# Paute Resiliente

Hoja de ruta para la inversión en Soluciones basadas en la Naturaleza en la cuenca del río Paute



**Cuenca, Ecuador, 2026**

The Nature Conservancy

Nature for Water
Local solutions. Global impact.

# Paute Resiliente

Hoja de ruta para la inversión en Soluciones basadas en la Naturaleza en la cuenca del río Paute


**Autores principales**

Débora Miranda, directora de proyecto, debora.miranda@tnc.org
Juliana Vélez, profesional del componente social y de gobernanza, juliana.velez@tnc.org
Maria Camila Moreno, profesional del componente socioeconómico, maria.moreno@tnc.org
Miguel Cañón Ramos, profesional de ciencias, miguel.canon@tnc.org
Tainá Martins, líder de ciencias, taina.martins@tnc.org
Lorena Coronel Tapia, líder local TNC Ecuador, lorena.coronel@tnc.org

*Para obtener mas información sobre este contenido, el equipo de TNC y FONAPA pueden ser contactados directamente.*



**En colaboración con**

TNC Ecuador, Fondo del Agua de la Cuenca del Río Paute (FONAPA) y sus constituyentes: ETAPA, EMAPAL, CELEC EP Hidropaute, ELECAUSTRO, Universidad de Cuenca, el GAD Municipal de Gualaceo, Tesalia cbc, Paute Alcaldía y Fundación Cordillera Tropical.


# Listado de acrónimos

La siguiente tabla presenta los acrónimos y siglas utilizados en este resumen ejecutivo. Para las siglas en inglés se mantuvo la forma original por ser el uso estándar en la literatura técnica.

| Acrónimo | Significado |
|---|---|
| **BaU** | Business as Usual (escenario tendencial sin nuevas inversiones) |
| **CELEC** | Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC EP Hidropaute) |
| **CHPI** | Complejo Hidroeléctrico Paute Integral |
| **ELECAUSTRO** | Empresa Electro Generadora del Austro |
| **EMAPAL** | Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Azogues |
| **ETAPA** | Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca |
| **FONAPA** | Fondo del Agua de la Cuenca del Río Paute |
| **GAD** | Gobierno Autónomo Descentralizado |
| **GWh** | Gigavatio-hora |
| **InVEST** | Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs (modelo de calidad de hábitat) |
| **JAAPs** | Juntas Administradoras de Agua Potable |
| **KEA** | Key Ecological Attributes (atributos ecológicos clave) |
| **Mm³** | Millones de metros cúbicos |
| **N4W** | Nature for Water (Facility) de The Nature Conservancy |
| **Q90** | Caudal excedido el 90% del tiempo (indicador de estiaje) |
| **RBC** | Relación Beneficio-Costo |
| **SbN** | Soluciones basadas en la Naturaleza |
| **SIGA-CAL** | Modelo hidro-sedimentológico y de calidad del agua (TNC y Gotta Ingeniería) |
| **TNC** | The Nature Conservancy |
| **UFC** | Unidad Formadora de Colonias (medida de coliformes) |
| **USD** | Dólares de Estados Unidos |
| **VPN** | Valor Presente Neto |

# Tabla de contenidos


Página **8** — **1** Resumen ejecutivo

Página **14** — **2** Contexto y propósito del estudio

Página **22** — **3** Marco metodológico

Página **34** — **4** Diagnóstico social y de gobernanza

Página **38** — **5** Resultados y beneficios

Página **52** — **6** Análisis económico

Página **56** — **7** Conclusiones y recomendaciones

Página **62** — **8** Bibliografía




# Paute Resiliente

**Soluciones basadas en la Naturaleza para la seguridad hídrica de la cuenca del Río Paute**

**768.000**
**Personas abastecidas**

**6.437 km²**
**Superficie de la cuenca**
Azuay · Cañar · Morona Santiago

**34%**
**de la capacidad hidroeléctrica** de Ecuador se encuentra en la cuenca del río Paute

**29%**
De la cuenca **es ecosistema de páramo**




## Soluciones basadas en la naturaleza

1. Protección de páramos, bosques nativos y riberas para evitar su degradación.
2. Plantación con especies nativas, cercado, control de invasoras en áreas degradadas.
3. Eliminar presiones (sobrepastoreo) para permitir la regeneración natural. Menor costo unitario.
4. Ganadería más sostenible: rotación, arborización, cercas vivas, bancos forrajeros.
5. Agroforestería, reducción de agroquímicos, cultivos de cobertura.
6. Fortalecimiento de juntas de agua y comunidades. Condición habilitante para que todo funcione.

## Retos para la seguridad hídrica

- **Cambio de uso del suelo**
- **Contaminación del agua**
- **Debilidades institucionales y sociales**
- **Cambio climático**

## Beneficios clave del portafolio sbn

*Rango de beneficios posibles (diferencia entre los escenarios de intervención [A-D] y el escenario tendencial BaU · Horizonte 35 años / 2025 - 2060)*

**[+4,1%, +10,7%]**
*[+1.331 L/s, +3.520 L/s]*
**Aumento en el caudal de estiaje, río Paute en Mazar - Punto de cierre del área de simulación**

**[-115k, -241k]**
**Disminución de sedimentos depositados en Mazar, m³/año**

**[+30%, +48%]**
*[+354 L/s, +569 L/s]*
**Aumento en el caudal de estiaje, captación en el río Machángara - ETAPA**

**[-7%, -42%]**
**Disminución en la cantidad de coliformes totales (UFC/mL) en Gualaceo**

**[+9,1%, 24,0%]**
*[+18 L/s, + 46 L/s]*
**Aumento en el caudal de estiaje, captación Condoryacu - EMAPAL**

**[+0,4$_{GWh/año}$, 2,8$_{GWh/año}$]**
**Aumento de la producción hidroeléctrica en el Complejo Hidroeléctrico Machángara - ELECAUSTRO**

## Los 4 escenarios de inversión – rcb: relación beneficio /costo




## Conclusiones

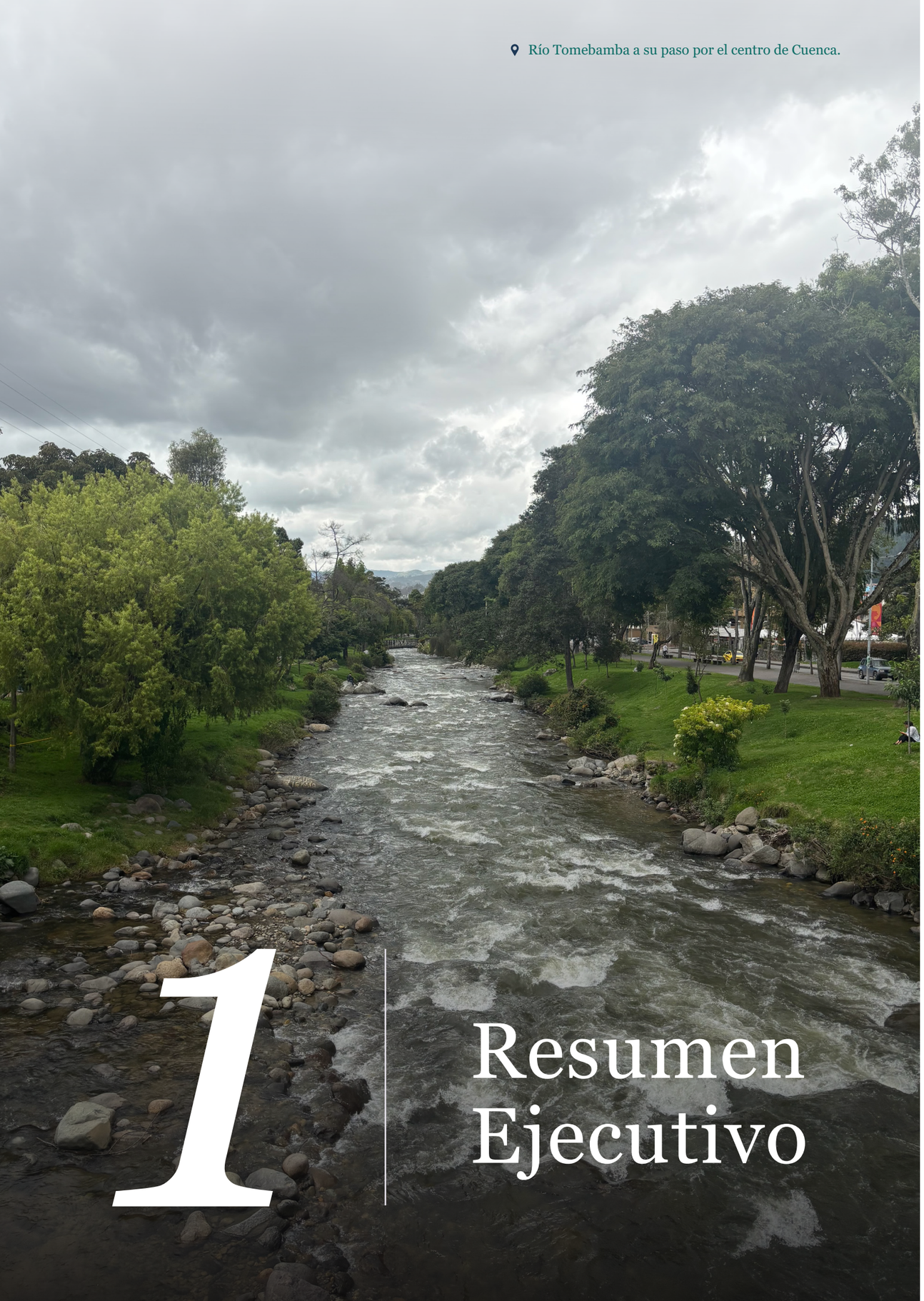
**1 — Las SBN son efectivas**
Mejoran de forma medible las condiciones físicas de la cuenca - caudales, sedimentos y calidad del agua - para sostener los valores de conservación y los usos productivos que de ella dependen.

**2 — Hoja de ruta y visión integrada de cuenca**
Priorización territorial que define qué SbN aplicar y dónde - con beneficios medibles, a lo largo de 35 años. Planear inversiones con visión territorial integrada generan mayores beneficios y co-beneficios para la cuenca.

**3 — Decisión colectiva & gobernanza**
La materialización de los beneficios depende de las decisiones colectivas sobre el nivel de ambición y del fortalecimiento de la gobernanza territorial.

## Entregables

- **Mapa de priorización** espacial de SbN (Escenarios A–D)
- **Modelo SIGA-CAL v1.0** — calibrado y transferido
- **Modelo financiero** para evaluar otros escenarios
- **Caso de negocio** con beneficios monetizados y RBC por escenario
- **Retos** y **oportunidades** de gobernanza en la cuenca



Río Tomebamba a su paso por el centro de Cuenca.

# 1 Resumen Ejecutivo



## *1.1.*

## Una cuenca estratégica bajo presión creciente

La cuenca del río Paute es una de las más estratégicas de Ecuador: sustenta el abastecimiento de agua potable para aproximadamente 768.000 personas, a través de empresas prestadoras de agua y juntas comunitarias; aporta el 34 % de la capacidad hidroeléctrica de Ecuador mediante el Complejo Hidroeléctrico Paute Integral (CHPI); y sostiene los medios de vida de numerosas comunidades rurales que dependen del recurso hídrico para la agricultura, la ganadería y el consumo básico (Romo, 2025).

La cuenca enfrenta presiones crecientes: cambio de uso del suelo, deforestación, expansión ganadera en páramos, minería y el agravamiento progresivo de sequías derivado del cambio climático. Las sequías recientes ya han causado apagones nacionales que afectaron a los habitantes de la cuenca, también usuarios finales de la energía del CHPI. Según los resultados de este estudio, bajo un escenario tendencial que reproduce el historico, restauración o buenas prácticas ganaderas a futuro, conocido en este reporte como Business as Usual (BaU), se proyecta algun grado de degradación en 85% del bosque nativo y una reducción del 10% del páramo hacia 2060, con consecuencias directas sobre la disponibilidad y calidad del agua para todos los usuarios de la cuenca.

### El estudio: una hoja de ruta basada en evidencia

En este contexto, el Fondo del Agua de la Cuenca del Río Paute (FONAPA) encargó al equipo de Nature for Water (N4W) de The Nature Conservancy el desarrollo de un análisis técnico integral que evaluara el potencial de las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) para fortalecer la seguridad hídrica de la cuenca. Los ecosistemas de la cuenca dependen de un conjunto de atributos ecológicos clave que sostienen su funcionalidad: el régimen hidrológico (cómo fluye el agua a lo largo del año), la calidad del agua (concentración de nutrientes, sedimentos y patógenos), y el transporte de sedimentos (procesos de erosión y depósito que mantienen la estructura física de los ríos). Estos tres atributos, en adelante referidos como KEA por sus siglas en inglés (Key Ecological Attributes), se consideran los pilares biofísicos sobre los que actúan las SbN.

El estudio combina modelación hidro-sedimentológica y de calidad del hábitat, análisis de escenarios de cambio climático, diagnóstico social y de gobernanza, y evaluación económica de beneficios, con el objetivo de ofrecer a FONAPA y sus constituyentes (Etapa, GAD Gualaceo, Emapal - EP, UCuenca, Tesalia cbc, Celec EP, Cordillera Tropical, The Nature Conservancy, Elecautro, Alcaldía Paute) una hoja de ruta concreta sobre dónde intervenir, con qué tipo de SbN y a qué escala de inversión. El análisis articula cinco pasos en una cadena causal explícita: (1) valores de conservación priorizados por FONAPA y sus socios; (2) atributos ecológicos clave (KEA) que los sustentan; (3) retos y fuentes de degradación; (4) SbN que actúan sobre los KEA; y (5) métricas que cuantifican los beneficios. Se evaluaron cinco escenarios: cuatro niveles progresivos de inversión (A a D, entre USD 29 M y USD 149 M) y un escenario alternativo (B2), con el mismo presupuesto que el escenario B pero basado en una lógica de priorización territorial en lugar de biofísica.

