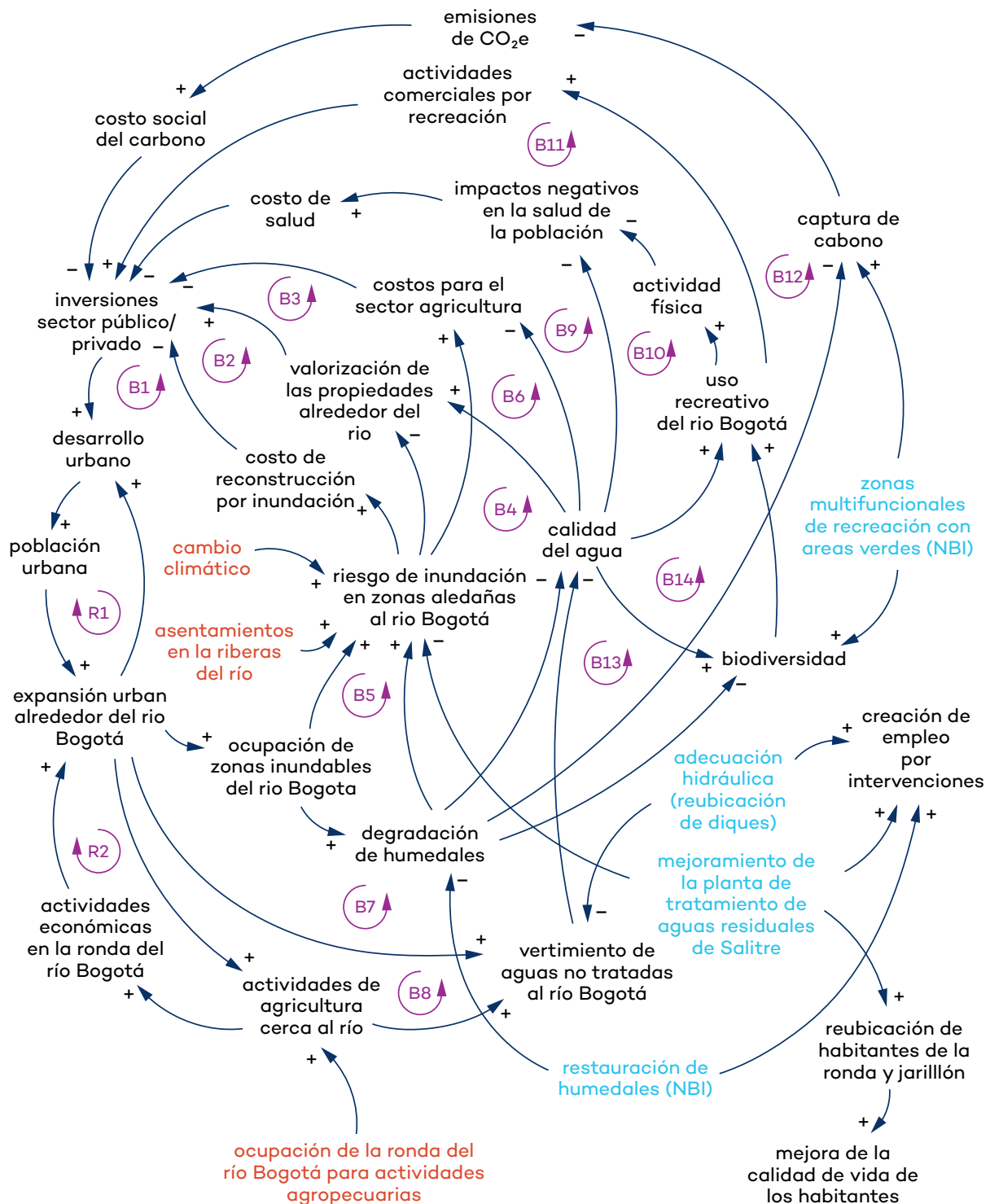


En el ámbito de la infraestructura gris, una intervención clave es la modernización de la PTAR Salitre. Se espera que esta mejora reduzca de manera significativa el vertimiento de aguas residuales sin tratar procedentes del 30% de la población de Bogotá a la que presta servicio la planta. Esta reducción de cargas contaminantes mejorará la calidad del agua y generará efectos positivos en múltiples variables, incluyendo el valor de la propiedad, los costos agrícolas, la salud pública y el uso recreativo del río. La segunda intervención de infraestructura gris es la adaptación hidráulica, que incluye la ampliación del tramo del río y la reubicación de diques. Estas medidas reducirán directamente el riesgo de inundación, especialmente en áreas históricamente vulnerables.

Entre las soluciones de infraestructura verde, la restauración de humedales es un componente central y está estrechamente vinculada a los esfuerzos de adaptación hidráulica. La restauración de humedales contribuirá a revertir su degradación, fortalecer las funciones ecológicas y mejorar la calidad del agua al tiempo que reduce el riesgo de inundación. La creación de áreas multifuncionales, diseñadas para funcionar temporalmente como meandros del río durante eventos de inundación, proporcionará beneficios adicionales de los ecosistemas. Estos incluyen un mayor secuestro de carbono, una mayor biodiversidad y reducciones adicionales del riesgo de inundación. Finalmente, las intervenciones generarán co-beneficios más amplios, como la creación de empleo durante su implementación y mejoras en la calidad de vida de los hogares que son reubicados desde zonas de alto riesgo y que anteriormente vivían en condiciones inadecuadas.



Figura 3. CLD de las principales dinámicas que afectan la calidad del agua y el control de inundaciones (cuenca media del río Bogotá)



Fuente: Autores.



2.4 Escenarios modelados

El análisis presentado en este informe compara dos escenarios diferentes: un escenario sin intervención, que sirve como línea base, y un escenario de infraestructura híbrida para el Proyecto de Recuperación Ambiental y Control de Inundaciones del Río Bogotá. Los resultados para cada escenario se presentan en términos relativos, indicando el cambio neto generado por el escenario de infraestructura híbrida para el análisis del caso de inversión (es decir, capturando únicamente lo adicional atribuible al proyecto).

Escenario de línea base (BAU): El escenario BAU representa un enfoque de “no intervención”, en el que las tendencias existentes continúan sin nuevas actuaciones. Bajo este escenario, los ecosistemas y la calidad del agua continúan deteriorándose y el riesgo de inundaciones permanece elevado, ya que no existen intervenciones específicas para abordar los problemas.