El portafolio incluye cuatro tipos principales de intervenciones modeladas (conservación, restauración activa, restauración pasiva y mejores prácticas ganaderas) y dos componentes complementarios cualitativos (Buenas Prácticas Agrícolas y Educación Ambiental).

Río Paute, cerca del Embalse Mazar







## Tres mensajes centrales del estudio

El análisis técnico desarrollado para FONAPA y sus socios permite extraer tres mensajes que articulan el conjunto de los hallazgos y orientan las decisiones de inversión y gobernanza del fondo. Las recomendaciones operativas al final de este resumen se organizan en torno a estos tres ejes.

### Mensaje 1.

**Las SbN son una solución técnicamente efectiva para los retos de seguridad hídrica de la cuenca del Paute.**

La evidencia biofísica muestra que, en comparación con el escenario tendencial BaU, las SbN mejoran de forma medible los tres KEA priorizados en todos los escenarios evaluados. El caudal de estiaje ($Q_{90}$)[1] a escala de cuenca aumenta entre 1331 L/s (Escenario A) y 3520 L/s (Escenario D), fortaleciendo la resiliencia frente a sequía. Los sedimentos depositados en el embalse Mazar se reducen entre 115.000 y 241.000 m³/año, prolongando la vida útil operativa del CHPI. La carga de coliformes en agua cruda en captaciones de potabilización urbana se reduce entre 32% y 79%, con beneficios sobre la salud pública y los costos de potabilización. Estos beneficios son progresivos: comienzan a materializarse desde el escenario más conservador y crecen con el nivel de inversión.

El análisis económico complementario confirma este caso técnico. Los beneficios monetizados respecto al escenario BAU alcanzan entre USD 114 M (Escenario A) y USD 183 M (Escenario D) en Valor Presente Neto a 35 años. La Relación Beneficio-Costo (RBC) es mayor a 1 en todos los escenarios, lo que significa que el retorno económico supera la inversión en cada caso evaluado. La RBC reportada es conservadora: Los beneficios de la implementación del portafolio de SbN exceden los analizados en el presente estudio y las bases e información biofísica queda disponible para su análisis según los intereses de los interesados.

### Mensaje 2.

**La planeación con visión integrada de cuenca genera mayores beneficios que la planeación fragmentada por actor o territorio.**

Para validar esta hipótesis, el estudio diseñó dos escenarios con idéntico presupuesto de USD 70 M: el escenario B, con priorización biofísica integrada a escala de cuenca, y el escenario B2, con priorización territorial enfocada en las áreas individuales de cada constituyente. Con el mismo monto invertido, B genera aproximadamente un 19% más de beneficio biofísico agregado que B2. La diferencia se manifiesta en variables operativamente críticas, como caudal medio, $Q_{90}$, nitrógeno total y coliformes totales, con una sola excepción: la remoción de sedimentos, donde B2 muestra ventaja, evidencia de que las áreas críticas para regulación hídrica no coinciden necesariamente con las áreas críticas para control de erosión.

En términos estratégicos, este resultado muestra que la efectividad del portafolio no depende únicamente del monto invertido, sino también de dónde y

**1.** El $Q_{90}$ es un indicador de estiaje: representa el volumen de agua superado el 90% del tiempo en una curva de duración de caudales. Una Q90 más alta indica que el caudal del río es mayor durante los periodos de estiaje (sequía), indicando un flujo base más robusto y mayor disponibilidad de agua. Es un indicador clave de que el río mantiene mejor sus niveles mínimos, siendo más estable y menos propenso a secarse.

bajo qué lógica se asignan los recursos. Para maximizar los beneficios colectivos, es importante que FONAPA y sus constituyentes avancen hacia una lógica de inversión integrada a escala de cuenca, basada en prioridades biofísicas compartidas.

## Mensaje 3.

### La materialización de los beneficios depende de decisiones colectivas de los constituyentes y del fortalecimiento de la gobernanza del fondo.

La evidencia técnica de este estudio identifica qué hacer y dónde hacerlo. La decisión sobre con qué nivel de ambición, en qué secuencia y con qué co-inversiones avanzar corresponde a los acuerdos institucionales que el fondo y sus constituyentes logren articular. Cuatro elementos de gobernanza emergen como críticos: (1) la decisión colectiva sobre el nivel de inversión, (2) la definición de áreas de intervención, (3) el fortalecimiento de condiciones habilitantes (educación ambiental, capacidades en juntas de agua y riego, monitoreo) y (4) la consolidación del modelo financiero del fondo.

### Visión estratégica consolidada de la cuenca

La siguiente tabla sintetiza los principales resultados a escala de cuenca para los cuatro escenarios de inversión. Los valores se reportan en el punto de cierre del área de simulación (embalse Mazar), que funciona como agregador biofísico de toda la cuenca y no como una métrica específica de ningún constituyente. Todos los valores son mejoras incrementales respecto al escenario tendencial (BaU), en horizonte 35 años (2025 a 2060).



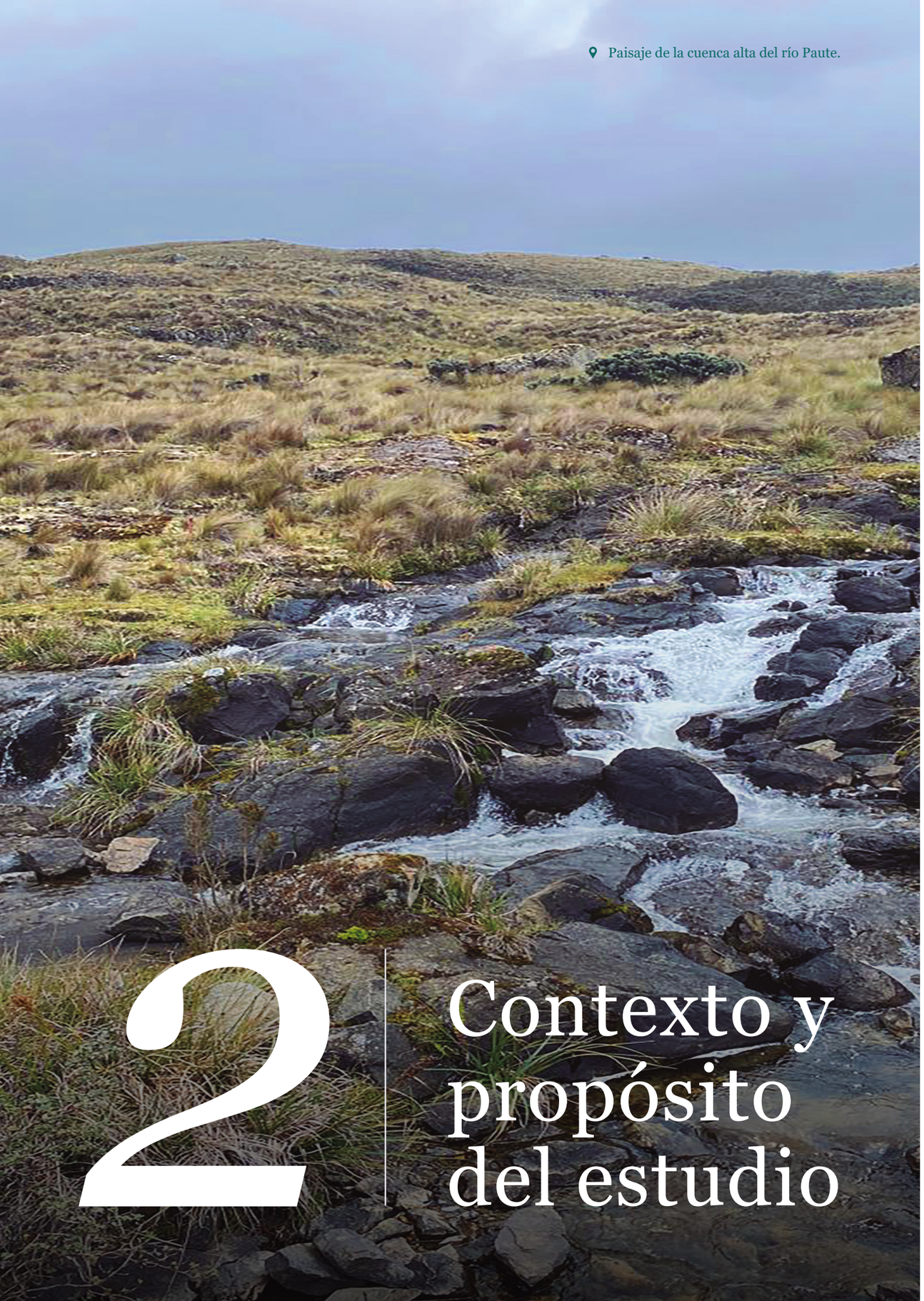


| Escenario | Inversión (USD VPN) | Área implementación SbN (ha) | RBC |
|---|---|---|---|
| **A** | 29 M | 17.987 | 3,89 |
| **B** | 70 M | 37.656 | 1,79 |
| **C** | 100 M | 52.837 | 1,45 |
| **D** | 149 M | 80.912 | 1,23 |

**Notas:** $\Delta Q_{90}$: variación del caudal de estiaje. Sedimentos: depositados en el embalse, donde valores negativos representan reducción y por lo tanto beneficio. RBC: Relación Beneficio-Costo, cociente entre beneficios y costos (en VPN), horizonte 35 años, tasa de descuento 3,46% (CEPAL). VPN: Valor Presente Neto.

Embalse en la cuenca alta del río Machángara.





Paisaje de la cuenca alta del río Paute.

# 2 Contexto y propósito del estudio



## *2.1.*

## **La cuenca del río Paute** como sistema estratégico

La cuenca del río Paute se ubica en el sur del Ecuador, entre las cordilleras Occidental y Oriental, abarcando la región interandina y parte de la vertiente amazónica (Albarrasín & Barrera, 2021). Comprende las provincias de Azuay, Cañar y Morona Santiago, con una superficie aproximada de 6.437 km² (1,75% del territorio nacional) y una población cercana al 5% del total nacional. La cuenca presenta un relieve montañoso con variación altitudinal entre 540 y 4.400 metros sobre el nivel del mar; en la zona alta predominan páramos, bosques y vegetación nativa, y en la zona media se concentran la población, la ganadería y los cultivos (ver Figura 1) (Proyecto de Desarrollo de la cuenca del Río Paute , 2006)

Dentro de la cuenca se encuentra Cuenca, tercera ciudad del Ecuador, con una población que supera los 600.000 habitantes, y Azogues, capital de la provincia de Cañar, con aproximadamente 35.000 habitantes (Romo, 2025). La actividad agrícola, pecuaria y turística coexiste con ecosistemas estratégicos de páramo y humedales, fundamentales para el balance hídrico de la cuenca. La cuenca alimenta el Complejo Paute Integral, conformado por las centrales hidroeléctricas de Mazar (170 MW), Molino (1.100 MW) y Sopladora (487 MW), que en conjunto constituyen el 34% de la capacidad hidroelectrica instalada de Ecuador.

Las comunidades rurales dependen principalmente de juntas locales de agua potable (Juntas Administradoras de Agua Potable - JAAPs) y de riego, las cuales administran y distribuyen el servicio con variaciones en el número de días y horas de abastecimiento. Estas comunidades identifican sequías y heladas como amenazas directas a su seguridad hídrica y productiva, junto con problemáticas ambientales asociadas a cambios en el uso del suelo y prácticas inadecuadas. Existe una alta disposición comunitaria a involucrarse en iniciativas que mejoren la gestión del agua y la conservación de los ecosistemas.

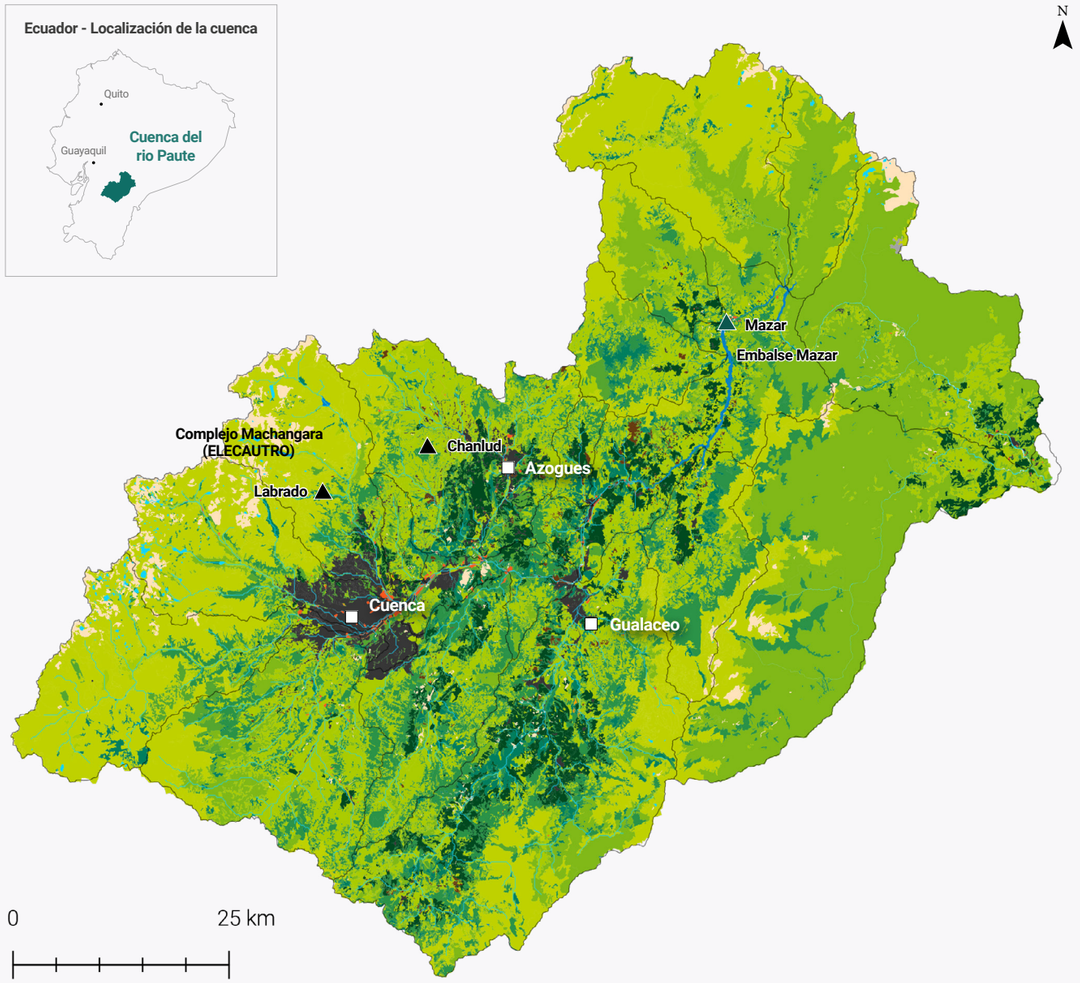



Figura 1. Mapa de cobertura de la tierra. Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020)





# 2.2.

# **FONAPA** y sus constituyentes

El Fondo del Agua de la Cuenca del Río Paute (FONAPA) fue constituido en 2008 como un fideicomiso mercantil público-privado, con el propósito de contribuir a la conservación, protección, restauración y gobernanza del recurso hídrico en la cuenca. Su estructura institucional articula a actores del sector público, empresas de servicios, gobiernos autónomos descentralizados (GADs), la academia y la sociedad civil en torno a una visión compartida de seguridad hídrica de largo plazo.

Los constituyentes de FONAPA representan los principales usuarios y actores institucionales con responsabilidades sobre el recurso hídrico: empresas prestadoras de servicios de agua (ETAPA en Cuenca y EMAPAL en Azogues), empresas de generación eléctrica (ELECAUSTRO en el Complejo Machángara y CELEC EP Hidropaute en el CHPI), gobiernos municipales (GAD Gualaceo) y entidades académicas. Cada uno tiene responsabilidades técnicas y operativas sobre porciones específicas de la cuenca, lo que conforma una red institucional con responsabilidades compartidas y complementarias.

A lo largo de casi dos décadas, el fondo ha movilizado recursos para la conservación, apoyado ordenanzas locales para las Áreas de Conservación y Uso Sostenible (ACUS), fortalecido las capacidades locales y fomentado la participación comunitaria. A pesar de estos avances, FONAPA enfrenta retos persistentes, entre ellos la coordinación fragmentada, la dependencia de un número limitado de contribuyentes y el riesgo de impulsar inversiones sin una visión integral plenamente articulada a nivel de cuenca.

Quebrada de páramo en la cabecera de la cuenca.



El presente estudio busca aportar la base técnica para abordar estos retos a través de una hoja de ruta estratégica común.

# 2.3.

# **Valores de conservación,** KEA[2] y la cadena causal del estudio

Para evaluar el aporte de las SbN, el estudio aplica una cadena causal explícita que articula cinco pasos. Esta cadena permite conectar los beneficios que FONAPA y sus socios buscan proteger (denominados en el estudio "valores de conservación") con las condiciones ecológicas que los sustentan, los retos que los amenazan, las intervenciones que pueden responder a esos retos y las métricas utilizadas para medir los resultados. Este encadenamiento, desde los valores de conservación hasta las métricas de evaluación, se resume en la cadena causal del estudio (Figura 2).

## 1

**Valores de conservación priorizados** por FONAPA y sus socios

Los valores de conservación representan los beneficios ecológicos, sociales y económicos que la cuenca provee y que son prioritarios para los actores del territorio. En este estudio incluyen: provisión y regulación de agua para consumo humano, provisión y regulación de agua para generación hidroeléctrica, agua de buena calidad para comunidades rurales, oportunidades de empleo para comunidades rurales y protección de la biodiversidad de páramos, humedales y bosques nativos.

## 2

**Atributos ecológicos clave (KEA)** que sustentan estos valores

Los KEA son las condiciones biofísicas que permiten que esos valores se mantengan en el tiempo. De los seis KEA identificados en el estudio (régimen hidrológico, calidad del agua, transporte de sedimentos, conectividad, estructura física y composición biótica), tres son analizados cuantitativamente mediante modelación biofísica: régimen hidrológico, calidad del agua y transporte de sedimentos.

## 3

**Retos y fuentes de degradación** que afectan a los KEA

El estudio identifica presiones como el cambio de uso del suelo, la contaminación del agua, las debilidades institucionales y el cambio climático, que deterioran las condiciones ecológicas e institucionales necesarias para sostener los valores de conservación priorizados.

## 4

**SbN que actúan sobre los KEA** para responder a los retos

El portafolio considera conservación, restauración activa y pasiva, mejores prácticas ganaderas, Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y educación ambiental como intervenciones orientadas a mejorar o mantener las condiciones ecológicas clave de la cuenca.

## 5

**Métricas e indicadores** que cuantifican el efecto de las SbN sobre los KEA y los beneficios resultantes para los actores de la cuenca

Estas métricas permiten medir cómo las intervenciones modifican variables como caudal, sedimentos, calidad del agua, calidad de hábitat y beneficios asociados para los usuarios de la cuenca.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| **Valores de Conservación** | **Atributos ecológicos clave** | **Retos / Amenazas** | **Soluciones Basadas en la Naturaleza** | **Métricas y Beneficios** |
| **¿Qué proteger?** | **¿Qué los sustenta?** | **¿Qué los degrada?** | **¿Qué hacer?** | **¿Cómo medir?** |
| ■ Provisión de agua para consumo humano<br>■ Generación hidroeléctrica<br>■ Agua para comunidades rurales<br>■ Empleos rurales<br>■ Biodiversidad de páramos, humedales y bosques | ■ 6 atributos ecológicos clave identificados<br>■ 3 priorizados para análisis cuantitativo: i) Régimen hidrológico ii) Calidad del agua iii) Transporte de sedimentos | ■ Cambio de uso del suelo<br>■ Contaminación del agua<br>■ Cambio climático<br>■ Debilidades institucionales | ■ Conservación y protección<br>■ Restauración activa y pasiva<br>■ Mejores prácticas ganaderas<br>■ Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)<br>■ Educación ambiental | ■ Biofísicas: Qmean, Q90, SSI, sedimentos, NT, coliformes<br>■ Económicas: costos evitados, B/C por escenario<br>■ Sociales: seguridad hídrica, empleos rurales |

Figura 2. Cadena causal del estudio (de los valores de conservación a las métricas de evaluación de SbN)

2. Por sus siglas en inglés, Key Ecological Attributes

# 2.4.

## **El escenario tendencial (BaU)** como referencia

Para evaluar el aporte real de las SbN, el estudio compara cada escenario de inversión (A, B, C y D) contra un escenario tendencial conocido como Business as Usual (BaU). El BaU representa la trayectoria que la cuenca seguiría si no se implementaran nuevas inversiones en SbN: continuaría la expansión agrícola y ganadera, la deforestación y la degradación de páramos, agravadas por el cambio climático. Bajo este escenario, se proyecta hacia 2060 una pérdida del 80 a 85% del bosque nativo y una reducción del 10% del páramo.

Zona alta de la cuenca.



Todos los resultados reportados en este documento corresponden a beneficios incrementales respecto a esa trayectoria, es decir, lo que se gana adicional al hecho de implementar SbN frente a no implementarlas. Esta convención (Δ vs BaU) aplica a cada cifra, tabla y gráfico de los capítulos siguientes.

# 2.5.

## **Propósito y entregables** del estudio

El propósito central del estudio es generar una hoja de ruta basada en evidencia científica que oriente a FONAPA y a sus constituyentes sobre dónde intervenir, qué tipo de SbN implementar y cuánto invertir, en función de los objetivos de seguridad hídrica de la cuenca. Para ello, los entregables principales del estudio son:

- Portafolio de SbN priorizado espacialmente, con áreas, tipologías y visión aproximada de costos.
- Modelo hidro sedimentológico SIGA-CAL v1.0 calibrado y transferido a FONAPA, como herramienta de planificación continua.
- Caso de negocio con beneficios monetizados y RBC por escenario.
- Diagnóstico social y de gobernanza.

Humedales altoandinos, Parque Nacional Cajas.






# 3 Marco metodológico



## *3.1.*

## **Tres fases** del proceso analítico

Como se sintetiza en la Figura 3, el proceso analítico del estudio se estructura en fases integradas:

**1**

**Diagnóstico de la cuenca**

Componente biofísico (valores de conservación priorizados, KEA, retos e impulsores de degradación, visita de campo y validación local) y componente social y de gobernanza (sistema de gobernanza del agua, diagnóstico comunitario y juntas de agua, actores, mandatos e intereses).

**Resultado:** comprensión integrada de qué proteger, por qué está en riesgo y quiénes dependen del recurso hídrico.

**2**

**Modelación y escenarios**

Modelos biofísicos (SIGA-CAL v1.0 para caudales, sedimentos y calidad del agua; InVEST 3.14 para calidad del hábitat) y análisis socioeconómico (costos de potabilización, costos evitados de emergencia, sedimentación del embalse Mazar, generación hidroeléctrica e impacto en salud). Comparación entre el escenario BaU y cinco escenarios SbN con incorporación de cambio climático.

**Resultado:** base comparativa entre un futuro sin inversión y futuros con SbN.

**3**

**Beneficios y hoja de ruta**

Cuantificación de beneficios biofísicos y económicos (disponibilidad hídrica, sedimentos y calidad del agua por subcuenca, calidad de hábitat, RBC por escenario, beneficios monetizados y cobeneficios) y construcción de la hoja de ruta (subcuencas y SbN prioritarias, marco de decisión de inversión, beneficios para distintos actores).

**Resultado:** qué SbN aplicar, dónde y cuánto invertir, como instrumento de planificación para FONAPA.

# Cadena Casual
## Qué se analiza y por qué

Sustentados por → Amenazados por → Se mitigan con → Se miden con

**1 — Valores de Conservación**
Beneficios estratégicos priorizados por FONAPA y socios

**2 — Atributos ecológicos clave**
KEA que sustentan los valores (régimen hidrológico, calidad del agua y transporte de sedimentos)

**3 — Retos / Amenazas**
Presiones que degradan los KEA

**4 — Soluciones Basadas en la Naturaleza**
Intervenciones que actúan sobre los KEA

**5 — Métricas y Beneficios**
Indicadores biofísicos, sociales y económicos

# Proceso analítico
## Cómo se generó la evidencia

| Entregables | Diagnóstico de la cuenca<br>Insumo: Contexto biofísico, social y gobernanza | Modelación de escenarios<br>Insumo: Portafolio SbN y escenarios de inversión | Beneficios y Hoja de Ruta<br>Insumo: Resultados, Caso económico y hoja de ruta |
|---|---|---|---|
| **Portafolio de SbN**<br>Mapa priorizado de Escenarios A - D | **BIOFÍSICO**<br>■ Valores de conservación priorizados<br>■ Atributos ecológicos clave (KEA)<br>■ Retos e impulsores de degradación<br>■ Visita de campo y validación local<br><br>**SOCIAL Y GOBERNANZA:**<br>■ Sistema de gobernanza del agua<br>■ Diagnóstico comunitario y juntas de agua<br>■ Actores, mandatos e intereses | **MODELOS BIOFÍSICOS**<br>■ SIGA-CAL: caudales, sedimentos y calidad del agua<br>■ INVEST: calidad del hábitat<br>■ BaU vs 4 escenarios (A, B, C, D) + 1 alternativo (B2)<br><br>**ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO**<br>■ Costos de potabilización y costos evitados (provisión de emergencia)<br>■ Sedimentación embalse Mazar<br>■ Condiciones para generación hidroeléctrica (cualitativo)<br>■ Salud: calidad del agua coliformes, nivel pretratamiento (cualitativo) | **BIOFÍSICOS Y ECONÓMICOS**<br>■ Disponibilidad hídrica, calidad del agua y sedimentos por sub cuenca<br>■ Calidad de hábitat<br>■ Relación beneficio-costo por escenario<br>■ Beneficios monetizados y cobeneficios<br><br>**HOJA DE RUTA**<br>■ Subcuencas y SbN prioritarias<br>■ Marco de decisión de inversión<br>■ Beneficios para distintos actores |
| **Modelo SIGA-CAL v1.0**<br>Calibrado y transferido a FONAPA como herramienta permanente | | | |
| **Caso de negocio**<br>Narrativas, recomendaciones RBC y beneficios monetizados | | | |
| **Diagnóstico social**<br>Gobernanza y dinámicas comunitarias | **Resultado:** Comprensión integrada de qué proteger, por qué está en riesgo y quiénes dependen de ello | **Resultado:** Base comparativa entre escenario tendencial y futuros con 'SbN | **Resultado:** Qué SbN, dónde y cuánto invertir: instrumento de planificación para FONAPA |

Figura 3. Marco metodológico integrado del estudio

# 3.2.
# Modelos utilizados

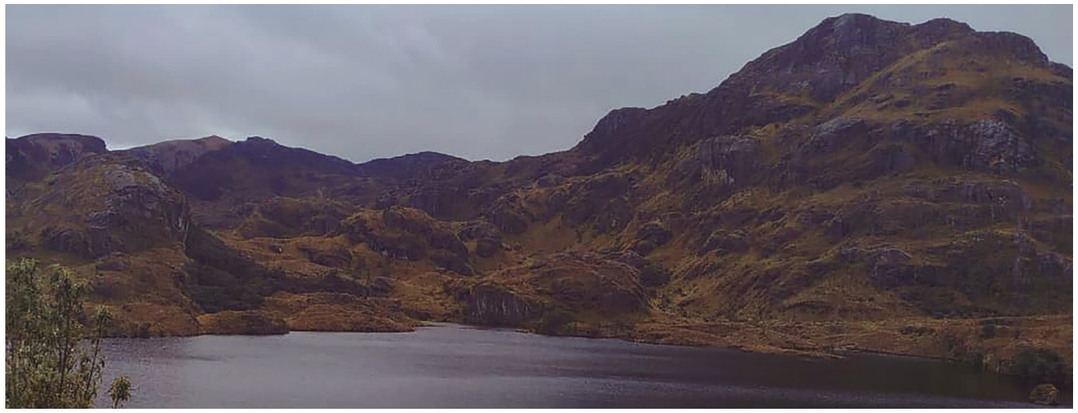
El estudio utilizó dos herramientas principales de modelación, ambas estándar internacional y adaptadas al contexto de la cuenca del Paute:

**SIGA-CAL v1.0** (Simulación Geocientífica Abierta - Calidad de Agua), desarrollado por The Nature Conservancy y Gotta Ingeniería. Es un modelo hidro-sedimentológico y de calidad del agua que integra cuatro módulos: fenológico, hidrológico, sedimentológico y de calidad del agua. Permite simular dinámicamente la respuesta de la cuenca a diferentes escenarios de intervención y de cambio climático. El modelo fue calibrado y validado con datos hidrometeorológicos observados y queda transferido a FONAPA como herramienta de planificación continua (Jiménez, et al., 2023).