Escenario de infraestructura híbrida: Este escenario refleja la implementación completa del Proyecto de Recuperación Ambiental y Control de Inundaciones del Río Bogotá. Integra el tratamiento de aguas residuales y las obras hidráulicas de infraestructura gris con medidas de restauración basadas en la naturaleza. Los componentes principales incluyen:

- **Optimización y ampliación de la PTAR Salitre:** aumento de la capacidad de tratamiento e implementación de tratamiento secundario para mejorar la eliminación de contaminantes; así como la reducción de las cargas orgánicas y contaminantes que ingresan al río (véase la Figura 4).
- **A decuación hidráulica y restauración ecológica:** implementación de un conjunto de intervenciones diseñadas para reducir el riesgo de inundaciones y restaurar los ecosistemas fluviales. Estas incluyen (a) la ampliación de canales, el dragado y la reubicación de diques para aumentar la capacidad de flujo y mejorar la protección frente a inundaciones; (b) el establecimiento de zonas ecológicas multifuncionales (véase la Figura 5) diseñadas para proporcionar filtración natural, amortiguamiento de inundaciones y oportunidades recreativas; (c) la realización de mejoras ambientales, como la ampliación y protección del corredor ribereño (véase la Figura 6) para restaurar meandros y humedales, así como el diseño paisajístico y la restauración de hábitats ribereños (incluida la plantación de especies nativas); y (d) el reasentamiento y la compensación de 188 hogares ubicados en zonas de alto riesgo de inundación.



Figura 4. Progreso en la PTAR Salitre en 2021



Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, citado en World Bank Group, 2021.

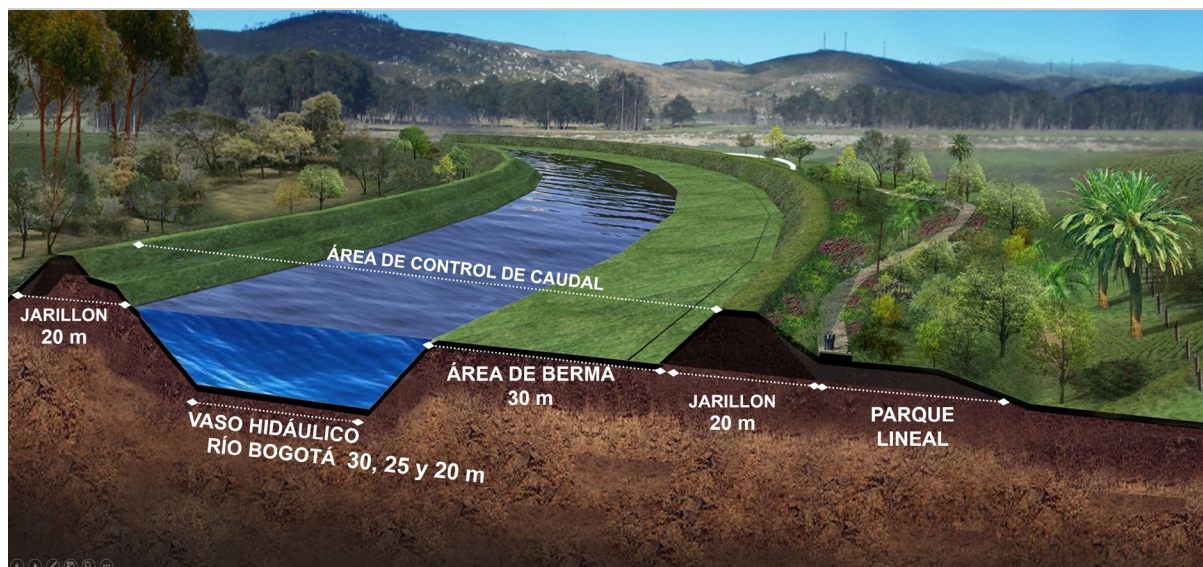
Figura 5. Área multifuncional en temporada seca, octubre de 2022 (primera figura), y en temporada de lluvias, noviembre de 2022 (segunda figura)





Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, citado en World Bank Group, 2021.

Figura 6. Recuperación ambiental y control de inundaciones del río Bogotá: concepto del proyecto



Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, citado en World Bank Group, 2021.

Dentro del escenario de infraestructura híbrida, se modelaron dos subescenarios para ilustrar los efectos de las intervenciones en: (a) la cuenca alta y la cuenca media; y (b) únicamente la cuenca media.



Esta distinción es importante: aunque las intervenciones del proyecto se localizan físicamente en la cuenca media, estas aumentan la capacidad general de transporte de agua del río. Al incrementar la capacidad de conducción y reducir los picos de crecida, se esperaba que las mejoras hidráulicas en la cuenca media redujeran las pérdidas futuras asociadas a inundaciones tanto para las comunidades aguas arriba como para aquellas situadas en el tramo medio, donde se ubican las intervenciones.

La evidencia del evento de inundaciones “Ola Invernal” de La Niña de 2010–2011 ilustra la magnitud de esta exposición aguas arriba: mientras que en Bogotá se vieron afectadas solo 957 viviendas, aproximadamente 2.458 viviendas resultaron afectadas si se considera toda la cuenca alta (Econometría S.A., 2023).

Para capturar y comparar este beneficio ampliado, el análisis económico considera dos variantes del escenario de infraestructura híbrida:

- **Escenario de infraestructura híbrida – cuenca alta y cuenca media:** Esta opción incluye tanto la cuenca alta como la cuenca media en el análisis. Esta perspectiva más amplia permite capturar beneficios indirectos pero significativos para las comunidades aguas arriba.
- **Escenario de infraestructura híbrida – solo cuenca media:** Esta opción restringe el análisis a los impactos que ocurren exclusivamente dentro de la cuenca media. Captura únicamente los daños por inundaciones evitados y los beneficios adicionales en el área directamente intervenida, excluyendo los impactos aguas arriba.

Estos dos subescenarios permiten que el análisis compare el valor de un enfoque limitado al área de intervención frente a una perspectiva más amplia del sistema. La ampliación del área de análisis pone de relieve la importancia de las interacciones aguas arriba–aguas abajo y revela beneficios adicionales, especialmente los daños por inundaciones evitados, que de otro modo no se tendrían en cuenta.