**InVEST 3.14** (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs), desarrollado por el Natural Capital Project. Se utilizó para evaluar la calidad del hábitat combinando información sobre cobertura y uso del suelo con capas de amenazas a la biodiversidad. Genera mapas de calidad de hábitat por escenario y permite analizar cobeneficios para especies priorizadas (Natural Capital Alliance, 2026).

Como herramienta complementaria, se utilizó **Dinamica EGO** para proyectar usos futuros de cobertura del suelo al horizonte 2060. Detalles técnicos de calibración, validación y configuración se encuentran en reporte técnico completo.

Paisaje de la cuenca del río Paute







# 3.3.
# Alcance geográfico del análisis

El análisis se realizó sobre el área de simulación de la cuenca del río Paute, con cierre en el embalse Mazar como agregador biofísico. Dentro de esa área se definieron puntos operativos asociados a cada constituyente, distribuidos a lo largo de la cuenca (Figura 4), que permiten observar los resultados en los sitios de interés de cada actor.

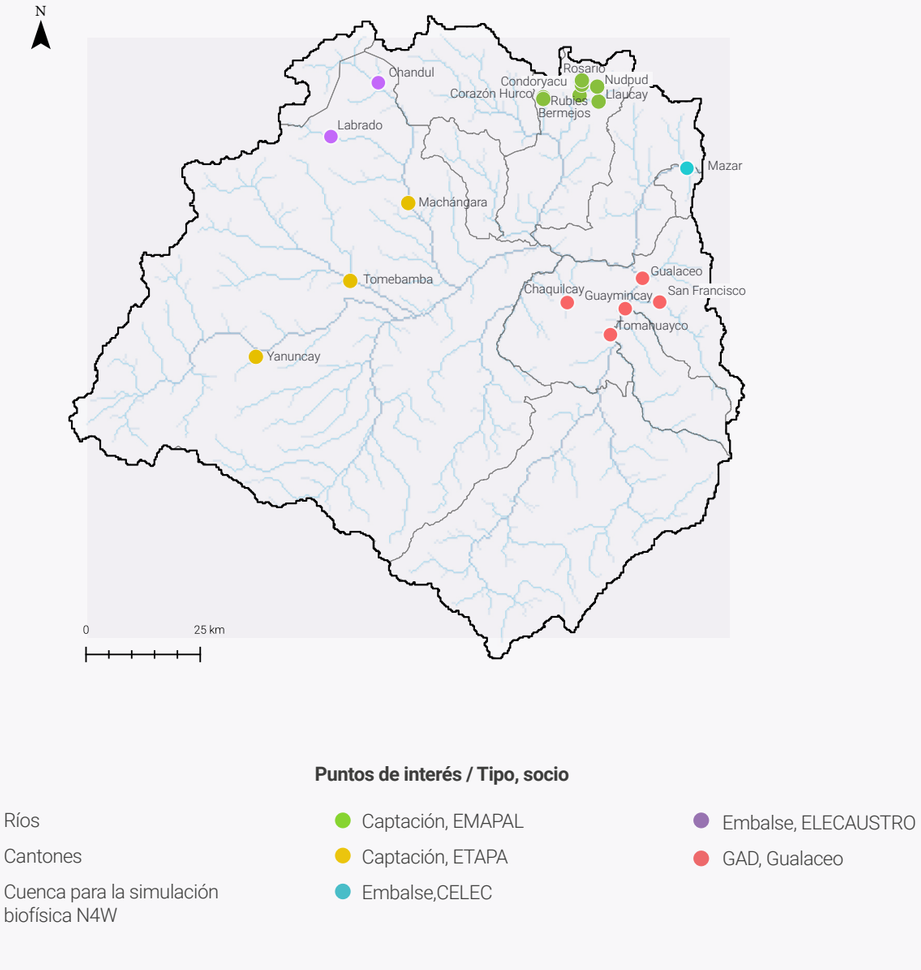



Figura 4. Puntos de interés para observación de resultados en la cuenca de simulación del Rio Paute.

# 3.4.
# Tipologías de SbN modeladas

El portafolio incluye cuatro tipos principales de intervenciones modeladas cuantitativamente y dos componentes complementarios cualitativos que actúan como condiciones habilitantes:

**Conservación y protección.**

Protección de páramos, bosques nativos y vegetación riparia para evitar su conversión a otros usos del suelo. En la cuenca del Paute, el 60,32% del territorio ya cuenta con figura de protección. Esta SbN actúa sobre los KEA de régimen hidrológico (almacenamiento y regulación) y calidad del agua (filtración natural).

**Restauración activa.**

Intervención humana directa (siembra, plantación con especies nativas, cercado, control de invasoras) para recuperar áreas degradadas donde la regeneración natural no es viable. Acelera la recuperación del régimen hidrológico y reduce la erosión.

**Restauración pasiva.**

Eliminación de factores de tensión (sobrepastoreo, especies invasoras) para permitir la regeneración natural en áreas con bajos niveles de disturbio. Es la opción de menor costo unitario y se aplica donde el banco de semillas y la conectividad lo permiten.

**Mejores prácticas ganaderas.**

Conversión de pastizales en sistemas ganaderos más sostenibles mediante rotación de potreros, mejoramiento de pastos, cercos vivos, arborización y bancos forrajeros. Actúan sobre los tres KEA simultáneamente, reduciendo erosión, contaminación difusa y deterioro hidrológico, sin sacrificar la actividad productiva.

**Buenas Prácticas Agrícolas (BPA).**

Componente cualitativo. Sistemas agroforestales, reducción de agroquímicos y cultivos de cobertura. No incluido en la modelación cuantitativa pero reconocido como complemento estratégico del portafolio.

**Educación ambiental y fortalecimiento de capacidades.**

Condición habilitante transversal. Fortalecimiento de JAAPs y juntas de riego, gobernanza comunitaria y sistemas de monitoreo. Sin este componente, los beneficios biofísicos identificados pueden no materializarse en la práctica.

# 3.5.
# Escenarios de inversión

Se evaluaron escenarios de inversión, todos comparados contra un mismo escenario de referencia (BaU). La comparación contra BaU es lo que permite atribuir los beneficios observados a las SbN y no a otros factores como el cambio climático o la dinámica natural del territorio.

- **Escenarios A, B, C y D:** cuatro niveles progresivos de inversión, entre USD 29 M (A) y USD 149 M (D), con priorización biofísica integrada a escala de cuenca.
- **Escenario B2:** mismo presupuesto que B (USD 70 M), pero con priorización territorial enfocada en las áreas de los constituyentes individuales del fondo. Se incorporó deliberadamente como contraste para probar la hipótesis de que la localización de las inversiones es tan determinante como el monto invertido.

Cada escenario incorpora un horizonte de simulación de 35 años (2025 a 2060) y proyecciones de cambio climático bajo escenarios CMIP6 con corrección de sesgo y downscaling espacial. La elección del horizonte responde a la necesidad de incluir un ciclo climático completo y de alinearse con los horizontes de planificación estratégica de los actores de la cuenca.

Cada escenario se construyó combinando el portafolio potencial espacial de SbN con una capa de priorización biofísica de predios: el procedimiento selecciona áreas de forma secuencial y acumulativa según su prioridad de beneficio, hasta agotar el presupuesto disponible. La siguiente tabla resume el área cubierta por cada tipología de SbN en cada escenario.

Laguna de páramo en el Parque Nacional Cajas.



| Escenario | Presupuesto (USD VPN) | Área total (ha) | Conservación (ha) | Restauración activa (ha) | Restauración pasiva (ha) | Prácticas ganaderas (ha) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **A** | 29 M | 17.987 | 394 | 369 | 8.500 | 8.725 |
| **B** | 70 M | 37.656 | 938 | 794 | 12.744 | 23.181 |
| **C** | 100 M | 52.837 | 1.994 | 1.500 | 16.044 | 33.300 |
| **D** | 149 M | 80.912 | 4.238 | 3.163 | 25.663 | 47.850 |

**Notas:** Presupuesto expresado en Valor Presente Neto, incluyendo costos de implementación, mantenimiento, monitoreo, administración del programa y creación de capacidades

Tabla 1. Área de intervención por escenario y tipo de SbN.

Paisaje de la cuenca alta del río Paute







# 3.6.

# **Priorización** espacial

La asignación espacial de las intervenciones SbN combinó criterios biofísicos (beneficio esperado sobre los KEA), de elegibilidad técnica (compatibilidad entre tipología de SbN y cobertura actual), de costos y de viabilidad operativa. El resultado es un mapa priorizado que identifica, para cada hectárea de la cuenca, la SbN más eficiente y su orden de implementación en los cuatro escenarios, estos resultados se presentan en la figura 5.

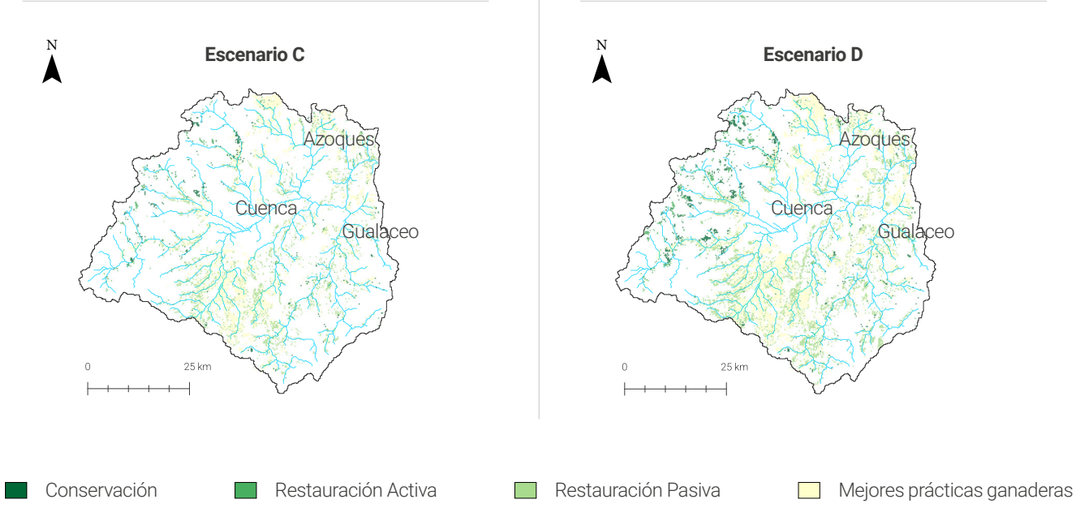



Figura 5. Escenarios SbN en el área de estudio. Cuenca de simulación del río Paute, escenarios A, B, C y D.

# *3.7.*
# Supuestos y limitaciones

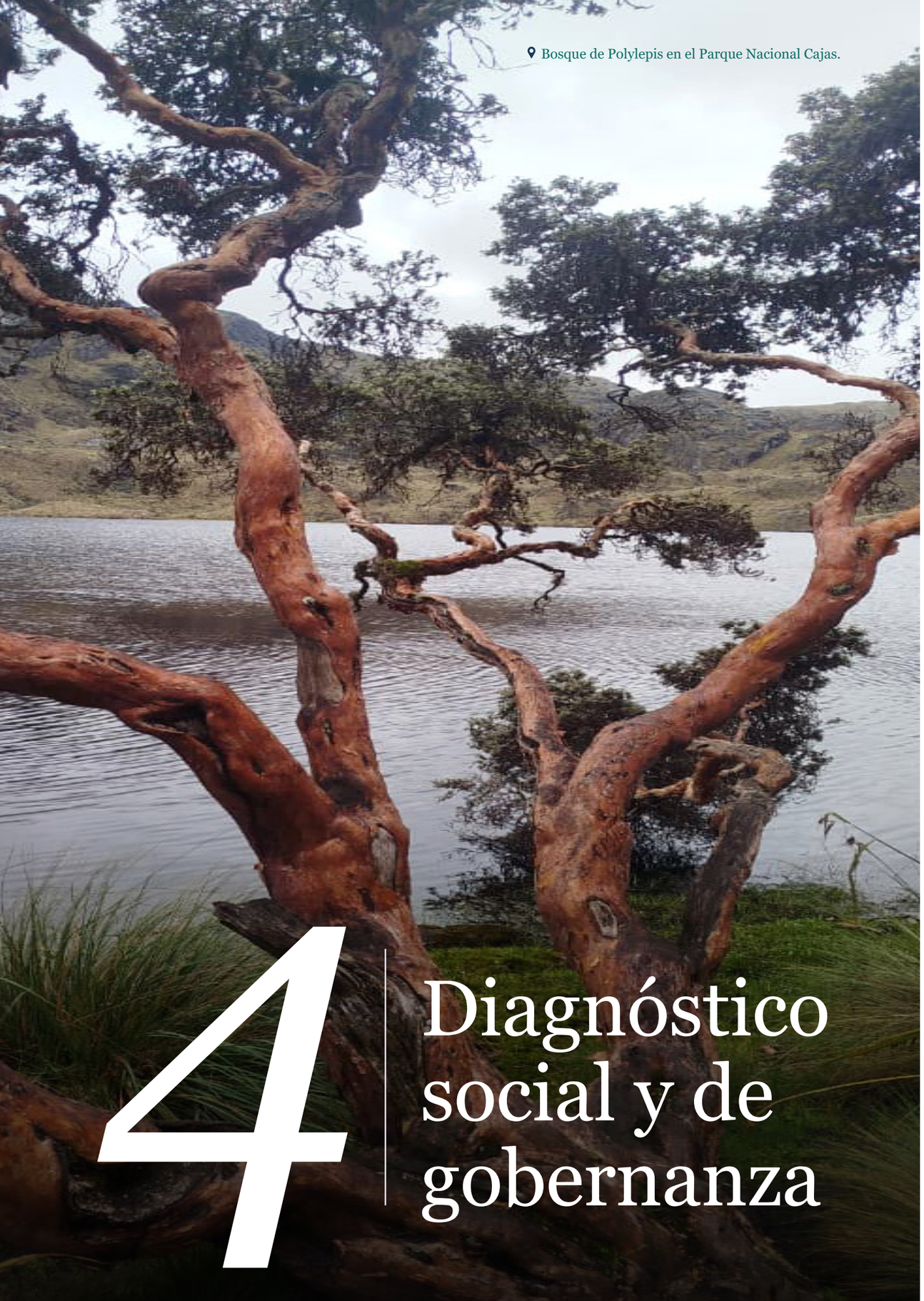
El análisis se basa en un horizonte de evaluación de 35 años, entre 2025 y 2060, con una fase inicial de implementación de las SbN (10 años) y un período posterior de seguimiento, mantenimiento y consolidación de beneficios. Los resultados económicos se expresan en Valor Presente Neto, aplicando una tasa de descuento real anual de 3,46% (CEPAL, recomendada para proyectos de largo plazo en Ecuador), y los costos unitarios de implementación, mantenimiento, monitoreo, administración y creación de capacidades fueron actualizados a valores de 2025. Las simulaciones biofísicas consideran escenarios futuros de cambio climático y cambio de uso del suelo, y comparan los beneficios del portafolio de SbN frente al escenario tendencial sin nuevas inversiones (BaU).

Como todo ejercicio prospectivo, los resultados deben interpretarse considerando ciertas limitaciones. El estudio monetiza únicamente los beneficios para los cuales se contó con información suficiente y metodologías aplicables; por ello, beneficios relevantes como biodiversidad, calidad de hábitat, salud pública, generación hidroeléctrica y beneficios para las Juntas Administradoras de Agua Potable se reportan en métricas biofísicas o cualitativas, pero no necesariamente en términos monetarios. Asimismo, el análisis no incluye carbono ni emisiones evitadas dentro de la monetización principal.

La disponibilidad y densidad de información de monitoreo varía entre subcuencas, lo que introduce incertidumbre en la calibración local de los modelos, especialmente en variables de calidad del agua. Además, aunque el estudio caracteriza dinámicas sociales relevantes, como migración, feminización rural y gobernanza fragmentada, no modela su evolución futura ni la respuesta comunitaria a las intervenciones. En este sentido, los resultados deben entenderse como una estimación técnicamente fundamentada del potencial de las SbN, sujeta a la calidad de la información disponible y al cumplimiento de condiciones habilitantes para su implementación efectiva y sostenibilidad en el tiempo.



Cuenca del río Paute.



Bosque de Polylepis en el Parque Nacional Cajas.

# 4 Diagnóstico social y de gobernanza



La implementación efectiva del portafolio SbN no depende únicamente de la evidencia biofísica. Requiere también de un sistema de gobernanza articulado y de condiciones sociales habilitantes. Este capítulo sintetiza los principales hallazgos del componente social y de gobernanza del estudio.

## *4.1.*

## **Gobernanza del agua** en la cuenca del Paute

El sistema de gobernanza del agua en el Ecuador está regulado por la Ley de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua de 2015, que define los organismos, instancias y competencias relacionadas con el manejo del recurso hídrico. El sistema articula la autoridad única del agua (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica), las agencias de regulación y control (ARCA), los gobiernos autónomos descentralizados (GADs), los consejos de cuenca y los usuarios organizados, entre los cuales se encuentran las JAAPs (Ecuador, 2015).

Para la cuenca del río Paute, el Consejo de Cuenca, que sería el organismo legal encargado de apoyar la planificación, formulación, seguimiento y control de la gestión de los recursos hídricos, aún no se encuentra operativo. Esta ausencia genera un espacio que FONAPA, sin sustituir el rol normativo del Consejo, puede contribuir a articular mediante la coordinación entre constituyentes, la integración de las JAAPs y el aporte de la base técnica para la planificación.

La gobernanza del fondo se organiza en tres órganos principales: la Junta de Constituyentes, que establece los lineamientos estratégicos y aprueba los planes de inversión; la Secretaría Técnica, responsable de la ejecución en territorio, la coordinación con comunidades y el seguimiento de proyectos; y el Administrador de Recursos, función ejercida por la Corporación Financiera Nacional, que garantiza el manejo transparente y normado de los fondos.

# 4.2.

## **Las JAAPs** y la cuenca media-alta

Las JAAPs son organizaciones comunitarias sin fines de lucro que prestan servicios de agua potable, saneamiento y, en algunos casos, riego en zonas rurales donde los gobiernos municipales no cuentan con la capacidad técnica o financiera para garantizar el servicio.

Para FONAPA, las JAAPs son piezas clave en cualquier estrategia de gestión integrada de la cuenca, especialmente en la parte media y alta, ya que estas asociaciones comunitarias proveen del recurso hídrico a más de 133.000 personas, y para ello deben de garantizar la preservación del recurso y la potabilidad del agua. Sin embargo, algunas JAAPs no incluyen procesos de cloración o estos no son suficientemente efectivos; en otras ocasiones no cuentan con equipos básicos de tratamiento, lo que repercute en variables como olor, sabor o presencia de coliformes, haciendo del consumo del agua un riesgo de salud pública para las comunidades (Cantón Gualaceo, 2025). El fortalecimiento de estas organizaciones mediante educación ambiental, transferencia de capacidades técnicas y articulación con los constituyentes urbanos del fondo es una condición habilitante para que los beneficios biofísicos del portafolio SbN se traduzcan en beneficios reales para la población.

# 4.3.

## **Retos sociales** y disposición comunitaria

Las comunidades rurales de la cuenca dependen mayoritariamente de la agricultura y la ganadería, con cultivos destinados al autoconsumo y al mercado. La economía local enfrenta brechas socioeconómicas que están en la raíz de algunas presiones sobre el recurso hídrico, como la expansión de la frontera agrícola, la deforestación y la adopción de prácticas insostenibles en el uso del suelo. Igualmente persiste una escasa inclusión de jóvenes y mujeres, lo que restringe la adopción de enfoques intergeneracionales y de género (Gualaceo, 2024) (Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2021) (Universidad Católica de Cuenca - Hydrolab (2), 2025) (Universidad Católica de Cuenca - Hydrolab, 2025). En este sentido, la implementación de SbN vinculadas a la ganadería regenerativa, los mejores prácticas ganaderas, los enfoques agroecológicos y las Buenas Prácticas Agrícolas enfrenta barreras importantes si no se acompaña de procesos inclusivos con las comunidades.

A pesar de estos retos, las encuestas y procesos colaborativos reportados en el estudio identifican una alta disposición comunitaria a involucrarse en iniciativas que mejoren la gestión del agua y la conservación de los ecosistemas. Esto se traduce en una oportunidad clara para que FONAPA articule capacidades comunitarias, educación ambiental y acuerdos voluntarios por la conservación del recurso hídrico, complementarios al portafolio biofísico.

# 4.4.

## **Implicaciones** para el portafolio SbN

Tres implicaciones operativas se desprenden del diagnóstico social y de gobernanza:

**1**

La implementación de SbN debe articularse con las JAAPs y con los mecanismos normativos existentes y futuros (Consejo de Cuenca), sin duplicar funciones.

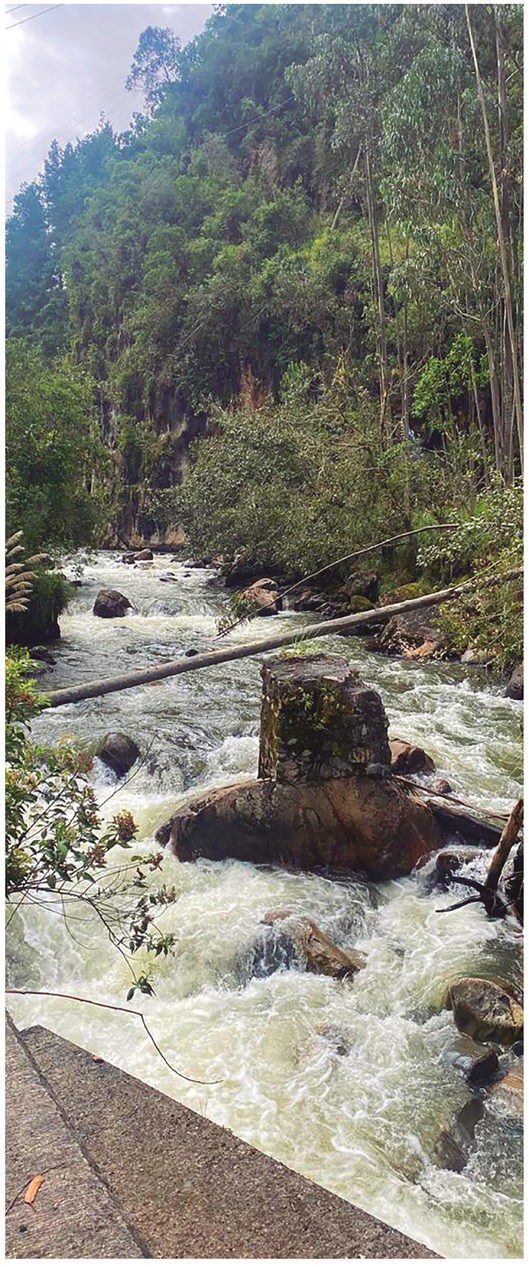
**2**

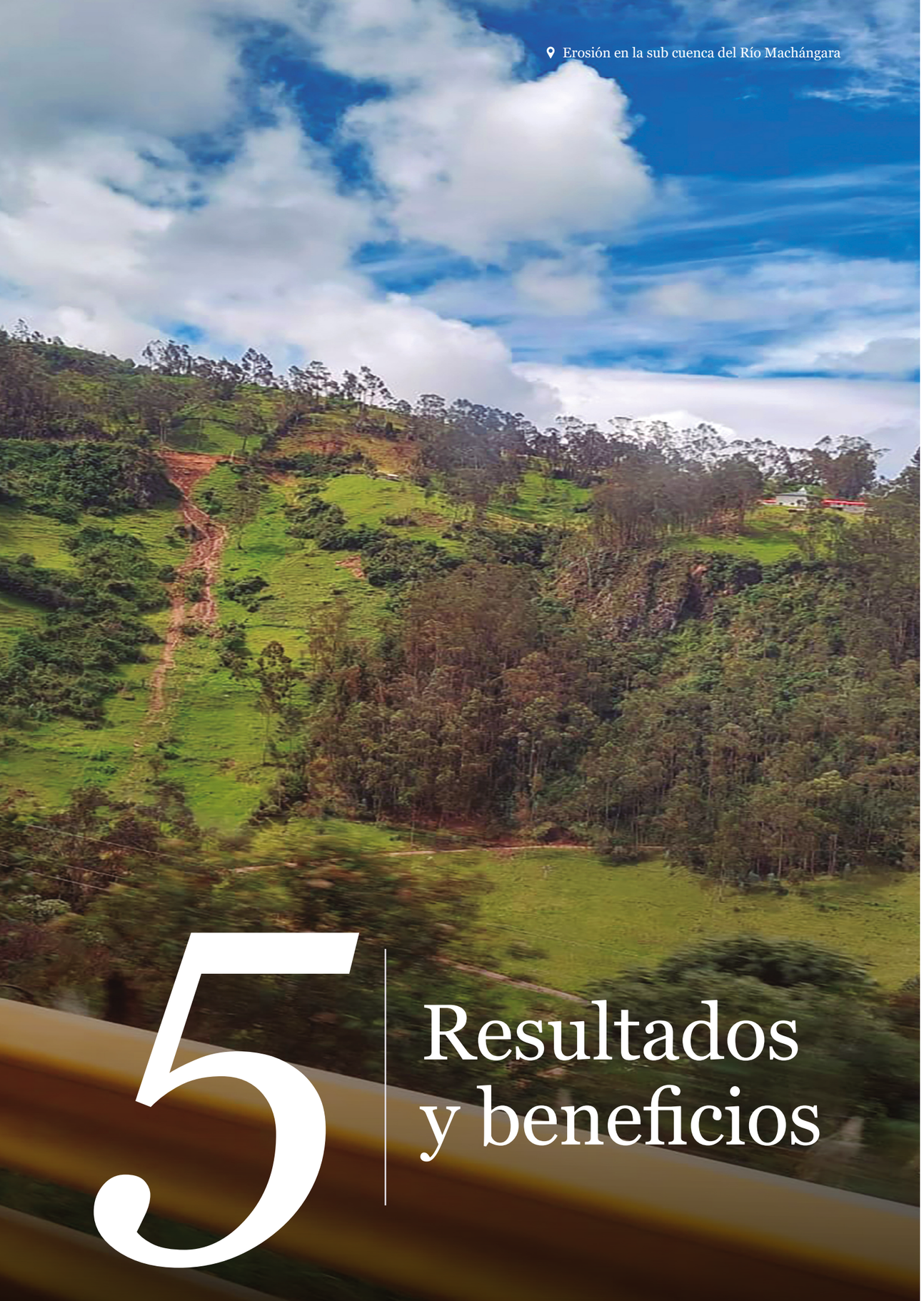
La educación ambiental y el fortalecimiento de capacidades comunitarias son condiciones habilitantes, no opcionales, para que los beneficios biofísicos se materialicen, en particular en calidad del agua para comunidades rurales.