2.5 Análisis de costo-beneficio integrado

Se desarrolló un modelo en hoja de cálculo (Excel) para estimar la inversión requerida, los costos evitados y los beneficios agregados resultantes de la implementación del proyecto. Los indicadores medidos se enumeran y describen en la Tabla 1. Los detalles del enfoque utilizado para calcular cada indicador se presentan en el Apéndice A.

Algunos de los indicadores identificados en el CLD no pudieron cuantificarse debido a la falta de datos, por lo que no se incluyen en la Tabla 1. Esto no implica que estos indicadores sean menos relevantes; de hecho, su exclusión significa que el análisis SAVi subestima los costos evitados y los beneficios agregados de la inversión en IBN. Entre estos indicadores no cuantificados se encuentran las pérdidas agrícolas evitadas asociadas a la mejora de la calidad del agua; los beneficios recreativos (como la pesca y el uso de senderos peatonales ribereños); los impactos en la salud asociados a la calidad del agua; las ganancias en biodiversidad; y las mejoras en la calidad de vida de los hogares reubicados desde zonas de alto riesgo.


Tabla 1. Indicadores incluidos en el ACB

Indicadores	Descripción
Inversión y costos	
Recursos financieros necesarios para implementar y mantener el proyecto.	
Costo de capital	El gasto inicial requerido para la implementación del proyecto, incluyendo inversiones en infraestructura, equipos y tecnología.
Costos de operación y mantenimiento (O&M)	Los gastos continuos necesarios para sostener las actividades del proyecto, tales como mano de obra, mantenimiento de equipos y actualizaciones del sistema.
Beneficios agregados	
Impactos positivos económicos, ambientales y sociales generados por el proyecto o la intervención. Los beneficios agregados reflejan cómo el proyecto crea valor más allá de sus costos directos.	
Valor de los servicios ecosistémicos	Los beneficios percibidos por las comunidades a lo largo del río —y por la población en general de Bogotá— derivados del proyecto. Este indicador captura cómo las personas valoran las mejoras en la calidad del agua, las áreas verdes, la recreación, la biodiversidad y la calidad ambiental en general.
Almacenamiento de carbono	La valoración monetaria del CO ₂ capturado por los nuevos árboles plantados en diversas áreas de las cuencas media y alta del río Bogotá, contribuyendo a los esfuerzos de mitigación del cambio climático.
Valor de las propiedades	Cómo los precios de las propiedades se ven influenciados por las mejoras en el espacio público y la reducción del riesgo de inundación en las áreas circundantes. Este indicador mide la valorización económica del suelo y de las viviendas atribuible a las inversiones del proyecto.
Costos evitados	
Gastos que se reducen o eliminan gracias al proyecto al prevenir o mitigar resultados negativos.	
Daños por inundaciones	Los costos asociados a eventos de inundación a lo largo del río Bogotá. Este indicador mide las pérdidas económicas incurridas durante las inundaciones, incluyendo daños a la infraestructura, propiedades y activos comunitarios.

Fuente: Autores.

2.6 Limitaciones e interpretación de los resultados

La metodología y los datos utilizados en esta evaluación implican inevitablemente supuestos y simplificaciones, como es habitual en análisis económicos integrados de largo plazo aplicados a sistemas fluviales complejos. Estos elementos proporcionan un contexto importante para la interpretación de los resultados y ponen de relieve áreas en las que futuros análisis y sistemas de monitoreo podrían reforzar aún más la base de evidencia. En general, los resultados deben



entenderse como estimaciones transparentes e indicativas del desempeño económico del proyecto, más que como previsiones precisas.

Para algunos indicadores —en particular, el valor de la propiedad y la disposición a pagar de los hogares— el análisis se basa en datos secundarios y parámetros de valoración derivados de estudios comparables o de contextos más amplios. Este enfoque es coherente con las prácticas establecidas en el análisis de costo-beneficio aplicado y permite aproximar los impactos en ausencia de datos primarios locales. Aunque esto introduce incertidumbre en torno a estimaciones puntuales específicas, los supuestos utilizados son conservadores y están documentados, lo que garantiza que los valores resultantes sean plausibles y pertinentes para la formulación de políticas.

Diversos beneficios relevantes identificados mediante el proceso de pensamiento sistémico no pudieron monetizarse debido a las limitaciones actuales de datos o a la incertidumbre sobre su magnitud a lo largo del tiempo. Entre ellos se incluyen los siguientes: mejoras en la salud asociadas a una mejor calidad del agua; pérdidas agrícolas evitadas; ganancias en biodiversidad; y beneficios relacionados con la recreación y la calidad de vida. Su exclusión no implica que estos efectos sean insignificantes; por el contrario, sugiere que los resultados cuantificados probablemente subestiman el conjunto completo de beneficios sociales y ambientales generados por el proyecto. A medida que los sistemas de monitoreo evolucionen y se disponga de mayor evidencia empírica, estas dimensiones podrían incorporarse progresivamente en futuras valoraciones.

El marco de modelización simplifica procesos hidrológicos y socioeconómicos complejos. Las relaciones —como las funciones de daño en función de la profundidad de inundación, los cambios en la exposición y la vulnerabilidad, y las respuestas de comportamiento ante mejoras en las condiciones ambientales— se representan mediante supuestos basados en escenarios, en lugar de mediante modelos totalmente dinámicos o espacialmente explícitos. Este enfoque favorece la claridad y la transparencia a escala de cuenca, al tiempo que reconoce que las variaciones locales y las dinámicas específicas de cada sitio no se capturan en detalle.

Por último, los resultados están condicionados por el alcance temporal y espacial seleccionado, incluyendo el período de análisis, la tasa de descuento, los límites de la cuenca y la información disponible en el momento del estudio. Los cambios a largo plazo en el uso del suelo, los patrones de población, el desarrollo de infraestructuras y las condiciones climáticas podrían influir en los costos y beneficios futuros de maneras distintas a las modeladas en este análisis. No obstante, los escenarios presentados proporcionan una base coherente y creíble para comparar diferentes perspectivas y para ilustrar cómo los enfoques a escala de cuenca permiten identificar valor adicional que, de otro modo, no se tendría en cuenta.