**3**

El enfoque de equidad e inclusión con énfasis en género y juventudes debe estar presente en el diseño y la implementación de las SbN, dada la mayor carga laboral y la subrepresentación histórica de las mujeres y jóvenes en las instancias de decisión sobre el agua.

Río Machángara





Erosión en la sub cuenca del Río Machángara

# 5 Resultados y beneficios



Este capítulo presenta los resultados del estudio organizados en torno a los tres mensajes centrales. La sección 6.1 demuestra el Mensaje 1 (las SbN son una solución técnicamente efectiva para los retos de seguridad hídrica de la cuenca del Paute). La sección 6.2 demuestra el Mensaje 2 (la planeación con visión integrada de cuenca genera mayores beneficios que la planeación fragmentada por actor o territorio.). La sección 6.3 demuestra el Mensaje 3 (los beneficios fluyen entre actores y la decisión es colectiva), a través de fichas por constituyente. La sección 6.4 cierra con los cobeneficios para biodiversidad, comunidades y el Biocorredor Amazónico. Todos los valores son mejoras incrementales respecto al escenario tendencial (BaU).

## *5.1.*

## **Las SbN son una solución técnicamente efectiva** para los retos de seguridad hídrica de la cuenca del Paute.

La Tabla 2 sintetiza los principales resultados biofísicos a escala de cuenca integral, en el punto de cierre del área de simulación (embalse Mazar). Los valores se expresan como variación respecto al BaU.

El patrón es consistente: los beneficios aparecen desde el Escenario A y crecen progresivamente con el nivel de inversión.

| Variable (en punto de cierre Mazar) | Unidad | Dirección | A | B | C | D |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Caudal medio (ΔQmean) | Mm³/año | ↑ beneficio | +44 | +69 | +86 | **+126** |
| Caudal alto (ΔQ10) | m³/s | ↑ beneficio | +1,60 | +2,50 | +3,19 | **+4,79** |
| Caudal de estiaje (ΔQ90) | m³/s | ↑ beneficio | +1,33 | +2,00 | +2,44 | **+3,52** |
| Sedimentos depositados | 000 m³/año | ↓ beneficio | -115 | -184 | -226 | **-241** |
| Concentración N total | mg/L | ↓ beneficio | -0,03 | -0,06 | -0,08 | **-0,10** |
| Coliformes totales | M UFC/m³ | ↓ beneficio | -1.140 | -3.039 | -3.833 | **-4.935** |
| Área bajo manejo mejorado | ha | ↑ beneficio | 8.869 | 13.538 | 17.544 | **28.825** |
| Personas con oportunidad económica | personas | ↑ beneficio | 1.013 | 2.363 | 3.376 | **5.064** |
| Personas con seguridad de tenencia | personas | ↑ beneficio | 11.975 | 23.951 | 34.596 | **51.893** |

Tabla 2. Principales resultados biofísicos en el punto de cierre del área de simulación (embalse Mazar). Δ vs BaU, horizonte 35 años.

Tres lecturas centrales de la Tabla 2:

- **Régimen hidrológico.** El caudal de estiaje (Q90) aumenta progresivamente entre +1,33 m³/s (A) y +3,52 m³/s/año (D) vs el escenario tendencial. El caudal medio crece entre 44 Mm³/año (A) y 126 Mm³/año (D). Las SbN no solo aumentan la disponibilidad promedio, sino que amortiguan los picos de sequía y reducen la vulnerabilidad ante escenarios climáticos secos y variables.

- **Calidad del agua.** La reducción de coliformes totales se multiplica más de cuatro veces entre el Escenario A y el D. La concentración de nitrógeno total se reduce progresivamente. Estos beneficios se traducen aguas abajo en optimización de procesos operativos, menores costos de potabilización y en una potencial reducción de enfermedades de transmisión hídrica.

- **Transporte de sedimentos.** La cantidad de sedimentos depositados en el embalse Mazar se reduce entre 115.000 m³/año (A) y 241.000 m³/año (D), prolongando la vida útil operativa del CHPI y posponiendo intervenciones costosas de manejo activo de sedimentos.

La Figura 6 muestra que, a medida que aumenta la inversión en SbN, se observa un incremento generalizado de los valores de Q95 (caudal que se excede el 95% del tiempo) en amplias zonas de la cuenca. Este patrón espacial indica que las SbN están contribuyendo a reducir la escorrentía rápida, aumentar la infiltración y la recarga subterránea, y favorecer una liberación más gradual del agua hacia la red hídrica, lo que se traduce en una mayor resiliencia del sistema hídrico frente a sequías a escala de cuenca.

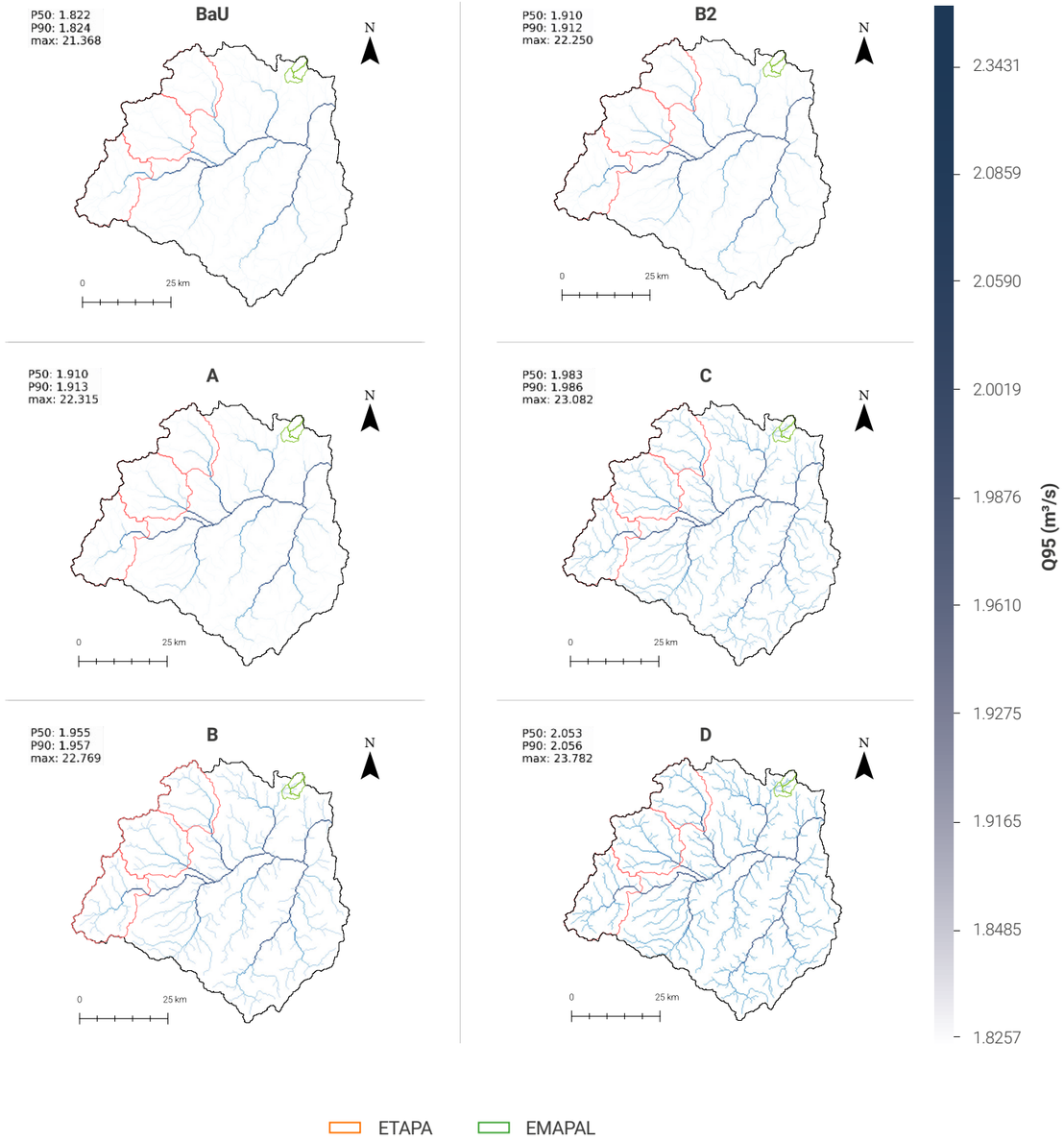



Figura 6. Distribución espacial del caudal de estiaje (Q95) bajo los escenarios A - D. Δ vs BaU.

# 5.2.

# La localización importa: priorización integrada vs fragmentada

Una vez establecido que la inversión en SbN es justificada en términos absolutos, surge una pregunta operativa: **¿importa dónde se invierten los recursos dentro de la cuenca?** Para responderla, el estudio modeló dos escenarios con idéntico presupuesto (USD 70 M) pero con lógicas espaciales distintas:

- **Escenario B:** priorización biofísica integrada, orientada a maximizar beneficios hidrológicos y de calidad del agua a escala de cuenca, independientemente de la localización institucional de los constituyentes.
- **Escenario B2:** priorización territorial, que concentra las intervenciones en las áreas donde se ubican los constituyentes individuales del fondo.

La Tabla 3 muestra el resultado comparativo. Con el mismo monto invertido, B supera a B2 en cinco de las seis variables operativamente críticas, generando aproximadamente un 19% más de beneficio biofísico agregado. La única excepción es la remoción de sedimentos, donde B2 muestra ventaja: evidencia de que las áreas críticas para regulación hídrica no coinciden necesariamente con las áreas críticas para control de erosión.

| Variable (vs BaU) | Unidad | B | B2 | Ventaja B (%) | Interpretación |
|---|---|---|---|---|---|
| **Caudal medio anual (ΔQmean)** | Mm³/año | +69 | +40 | +73% | B: Mayor caudal medio anual (más agua disponible en la cuenca) |
| **Caudal alto (ΔQ10)** | m³/s | +2,50 | +1,33 | +88% | B: Mayor caudal en eventos de alta recurrencia (crecidas) |
| **Caudal de estiaje (ΔQ90)** | m³/s | +2,00 | +1,24 | +61% | B: Mayor caudal en estiaje (resiliencia crítica ante sequía) |
| **Reducción de coliformes** | M UFC/ m³ | -3.039 | -2.302 | +32% | B: Mayor reducción de E. coli (salud pública) |
| **Reducción de nitrógeno total** | mg/L | -0,06 | -0,037 | +63% | B: Mayor reducción de nitrógeno (mejor calidad del agua) |
| **Reducción de sedimentos** | 000 m³/ año | -184 | -228 | -19% | B2: Mayor control de erosión |

Tabla 3. Comparación de beneficios biofísicos entre escenarios B (priorización biofísica integrada) y B2 (priorización territorial por constituyente), con idéntico presupuesto de USD 70 M. Δ vs BaU.

Bosque de Polylepis en el Parque Nacional Cajas.



Esta evidencia tiene tres implicaciones estratégicas para FONAPA y sus constituyentes:

**1** **Los beneficios fluyen entre actores.** La inversión en zonas de recarga altas de Machángara beneficia a ETAPA, pero también estabiliza caudales aguas abajo para CELEC. La reducción de sedimentos en Mazar beneficia a CELEC, pero también disminuye la carga sedimentaria en captaciones de potabilización. Una visión integrada captura sinergias que una intervención aislada no genera. Estos resultados implican además beneficios sistémicos más allá del territorio de la cuenca, al fortalecer la estabilidad del sistema hidroeléctrico nacional asociado al CHPI.

**2** **Existe un costo de oportunidad explícito por fragmentación.** Distribuir las inversiones de forma proporcional entre los territorios de cada constituyente, aunque políticamente cómodo, sacrifica aproximadamente un quinto del beneficio biofísico potencial sin reducir los costos.

**3** **La cuenca funciona como un sistema único.** Los beneficios de las SbN se maximizan cuando las inversiones se planifican con esa misma lógica sistémica, no como una suma de proyectos individuales por actor.

# 5.3.

# Beneficios por constituyente:
## ¿Por qué la decisión es colectiva?

Las siguientes cinco fichas presentan los beneficios del portafolio para cada constituyente principal del fondo. Cada ficha resume los efectos sobre los KEA relevantes para ese actor, traduce esos efectos en términos económicos cuando los datos lo permiten, y cierra con la lectura clave del beneficio. El análisis se realizó en los puntos operativos de cada constituyente definidos en el alcance geográfico del estudio (ver Figura 4).

## ETAPA

Empresa Pública Municipal de Cuenca · abastece a ~ 600.000 personas

**Geografía / captación de referencia:** Captación principal en la subcuenca Machángara (sistema de agua potable de la ciudad de Cuenca).

**Beneficios sobre los kea (δ vs bau, horizonte 35 años):**

- **Régimen hidrológico (Q90 Machángara):** Aumento entre 30% (Escenario A) y 48% (Escenario D). Pasa de 3.929 L/s en BaU a valores entre 5.108 L/s (A) y 5.815 L/s (D). Refuerza la confiabilidad del abastecimiento en sequía en todos los escenarios.
- **Calidad del agua (coliformes totales en captación):** Reducción entre 32% (A) y 79% (D). Beneficios sanitarios significativos desde el primer nivel de inversión.

**Beneficios económicos (VPN 35 años, USD):**

- **Calidad del agua:** USD 0,88 M (A) a USD 2,33 M (D).
- **Regulación hídrica:** USD 61,5 M (A) a USD 71,1 M (D).

El beneficio dominante para ETAPA proviene de la mejora en regulación hídrica (resiliencia ante sequía y costos evitados de abastecimiento de emergencia).

**Lectura clave:** Las SbN protegen la confiabilidad del sistema de agua potable de Cuenca en escenarios climáticos cada vez más variables, y reducen progresivamente la carga operativa del tratamiento en planta. El beneficio comienza a materializarse desde el Escenario A.