En conjunto, estas consideraciones ponen de relieve que la evaluación SAVi ofrece una representación sólida y conservadora del valor del proyecto, al tiempo que identifica vías claras para su mejora y ampliación a medida que surjan nuevos datos y conocimientos.



3.0 Resultados

Esta sección presenta los resultados del ACB integrado para el Proyecto de Recuperación Ambiental y Control de Inundaciones del Río Bogotá. La evaluación analiza el desempeño económico, social y ambiental de las intervenciones híbridas implementadas a lo largo del río. El análisis abarca un período de 50 años (2010–2060) y aplica una tasa de descuento del 9%. Complementa los indicadores y supuestos utilizados en estudios previos de la firma consultora Econometría S.A. con nuevos indicadores y valoraciones económicas actualizadas.

La Tabla 2 presenta los resultados descontados para los dos escenarios de infraestructura híbrida: el primero considera los beneficios en las cuencas alta y media, y el segundo limita la evaluación únicamente a la cuenca media. Los resultados sin descuento se presentan en el Apéndice B. Los resultados se expresan en términos de costos totales de inversión y de operación y mantenimiento (O&M), beneficios agregados, costos evitados y beneficios netos (todos en relación con el escenario BAU), así como en términos de la relación beneficio-costos (RBC) y la tasa interna de retorno (TIR).

En general, los resultados indican que el desempeño económico del proyecto depende del alcance geográfico del análisis. **Cuando se incluyen tanto la cuenca alta como la cuenca media, el proyecto genera beneficios que superan los costos totales descontados, con una relación beneficio-costos de 1,27 y una tasa interna de retorno de 11,80%, superior a la tasa de descuento.** Cuando la evaluación se limita a la cuenca media, la relación beneficio-costos disminuye a 0,72 y la tasa interna de retorno se reduce a 4,25%, situándose por debajo de la tasa de descuento. Esta diferencia se explica por el mayor nivel de daños por inundaciones evitados que se captura cuando se incluye la cuenca alta.

Tabla 2. Resultados del ACB integrado en millones de USD, acumulados y descontados entre 2010 y 2060 (tasa de descuento del 9%)

ACB, valores acumulados descontados entre 2010 y 2060	Escenario infraestructura híbrida	
	Cuenca alta y media	Solo cuenca media
Costos totales	1.299	1.299
Costos de capital	930	930
Costos de operación y mantenimiento	369	369
Beneficios agregados totales	819	819
Valor de servicios ecosistémicos	554	554
Almacenamiento de carbono	4	4
Valor de la propiedad	261	261



ACB, valores acumulados descontados entre 2010 y 2060	Escenario infraestructura híbrida	
	Cuenca alta y media	Solo cuenca media
Costos evitados totales	828	110
Daños por inundaciones	828	110
Beneficios netos	349	(369)
RBC	1.27	0.72
TIR	11,80%	4,25%

Fuente: Autores.

En relación con los costos, los costos totales descontados son iguales en ambos escenarios, ascendiendo a USD 1.299 millones, de los cuales USD 930 millones corresponden a gastos de capital y USD 369 millones a operación y mantenimiento (O&M).

Los beneficios agregados también se mantienen constantes en USD 819 millones en ambos escenarios. Estos beneficios incluyen USD 554 millones asociados a los servicios ecosistémicos, USD 4 millones provenientes del almacenamiento de carbono y USD 261 millones derivados del aumento en el valor de las propiedades impulsado por la reducción del riesgo de inundaciones y la mejora de las áreas recreativas a lo largo del río. El valor de los servicios ecosistémicos representa la mayor proporción de los beneficios agregados, lo que pone de manifiesto que la mejora de la calidad del agua, la restauración de humedales y la recuperación de entornos ribereños saludables son las principales fuentes de beneficios sociales a largo plazo.

En cuanto a los costos evitados, los daños por inundaciones evitados son el único elemento que diferencia los dos escenarios. Cuando se incluyen tanto la cuenca alta como la cuenca media en el análisis, los costos evitados totales alcanzan USD 828 millones. Esto refleja que las mejoras hidrológicas en la cuenca media, como el aumento de la capacidad de flujo y la restauración de amortiguadores naturales frente a inundaciones, generan beneficios sustanciales también aguas arriba. Por el contrario, cuando el análisis se restringe únicamente a la cuenca media, los daños por inundaciones evitados alcanzan solo USD 110 millones.

Estas variaciones en los daños por inundaciones evitados explican las diferencias en el desempeño económico general. Cuando se consideran conjuntamente la cuenca alta y la cuenca media, el proyecto genera beneficios netos positivos de USD 349 millones, una RBC de 1,27 y una TIR de 11,80%, superior a la tasa de descuento del 9% y, por lo tanto, económicamente viable. En contraste, cuando el análisis se limita a la cuenca media, el escenario produce beneficios netos negativos de -USD 369 millones, una RBC de 0,72 y una TIR de 4,25%.

En conjunto, los resultados demuestran que el escenario que incluye la cuenca alta y la cuenca media genera retornos económicos positivos, con beneficios que superan los costos totales descontados. El escenario restringido únicamente a la cuenca media no alcanza la viabilidad



económica porque excluye los beneficios aguas arriba asociados a los daños por inundaciones evitados, que constituyen una proporción significativa del valor total generado por el proyecto.

Por otro lado, como se indicó anteriormente, el análisis cuantitativo realizado podría ser más completo. El proceso de pensamiento sistémico utilizado para desarrollar el CLD reveló una lista más amplia de indicadores relevantes para el ACB. Entre ellos se incluyen los siguientes: los costos evitados en el sector agrícola debido a la mejora de la calidad del agua; las ganancias en salud a largo plazo asociadas a vías fluviales más limpias y a la mejora de la biodiversidad; y el potencial futuro de usos recreativos y culturales a lo largo del río. Actualmente, debido a la falta de datos, ninguno de estos indicadores está plenamente cuantificado. A medida que estas brechas se aborden mediante sistemas de monitoreo y evaluación o nuevas investigaciones, se podría incorporar un conjunto más amplio de indicadores en el ACB. La inclusión de estos indicadores mejorará la viabilidad económica, lo que podría hacer que el análisis de la cuenca media también alcance viabilidad económica.

Se puede concluir que los resultados aquí presentados reflejan una estimación conservadora, basada en los indicadores que fue posible cuantificar con la información actualmente disponible. Asimismo, se reconoce que un conjunto más amplio de impactos sistémicos del proyecto del río Bogotá podrá capturarse a medida que se disponga de más información. A medida que se fortalezcan los sistemas de monitoreo y se puedan medir más resultados ambientales y sociales, es probable que el valor económico del proyecto aumente aún más.



4.0 Conclusiones y recomendaciones

La evaluación SAVi del Proyecto de Recuperación Ambiental y Control de Inundaciones del Río Bogotá muestra que el desempeño económico de las intervenciones híbridas depende en gran medida del alcance geográfico considerado en la evaluación. Cuando se analizan conjuntamente la cuenca alta y la cuenca media, el proyecto genera beneficios que superan los costos totales descontados, con una relación beneficio-costos de 1,27 y una tasa interna de retorno superior a la tasa de descuento del 9%. Este resultado está impulsado principalmente por la significativa reducción de los daños por inundaciones que se produce más allá del área de intervención directa, lo que pone de relieve las interrelaciones hidrológicas aguas arriba–aguas abajo que determinan el comportamiento de la cuenca. Por el contrario, cuando el análisis se limita únicamente a la cuenca media, los resultados no alcanzan la viabilidad económica. Esto subraya que una evaluación espacial limitada no logra capturar beneficios importantes generados por las intervenciones, lo que evidencia la importancia de adoptar una perspectiva a escala de cuenca al evaluar infraestructuras fluviales.

El análisis también indica que la mejora de los servicios ecosistémicos representa la mayor proporción de los beneficios agregados, lo que refleja el alto valor que la sociedad otorga a vías fluviales más limpias, humedales restaurados y, en general, a una mejor calidad ambiental. Las ganancias adicionales derivadas del aumento del valor de la propiedad y del almacenamiento de carbono refuerzan el valor a largo plazo de la inversión. En conjunto, estos resultados confirman que las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) y las soluciones híbridas son enfoques inherentemente multi-beneficio y multi-actor: su valor no se limita a la reducción del riesgo de inundaciones, sino que también incluye mejoras en los servicios ecosistémicos, el valor del suelo y de las propiedades, y la regulación climática. Reflejar con precisión esta propuesta de valor en las evaluaciones económicas requiere, por tanto, considerar de manera sistemática tanto la reducción de riesgos como un conjunto más amplio de co-beneficios sociales, ambientales y económicos.

Al mismo tiempo, estos resultados representan una estimación conservadora. Varios indicadores identificados en el proceso de pensamiento sistémico —incluidas las pérdidas agrícolas evitadas, las mejoras en salud asociadas a una mejor calidad del agua, las ganancias en biodiversidad y los beneficios derivados de los usos recreativos— siguen sin cuantificarse debido a limitaciones de datos. Su exclusión sugiere que los beneficios totales del proyecto probablemente sean mayores que los capturados en el ACB.

En términos generales, los resultados muestran que la infraestructura híbrida —que combina medidas grises y verdes— puede constituir una solución rentable para generar beneficios económicos, ambientales y sociales de manera conjunta en una cuenca fluvial urbana densamente poblada como la de Bogotá. El proyecto contribuye a mejorar la calidad del agua, reducir el riesgo de inundaciones y aumentar la resiliencia, al tiempo que ofrece oportunidades para una restauración ecológica más amplia y una mejora del bienestar comunitario a medida que se amplían los sistemas de monitoreo y la disponibilidad de datos. Aunque los proyectos integrados y multiobjetivo como este suelen requerir mayores inversiones iniciales y esquemas de implementación más complejos que las infraestructuras grises tradicionales de propósito único, el ACB indica que estos esfuerzos adicionales se ven compensados por los beneficios



más amplios y diversos que generan a lo largo del tiempo, especialmente cuando se evalúan desde una perspectiva a escala de cuenca. Las soluciones híbridas aprovechan el desempeño predecible y la eficacia inmediata de la infraestructura gris, mientras que los componentes basados en la naturaleza aportan adaptabilidad, mejoras estéticas y múltiples co-beneficios, mitigando conjuntamente las limitaciones que cada enfoque presentaría si se aplicara de forma aislada.

Con base en estos hallazgos, surgen varias recomendaciones prácticas:

- Las evaluaciones y procesos de planificación futuros deben adoptar un enfoque a escala de cuenca, ya que muchos de los beneficios hidrológicos y económicos se extienden más allá del área inmediata de intervención.
- Es importante integrar ACB sistémicos e integrados en las fases iniciales y finales de la planificación de infraestructuras. Estas evaluaciones ayudan a cuantificar el conjunto completo de resultados del proyecto, evaluar la viabilidad económica de opciones alternativas y proporcionar una base transparente para involucrar a las partes interesadas en torno a impactos multidimensionales en indicadores sociales, ambientales y económicos.
- Se deben fortalecer los esfuerzos de monitoreo y recopilación de datos, especialmente en relación con indicadores de salud, agricultura, biodiversidad y recreación, de modo que futuros ACB puedan incorporar un conjunto más completo de resultados del proyecto.
- La integración continua de la IBN en las estrategias de gestión de ríos y aguas urbanas puede contribuir a mantener y amplificar los beneficios a largo plazo observados en este análisis, proporcionando un modelo replicable para otras cuencas fluviales y regiones urbanas que busquen combinar la reducción de riesgos con beneficios ambientales y sociales más amplios.