Nota aclaratoria: Debido a limitaciones en la información disponible, no fue posible incorporar en la modelación biofísica la operación de los embalses presentes en la cuenca (Chanlud, Labrado). En consecuencia, el volumen de agua simulado que llega a la Estación de Tratamiento de Tixán no incluye el aporte transportado por el canal Saymirín–Tixán, proveniente de la operación de la Central Saymirín, cuyo caudal máximo es de 1.900 L/s.

La incorporación de este aporte requeriría información adicional sobre el comportamiento hidrológico de esta subcuenca y las condiciones operativas del sistema. Por esta razón, no es posible cuantificar ni determinar con certeza el efecto que tendría el aporte del canal Saymirín–Tixán sobre los resultados del análisis, incluyendo el número de días con déficit hídrico y los beneficios económicos estimados por la reducción de estos eventos.

No obstante, dado que este aporte representa una fuente adicional de agua para el sistema, es razonable esperar que su inclusión redujera la frecuencia o magnitud de los déficits hídricos simulados. En consecuencia, los beneficios estimados en este estudio podrían ser menores a los reportados.

## EMAPAL

Empresa Pública Municipal de Azogues · abastece a ~ 35.000 personas

**Geografía / captación de referencia:** 7 captaciones incluyendo: Condoryacu, Nudpud y Llaucay (subcuenca alta de Azogues).

**Beneficios sobre los KEA (Δ vs BaU, horizonte 35 años):**

- **Régimen hidrológico (caudal medio en Condoryacu):** Aumento entre 8,4% (A) y 24,4% (D). Pasa de 313 L/s en BaU a 389 L/s en el Escenario D. El Q90 mejora entre +9,1% (A) y +24,0% (D), pasando de 193 L/s a 239 L/s.
- **Frecuencia de sequías (captaciones Nudpud y Llaucay):** En Nudpud: 24 episodios de sequía en BaU, 20 en A, 10 en D. En Llaucay: 17 en BaU, 12 en A, 11 en D.
- **Calidad del agua (coliformes y nitrógeno en captación):** Reducción de coliformes totales en Nudpud entre 32% (A) y 75% (D). Mejoras complementarias en nitrógeno total en captaciones de zona alta.

**Beneficios económicos (VPN 35 años, USD):**

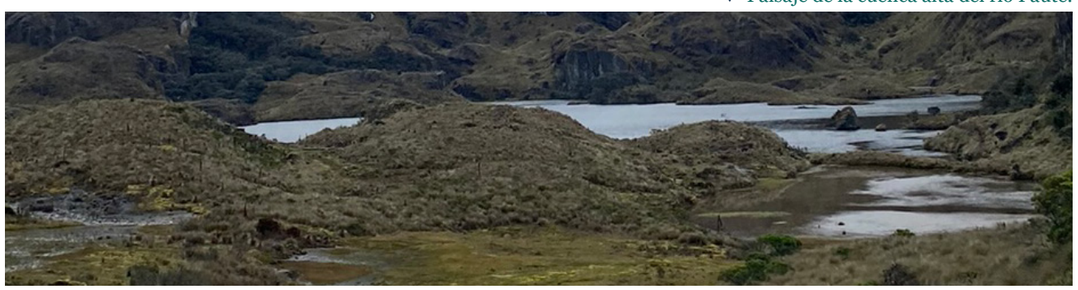
- **Calidad del agua:** USD 16.666 (A) a USD 71.695 (D).
- **Regulación hídrica:** USD 49,1 M (A) a USD 103,8 M (D).

El beneficio dominante proviene del costo evitado por el plan de contingencia (suministro por tanqueros) y de la recuperación de ingresos por venta de agua que en el escenario BaU no se realizarían.

**Lectura clave:** Para EMAPAL, las SbN son una herramienta directa para evitar la activación del plan de contingencia y para sostener la operación del servicio en horizontes climáticos cada vez más adversos.

Nota: Los resultados ilustrados tienen carácter demostrativo y corresponden únicamente a una selección de puntos de interés evaluados. Los análisis completos incluyen un conjunto más amplio de ubicaciones que puede ser consultado en el informe completo.

Paisaje de la cuenca alta del río Paute.



## CELEC EP Hidropaute

Operador del Complejo Hidroeléctrico Paute Integral (CHPI) ~ 34% de la capacidad instalada hidroeléctrica nacional

**Geografía / captación de referencia:** Embalse Mazar (170 MW). Mazar se establece como punto de cierre del área de simulación biofísica.

### Beneficios sobre los KEA (Δ vs BaU, horizonte 35 años):

- **Transporte de sedimentos (depositados en Mazar):** Reducción entre 115.000 m³/año (A) y 241.000 m³/año (D). Posterga el manejo activo de sedimentos y prolonga la vida útil operativa del embalse.
- **Régimen hidrológico (caudal en cuenca alta):** Mejoras agregadas en disponibilidad hídrica de toda la cuenca que se traducen en una operación más estable de la cascada del CHPI. Este efecto refuerza la confiabilidad operativa del sistema hidroeléctrico, con implicaciones directas para la estabilidad del sistema eléctrico nacional.

### Beneficios económicos (VPN 35 años, USD):

- **Manejo de sedimentos:** USD 2,5 M (A) a USD 5,9 M (D).

  Este beneficio incluye una previsión del posible ahorro económico de la gestión de los sedimentos en el embalse Mazar a partir de supuestos generales sobre la necesidad de dragado. La modelación biofísica incluye los cambios hidrológicos esperados en el embalse lo cual posiblemente podría traducirse en un futuro en ahorros por el mantenimiento del caudal para la producción de energía y costos evitados para diferentes sectores y beneficiarios a nivel local y nacional por apagones durante sequías.

**Lectura clave:** Las SbN protegen simultáneamente la operación de Mazar y la estabilidad del servicio energético nacional. La RBC reportada subestima el beneficio real para CELEC: incorporar las pérdidas evitadas por apagones elevaría sustancialmente el retorno.

Nota: Los resultados ilustrados tienen carácter demostrativo y corresponden únicamente a una selección de puntos de interés evaluados. Los análisis completos incluyen un conjunto más amplio de ubicaciones que puede ser consultado en el informe completo.

## ELECAUSTRO

Empresa Electro Generadora del Austro ~ Complejo Machángara

**Geografía / captación de referencia:** Embalses Chanlud y Labrado en cuenca alta de Machángara. Centrales Saucay, Saymirin III y Saymirin IV.

### Beneficios sobre los KEA (Δ vs BaU, horizonte 35 años):

- **Régimen hidrológico (volumen anual de ingreso a embalses):** Aumento de generación hidroeléctrica entre 0,43 GWh/año (A) y 2,76 GWh/año (D).
- **Estabilidad operativa:** Las cuencas de Chanlud y Labrado parten de un estado relativamente bien conservado (alta cobertura de páramo). El aporte de las SbN es principalmente preventivo: sostener las condiciones actuales y evitar una degradación futura cuyo costo sistémico sería significativo.

### Beneficios económicos (VPN 35 años, USD):

El beneficio económico monetizable es limitado por la forma como las hidroelectricas son remuneradas (por disponibilidad). Sin embargo, el aumento en generación se traduce en escenarios de mayor estabilidad y menor riesgo operativo a largo plazo. Para ELECAUSTRO, el caso de inversión es preventivo: las SbN no buscan generar GWh adicionales significativos, sino evitar la pérdida futura de capacidad de regulación en cuencas que hoy se mantienen en buen estado de conservación. En esa línea, se recomienda dar continuidad a los procesos de conservación en la cuenca del Machángara.

**Lectura clave:** Para ELECAUSTRO, el caso de inversión es esencialmente preventivo. Las SbN no buscan generar GWh adicionales significativos, sino evitar la pérdida futura de capacidad de regulación de cuencas que hoy están sanas.

Nota: Los resultados ilustrados tienen carácter demostrativo y corresponden únicamente a una selección de puntos de interés evaluados. Los análisis completos incluyen un conjunto más amplio de ubicaciones que puede ser consultado en el informe completo.

Paisaje de la cuenca alta del río Paute.



**GAD Gualaceo + JAAPs de la cuenca media-alta**

Gobierno municipal de Gualaceo y juntas comunitarias que abastecen ~ 133.000 personas

**Geografía / captación de referencia:** Captaciones en Gualaceo y Guaymincay (GAD Gualaceo) y captaciones comunitarias en cuenca media-alta (JAAPs).

**Beneficios sobre los KEA (Δ vs BaU, horizonte 35 años):**

- **Calidad del agua (coliformes en captaciones):** GAD Gualaceo: reducción de coliformes en água cruda entre 7% (A) y 42% (D). Guaymincay: entre 6% (A) y 48% (D).
- **Calidad del agua (nitrógeno total):** Gualaceo: reducción en agua cruda entre 6% (A) y 20% (D). Guaymincay: entre 7% (A) y 22% (D).
- **Salud comunitaria (beneficio indirecto):** Potencial reducción de enfermedades de transmisión hídrica (infecciones gastrointestinales, parasitosis) que afectan desproporcionadamente hogares con sistemas de tratamiento limitados.

**Beneficios económicos (VPN 35 años, USD):**

Los beneficios sociales para GAD Gualaceo y JAAPs no se monetizan en esta versión del análisis. Representan cobeneficios sustantivos: ahorros en salud pública, fortalecimiento de la gobernanza comunitaria y mejora del servicio en zonas históricamente subatendidas.

**Lectura clave:** Este es el eslabón del portafolio donde el beneficio social es más directo y donde la articulación con educación ambiental y fortalecimiento de capacidades resulta indispensable para que las mejoras biofísicas se traduzcan en mejoras reales para las comunidades.

## Por qué la decisión es colectiva

Los beneficios fluyen entre actores: la inversión en zonas de recarga de Machángara beneficia a ETAPA pero también estabiliza caudales aguas abajo para CELEC; la reducción de sedimentos en Mazar protege a CELEC pero también baja la carga sedimentaria en captaciones de potabilización aguas abajo; las mejoras en calidad del agua en subcuencas medias benefician a las JAAPs y reducen los costos de tratamiento para los operadores urbanos. Esta interdependencia es la razón por la cual la decisión de inversión no puede ser individual de cada constituyente, sino el resultado de un acuerdo colectivo del fondo.

Embalse Mazar - punto de cierre del área de simulación biofísica



# 5.4.

# **Cobeneficios:** biodiversidad, comunidades y Biocorredor Amazónico

Más allá de los beneficios sobre los tres KEA cuantificados, el portafolio SbN genera cobeneficios significativos que refuerzan el caso de inversión más allá de la seguridad hídrica:

- **Calidad del hábitat y biodiversidad.** La calidad del hábitat mejora progresivamente en las áreas intervenidas, incluyendo las áreas de distribución potencial de especies emblemáticas: el oso andino (Tremarctos ornatus), el cóndor andino (Vultur gryphus), el loro de cara roja (Hapalopsittaca pyrrhops) y la lagartija andina de Festa (Stenocercus festae).

- **Ecosistemas con mejores prácticas de manejo:** Se aumenta de forma progresiva las hectáreas con manejo mejorado, desde 8.869 ha (Escenario A) a 28.825 ha (Escenario D), a través de la conservación de páramos y bosques nativos, restauración activa y pasiva, y mejores prácticas ganaderas.

- **Biocorredor Amazónico[2].** Entre 5.181 ha (A) y 27.588 ha (D) del portafolio SbN se superponen con el Biocorredor Amazónico (de acuerdo con la mejor información disponible al momento de elaboración del reporte), lo que abre elegibilidad para financiamiento climático y de biodiversidad ante mecanismos internacionales.

- **Seguridad hídrica directa e indirecta.** Entre 11.975 personas (A) y 51.893 personas (D) mejoran directamente su percepción de acceso al recurso hídrico mediante el fortalecimiento de la gobernanza e intervenciones de SbN en el territorio. Aproximadamente 635.000 habitantes atendidos por ETAPA y EMAPAL se benefician indirectamente de la mayor disponibilidad, estabilidad y calidad del agua en todos los escenarios.

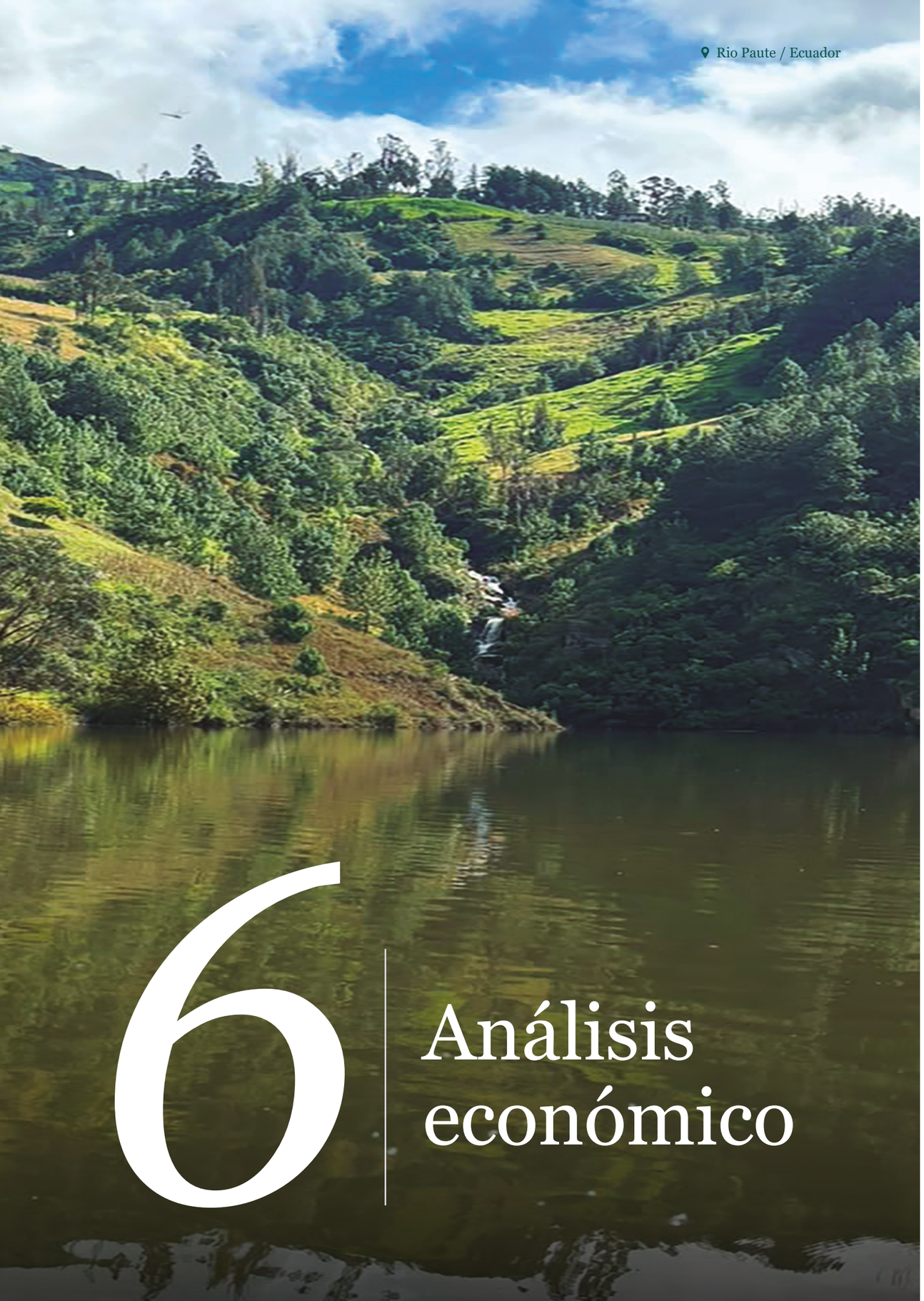
- **Empleo rural y oportunidades económicas.** Las intervenciones generan oportunidades económicas basadas en el lugar (restauración, conservación, ganadería regenerativa, buenas prácticas agrícolas), entre 1.013 (A) y 5.064 (D) oportunidades sostenibles, articuladas a través de acuerdos voluntarios por la conservación del recurso hídrico.