Referencias

- Banco de la República. (2025a). *Tasa de cambio del peso colombiano*. https://suameca.banrep.gov.co/estadisticas-economicas/informacionSerie/1/tasa_cambio_peso_colombiano_trm_dolar_usd
- Banco de la República. (2025b). *Índice de Precios al Consumidor*. https://suameca.banrep.gov.co/estadisticas-economicas/informacionSerie/100002/indice_de_precios_al_consumidor_ipc
- Bechauf, R., Cutler, E., Bassi, A. M., Casier, L., Kapetanakis, M., Pallaske, G., & Simmons, B. (2022). *The value of incorporating nature in urban infrastructure planning* (IISD report). International Institute for Sustainable Development. <https://nbi.iisd.org/report/nature-in-urban-infrastructure-planning/>
- Bechauf, R., Guzzetti, M., & Niño, N. (2024). *Sustainable asset valuation of Parques del Río Norte in Medellín, Colombia*. International Institute for Sustainable Development. <https://www.iisd.org/publications/report/savi-nbi-centre-medellin>
- Centre for Green Mobility. (2015). *Bicycle share system for Dwarka sub-city: Detailed project report*. <https://shaktifoundation.in/wp-content/uploads/2017/06/Public-Bicycle-Sharing-DPR-Dwarka.pdf>
- Econometría S.A. (2023). *Evaluación económica de la adecuación hidráulica y recuperación ambiental de la cuenca media del Río Bogotá*. Bogotá: Banco Mundial.
- Guzzetti, M., Niño, N., & Bechauf, R. (2024). *Climate-resilient infrastructure for urban flood risk management in San Salvador de Jujuy, Argentina*. International Institute for Sustainable Development. <https://nbi.iisd.org/report/restoring-the-alvarado-canal-in-san-salvador-de-jujuy-argentina/>
- United Nations Environment Programme. (2014). *Using indicators for green economy policymaking*. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/9532/-Using%20indicators%20for%20Green%20Economy%20policymaking-2014IndicatorsWorkingPaper.pdf>
- World Bank. (2010). *Colombia – Río Bogotá Environmental Recuperation and Flood Control Project*. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/346111468026366389>
- World Bank Group. (2021). *Restoring a Long-Lost Relationship with Río Bogotá*. <https://www.worldbank.org/en/results/2021/04/09/restoring-a-long-lost-relationship-with-rio-bogota>
- World Bank. (2023). *Implementation completion and results report: CO Río Bogotá environmental recuperation and flood control project*.
- World Bank. (2024). *Guidance note on shadow price of carbon in economic analysis*. <http://documents.worldbank.org/curated/en/099553203142424068>



Apéndice A. Datos de entrada, métodos y supuestos

Este apéndice describe la metodología utilizada para calcular los indicadores del análisis de costo-beneficio (ACB) integrado, traduciendo impactos biofísicos —como hectáreas restauradas, empleos generados y personas beneficiadas— en términos económicos. Al expresar estos impactos en valores monetarios, el análisis facilita una comparación directa entre costos y beneficios a través de diversos indicadores, incluyendo costos de capital, costos de operación y mantenimiento (O&M), el valor de los servicios ecosistémicos, los beneficios del almacenamiento de carbono, el aumento del valor de las propiedades y los daños por inundaciones evitados. La sección detalla las fuentes de datos, los supuestos y las fórmulas utilizadas para estimar cada indicador, garantizando transparencia y consistencia en el proceso de valoración.

Inversión y costos

Indicador: Costo de capital

El costo de capital representa la inversión total y los costos necesarios para implementar los componentes del proyecto: la ampliación y optimización de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Salitre; las obras de adecuación hidráulica (infraestructura gris); las mejoras ambientales (infraestructura verde); la administración y gestión; la asistencia técnica; y la adquisición de terrenos. Para estimar el costo de capital, en primer lugar, todos los precios de mercado se convirtieron en precios económicos utilizando los coeficientes de precios contables recomendados para este proyecto (Econometría S.A., 2023). Se aplicaron dos coeficientes diferentes en función del tipo de costo: el coeficiente 1, igual a 0,8244, se utilizó para componentes como infraestructura y materiales; el coeficiente 2, igual a 0,7083, se aplicó a los rubros de administración y asistencia técnica (Tabla A1).

Una vez convertidos a términos económicos, cada componente de costo se distribuyó a lo largo de su correspondiente período de implementación, de acuerdo con las fases del proyecto y los hitos de ejecución (Tabla A1). Por ejemplo, la ampliación de la PTAR Salitre se implementó entre 2016 y 2023, por lo que el costo acumulado se asignó en partes iguales del 12,5% cada año durante los 8 años de implementación, hasta alcanzar el 100% de ejecución. Las obras de adecuación hidráulica se ejecutaron entre 2013 y 2019 con un ritmo anual de implementación del 14,29%, mientras que las actividades de mejora ambiental tuvieron lugar entre 2022 y 2024 con un ritmo anual de implementación entre el 20% y el 40%, dependiendo del año. Los costos de administración y gestión se distribuyeron entre 2010 y 2022, la adquisición de terrenos se asignó íntegramente a 2020, y la asistencia técnica se distribuyó entre 2013 y 2019.



Tabla A1. Costos de capital: resumen de los cálculos por indicador

Componente	Costo de mercado (USD)	Coefficiente contable	CapEX (USD)	Período de implementación	Ritmo anual
PTAR Salitre	433.100.000	0,8244	357.047.640	2016–2023	12,5%
Adecuación hidráulica	149.400.000	0,8244	123.165.360	2013–2019	14,29%
Mejora ambiental	18.000.000	0,8244	14.839.200	2022–2024	20%–40%
Administración y gestión	9.800.000	0,7083	6.941.340	2010–2022	7,69%
Adquisición de terrenos	26.300.000	1,0	26.300.000	2020	100%
Asistencia técnica	4.000.000	0,7083	2.833.200	2013–2019	14,29%

Fuente: Autores.

Los costos de administración y asistencia técnica beneficiaron tanto a la PTAR Salitre como a las obras de adecuación hidráulica. Para asignar estos costos compartidos de manera coherente, el análisis aplicó la proporción derivada del tamaño relativo del gasto de capital (CapEx) de cada componente. Como resultado, el 68,48% de estos costos se atribuyó a la PTAR y el 31,52% a la adecuación hidráulica. La Tabla A1 sintetiza la estimación del CapEx y los parámetros asociados.

Indicador: Costos de O&M

Los gastos operativos incluyen los costos anuales de operación y mantenimiento (O&M) asociados a cada uno de los principales componentes del proyecto. Estos gastos se estimaron aplicando una proporción fija del respectivo CapEx, tal como recomienda Econometría. Para la PTAR Salitre, los costos anuales de O&M equivalen al 7,1% del CapEx (Econometría S.A., 2023), mientras que las obras de adecuación hidráulica, que incluyen tanto infraestructura gris como infraestructura verde, requieren un 0,82% de su CapEx en costos anuales de O&M (Econometría S.A., 2023). Por lo tanto, el gasto operativo anual de cada componente se calculó multiplicando el costo económico por el coeficiente de O&M correspondiente. La Tabla A2 presenta los cálculos resultantes.



Tabla A2. Costos de O&M: resumen de los cálculos por indicador

Componente	CapEx económico (USD)	Proporción de costos de O&M (%/año)	Costos anuales de O&M (USD/año)
PTAR Salitre	357.047.640	7,1%	25.350.382
Adecuación hidráulica y mejora ambiental	138.004.560	0,82%	1.131.637

Fuente: Autores.

Beneficios agregados

Indicador: Valor de los servicios ecosistémicos

El valor de los servicios ecosistémicos se derivó de la disposición a pagar de los hogares por las mejoras asociadas al proyecto. La disposición a pagar fue estimada originalmente por Econometría S.A. en 2010 y actualizada en 2021 (Econometría S.A., 2023). Dado que el proyecto no incluye la implementación de parques recreativos (tal como se había previsto inicialmente), y debido a que los impactos evitados por inundaciones ya se incluyen bajo un indicador separado, los componentes correspondientes del estudio de Econometría S.A. sobre el valor de los servicios ecosistémicos fueron excluidos para evitar la doble contabilización. Por lo tanto, el análisis conserva únicamente los componentes de protección de ecosistemas y tratamiento de aguas residuales, que en conjunto constituyen el 58,8% de la disposición a pagar total (Econometría S.A., 2023).

Los valores de los servicios ecosistémicos para el proyecto del río Bogotá proporcionados por Econometría S.A. (2023) estaban expresados en precios de 2009. Estos valores se actualizaron a precios corrientes mediante un ajuste por inflación basado en el Índice de Precios al Consumidor (IPC) de Bogotá para cada año (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, citado en Banco de la República, 2025b). Los valores actualizados se convirtieron luego a USD aplicando la tasa de cambio promedio anual (Superintendencia Financiera de Colombia, citada en Banco de la República, 2025a). Finalmente, el valor total de los servicios ecosistémicos en cada año se obtuvo multiplicando la disposición a pagar actualizada por hogar por el número de hogares en Bogotá en ese año (a partir de 2010). El número de hogares se derivó dividiendo las proyecciones de población total por el tamaño promedio del hogar, cuya proyección muestra una reducción gradual de 4,2 a alrededor de 2 personas por hogar durante el período. Los principales parámetros utilizados se resumen en la Tabla A3.


Tabla A3. Valor de los servicios ecosistémicos: cálculos por indicador

	2009 IPC adim	IPC anual (promedio) adim	Factor de inflación (año base 2009) adim	Tipo de cambio COP a USD	Población de Bogotá	Personas por hogar en Bogotá	Número de hogares en Bogotá
2010	71,15	72,8	1,02	1.899	6.793.855	4,2	1.632.117
2011	71,15	75,2	1,06	1.847	6.889.826	4,0	1.719.420
2012	71,15	77,6	1,09	1.798	6.985.354	3,9	1.810.927
2013	71,15	79,2	1,11	1.869	7.080.401	3,7	1.906.818
2014	71,15	81,5	1,15	2.000	7.174.949	3,6	2.007.285
2015	71,15	85,6	1,20	2.743	7.268.997	3,4	2.112.533
2016	71,15	92,0	1,29	3.051	7.362.381	3,3	2.222.727
2017	71,15	96,0	1,35	2.951	7.455.318	3,2	2.338.152
2018	71,15	99,1	1,39	2.956	7.547.867	3,1	2.459.063
2019	71,15	102,6	1,44	3.281	7.640.112	3,0	2.585.734
2020	71,15	105,1	1,48	3.693	7.732.161	2,9	2.640.915
2021	71,15	108,8	1,53	3.743	7.823.334	2,9	2.696.589
2022	71,15	119,9	1,69	4.255	7.873.316	2,9	2.738.734
2023	71,15	134,0	1,88	4.325	7.907.281	2,8	2.775.803
2024	71,15	142,8	2,01	4.071	7.929.539	2,8	2.809.174
2025	71,15	149,8	2,11	4.074	7.937.898	2,8	2.837.956
2060	71,15	149,8	2,10	4.074	6.946.612	2,0	3.419.787

Nota: adim = adimensional²; COP = peso colombiano.

Fuente: Autores.

² Adimensional (adim.) hace referencia a variables o parámetros que no tienen unidades físicas, ya que representan razones, índices o valores normalizados derivados de magnitudes con las mismas unidades.



Indicador: Almacenamiento de carbono

Los beneficios del almacenamiento de carbono se derivan de la plantación de 140.000 árboles a lo largo del corredor del río. De estos, 90.000 se establecieron como parte de las obras de adecuación hidráulica y 50.000 se plantaron en áreas multifuncionales. Los árboles se plantaron en dos fases: entre 2013 y 2016 (para el componente hidráulico) y entre 2013 y 2015 (en las áreas multifuncionales) en la primera fase; y entre 2024 y 2025 en la segunda fase. El análisis asumió que los árboles requieren 10 años para alcanzar la madurez, tras lo cual cada árbol captura 0,02 toneladas de dióxido de carbono (tCO₂) al año. La captura anual antes de este punto se ajustó en función de la edad.

Para determinar su valor monetario, el carbono almacenado se multiplicó por el precio sombra del carbono recomendado por el Banco Mundial (Banco Mundial, 2024). El análisis utilizó un precio promedio que comenzaba en USD 56 por tonelada en 2017, se fijaba en USD 60 por tonelada en 2020 y aumentaba hasta USD 146 por tonelada en 2060, creciendo a una tasa anual constante del 2,25%.

Indicador: Valor de la propiedad

Se estima que el proyecto genere un aumento en el valor de las propiedades debido a las siguientes mejoras en los servicios ecosistémicos: un incremento de las áreas verdes alrededor del río; la reducción del riesgo de inundaciones; y la mejora de la calidad del agua.

El valor adicional de las propiedades se estimó aplicando un incremento porcentual al valor base del parque habitacional afectado. La línea base se derivó utilizando el valor promedio de las propiedades para hogares de ingresos medios en Bogotá, calculado como COP 4,8 millones por metro cuadrado multiplicado por un tamaño promedio de vivienda de 70 m², lo que da como resultado COP 336 millones por vivienda (Tabla A4). Este valor se multiplicó luego por el número total de viviendas expuestas a distintos niveles de riesgo de inundación dentro del área del proyecto.

El incremento porcentual del valor de la propiedad se diferenció según el grado de reducción del riesgo de inundación. Se consideraron cuatro categorías: muy alto, alto, medio y bajo. A las viviendas ubicadas en zonas de muy alto riesgo se les asignó un aumento del 7% en su valor; a las de alto riesgo, un 5%; a las de riesgo medio, un 3%; y a las de riesgo bajo, un 1%. Estos valores se sitúan dentro de un rango conservador del 1% al 7%, coherente con las estimaciones reportadas en la literatura para proyectos que mejoran las áreas verdes y los servicios ecosistémicos urbanos (Centre for Green Mobility, 2015), así como con evaluaciones SAVi previas, que aplicaron incrementos del 5% (Bechauf et al., 2024) y del 15% (Guzzetti et al., 2024).

El valor final de la propiedad utilizado en el ACB se obtuvo sumando el incremento correspondiente a las viviendas en cada categoría de riesgo de inundación y convirtiendo estos valores a USD utilizando la serie de datos presentada en la sección del indicador “valor de los servicios ecosistémicos”. La Tabla A4 presenta el número de viviendas y los incrementos porcentuales utilizados para cada nivel de riesgo de inundación.


Tabla A4. Valor de la propiedad: resumen de los cálculos por indicador

Indicador	Valor	Unidad
Viviendas en zonas de muy alto riesgo de inundación	957	viviendas
Viviendas en zonas de alto riesgo de inundación	10.208	viviendas
Viviendas en zonas de riesgo medio de inundación	88.255	viviendas
Viviendas en zonas de bajo riesgo de inundación	25.239	viviendas
Valor promedio de la propiedad en Bogotá	336.000.000	COP/ vivienda
Valor total de las viviendas en zonas de muy alto riesgo de inundación	321.552.000.000	COP
Valor total de las viviendas en zonas de alto riesgo de inundación	3.429.888.000.000	COP
Valor total de las viviendas en zonas de riesgo medio de inundación	29.653.680.000.000	COP
Valor total de las viviendas en zonas de bajo riesgo de inundación	8.480.304.000.000	COP
Incremento porcentual del valor de la propiedad en zonas de muy alto riesgo de inundación	0,07	%
Incremento porcentual del valor de la propiedad en zonas de alto riesgo de inundación	0,05	%
Incremento porcentual del valor de la propiedad en zonas de riesgo medio de inundación	0,03	%
Incremento porcentual del valor de la propiedad en zonas de bajo riesgo de inundación	0,01	%
Valor adicional total de la propiedad	1.168.416.480.000	COP

Fuente: Autores.

Costos evitados

Indicador: Daños por inundaciones

Los daños por inundaciones evitados constituyen una medida de hasta qué punto la mejora en la protección frente a inundaciones reduce las pérdidas anuales esperadas asociadas a estos eventos. Las cifras de los daños en la línea base se obtuvieron de Econometría (2023), que proporcionó los costos promedio anuales de daños para las cuatro categorías de riesgo de inundación en precios de 2009. Estos valores se actualizaron a precios corrientes utilizando un factor de inflación basado en el IPC, calculado como la relación



entre el IPC del año correspondiente y el de 2009 (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, citado en Banco de la República, 2025b). Tras el ajuste por inflación, los costos de daños se convirtieron a USD utilizando la tasa de cambio anual correspondiente (Superintendencia Financiera de Colombia, citada en Banco de la República, 2025a).

Los costos totales de daños evitados se calcularon multiplicando las estimaciones actualizadas de daños anuales por el número de viviendas clasificadas en cada categoría de riesgo. Cuando el análisis incluye la cuenca alta, los costos totales de daños evitados en la cuenca media se multiplicaron por 6,54, un factor derivado del estudio de Econometría (2023) para tener en cuenta los impactos adicionales de inundaciones en la cuenca alta. La Tabla A5 resume los pasos involucrados.

Tabla A5. Daños por inundaciones: resumen de los cálculos por indicador

Parámetro	Valor	Unidad
Viviendas en zonas de muy alto riesgo de inundación	957	viviendas
Viviendas en zonas de alto riesgo de inundación	10.208	viviendas
Viviendas en zonas de riesgo medio de inundación	88.255	viviendas
Viviendas en zonas de bajo riesgo de inundación	25.239	viviendas
Costos de daños por inundaciones evitados en viviendas de muy alto riesgo	1.264.929	COP de 2009/ vivienda/año
Costos de daños por inundaciones evitados en viviendas de alto riesgo	480.017	COP de 2009/ vivienda/año
Costos de daños por inundaciones evitados en viviendas de riesgo medio	66.807	COP de 2009/ vivienda/año
Costos de daños por inundaciones evitados en viviendas de bajo riesgo	26.195	COP de 2009/ vivienda/año
Daños por inundaciones evitados anuales totales – cuenca media	12.667.737.979	COP de 2009/año
Incremento relativo de los daños por inundaciones evitados al incluir la cuenca alta	6,54	—
Daños por inundaciones evitados anuales totales – cuenca alta	82.819.824.799	COP de 2009/año

Fuente: Autores.



Apéndice B. Resultados sin descuento

Los resultados sin descuento del análisis de costo-beneficio (ACB) integrado para los escenarios híbridos se presentan en la Tabla B1.

Tabla B1. Resultados del ACB integrado en millones de USD, acumulados y sin descuento, entre 2010 y 2060

ACB, valores acumulados sin descuento de 2010 a 2060	Cuenca alta y media	Solo cuenca media
Costos totales	1.541	1.541
Costos de capital	531	531
Costos de operación y mantenimiento	1.010	1.010
Beneficios agregados totales	2.013	2.013
Valor de servicios ecosistémicos	1.716	1.716
Almacenamiento de carbono	11	11
Valor de la propiedad	287	287
Costos evitados totales	1.980	263
Daños por inundaciones	1.980	263
Beneficios netos	2.452	735
RBC	2,59	1,48
TIR	11,80%	4,25%

Fuente: Autores.



NATURE-BASED INFRASTRUCTURE
GLOBAL RESOURCE CENTRE