- **Capacidades comunitarias.** El componente de educación ambiental y fortalecimiento de JAAPs es condición habilitante para la materialización de los beneficios biofísicos, especialmente en calidad del agua para las comunidades rurales de la cuenca media-alta. Adicionalmente, esto permite que las comunidades tengan mejores oportunidades, acceso a la toma decisiones y posibilidad de liderar cambios significativos en los ecosistemas habitados.

Embalse El Labrado, Cuenca alta del Río Machángara



**2.** El Biocorredor Amazónico representa una de las iniciativas regionales más relevantes para canalizar financiamiento hacia acciones de conservación, restauración y conectividad ecológica, integrando objetivos de biodiversidad con beneficios climáticos y de desarrollo territorial




# 6 Análisis económico



Este capítulo presenta el análisis beneficio-costo consolidado del portafolio SbN bajo los cuatro escenarios de inversión. El análisis adopta un horizonte de 35 años y una tasa de descuento de 3,46% (recomendada por CEPAL para proyectos de largo plazo en Ecuador). Los beneficios monetizados se expresan en Valor Presente Neto (VPN) y se comparan con los costos de inversión de cada escenario, también expresados en VPN.

La Tabla 4 y la Figura 8, sintetizan el resultado del análisis beneficio-costo por constituyente y por escenario.

| Constituyente | Beneficio monetizado | A (USD M) | B (USD M) | C (USD M) | D (USD M) |
|---|---|---|---|---|---|
| **ETAPA** | Calidad de agua | 0,9 | 1,5 | 1,9 | 2,3 |
| **ETAPA** | Regulación hídrica | 61,5 | 67,2 | 68,0 | 71,1 |
| **EMAPAL** | Calidad de agua | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,07 |
| **EMAPAL** | Regulación hídrica | 49,1 | 52,1 | 69,5 | 103,8 |
| **CELEC** | Manejo de sedimentos | 2,5 | 4,1 | 5,4 | 5,9 |
| **Total beneficios** | | 114,0 | 125,0 | 144,8 | 183,3 |
| **Costo escenario** | | 29,3 | 69,9 | 100,1 | 149,4 |
| **Relación Beneficio-costo** | | 3,89 | 1,79 | 1,45 | 1,23 |

Nota: no se simuló el beneficio energetico para CELEC, y que si CELEC si beneficia on mayor disponibilidad hidrica.

Tabla 4. Beneficios monetizados y análisis beneficio-costo por escenario, por constituyente. Valores en USD millones (VPN, horizonte 35 años, tasa 3,46%). Δ vs BaU.

# 6.1.

## Lectura del análisis

Tres conclusiones se desprenden directamente de la Tabla 4:

- **Todos los escenarios tienen RBC > 1.** La inversión en SbN genera retornos económicos superiores a sus costos en todos los niveles evaluados, lo que confirma el caso técnico presentado en el Capítulo 5.
- **Escenario A:** máxima eficiencia por dólar invertido. Con una RBC de 3,89, el Escenario A entrega el mayor retorno relativo por cada dólar invertido. Es la opción más eficiente desde el punto de vista de productividad de la inversión.
- **Escenario D:** mayor magnitud absoluta de beneficios. Aunque con la RBC más baja (1,23), genera el mayor beneficio absoluto (USD 183,3 M). Es la opción para una ambición máxima de transformación de la cuenca.

# 6.2.

## Por qué la RBC reportada es conservadora

### Beneficios no monetizados (cuya incorporación elevaría la RBC en todos los escenarios)

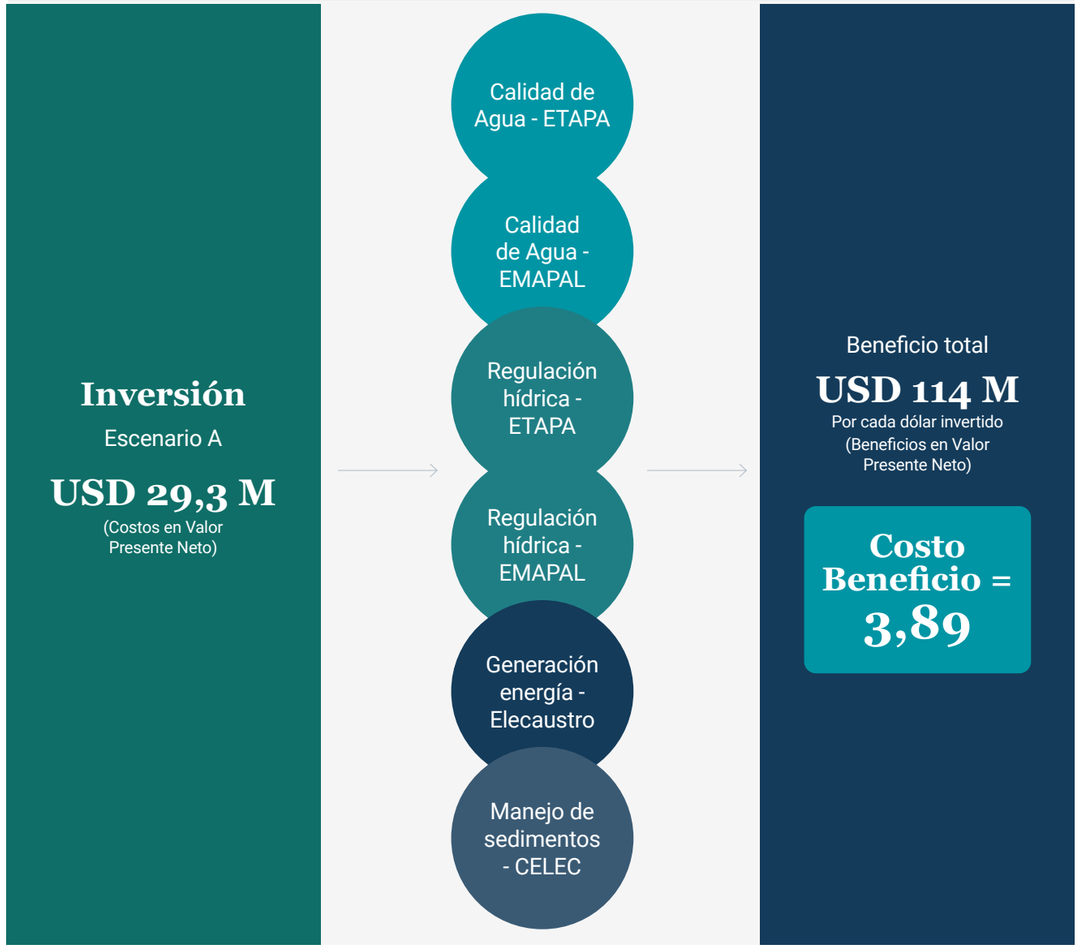
El análisis monetiza únicamente los beneficios para los que se contó con información suficiente: costos evitados de abastecimiento de emergencia e ingresos recuperados por venta de agua (EMAPAL), ahorros en costos de potabilización (ETAPA y EMAPAL), y valor de la postergación del manejo de sedimentos en el embalse Mazar (CELEC).

Quedan fuera del numerador beneficios potencialmente relevantes:

- Pérdidas evitadas por apagones eléctricos durante sequías severas para diferentes beneficiarios a nivel local y nacional.
- Ahorros en salud asociados a la reducción de enfermedades de transmisión hídrica.
- Impacto pleno sobre la producción energética del embalse Mazar (CELEC).
- Dinamización del turismo en la cuenca.
- Creación de empleos verdes.
- Beneficios para biodiversidad y hábitat, para las JAAPs y comunidades rurales.

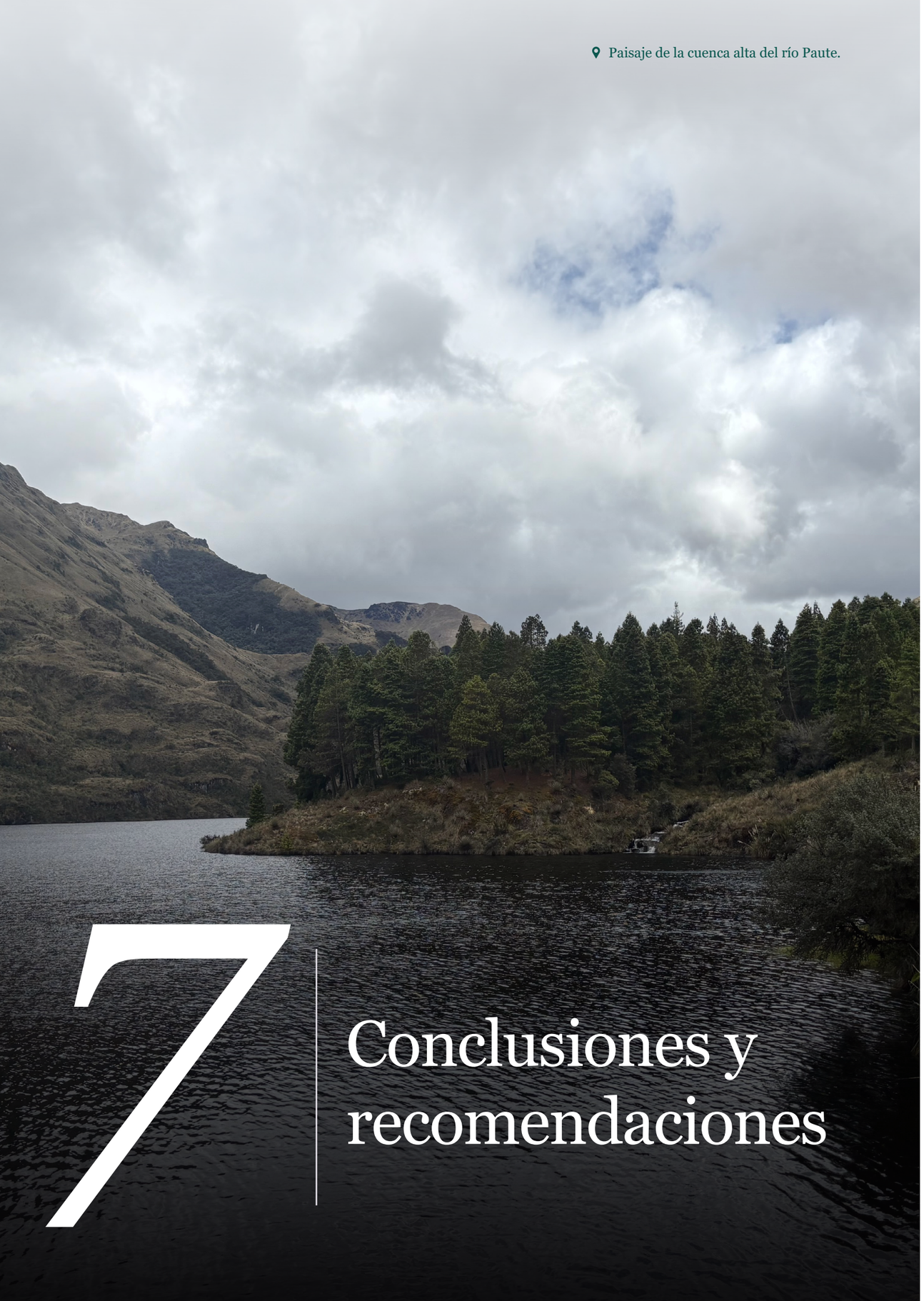
La incorporación futura de estos beneficios, cuando exista información operativa y metodología disponible, elevaría la RBC en todos los escenarios. Por esta razón, los retornos reportados representan un piso, no un techo, del caso económico de las SbN.

**Inversión y beneficios del portafolio de SbN - FONAPA**
Escenario A, horizonte de tiempo 35 años, Tasa de descuento 3,46%




Nota: no se simuló el beneficio energetico para CELEC, y que si CELEC si beneficia on mayor disponibilidad hidrica.

Figura 8. Resumen inversión y beneficios del portafolio de SbN para FONAPA. Con los resultados para el escenario con mayor eficiencia.



Paisaje de la cuenca alta del río Paute.

# 7 Conclusiones y recomendaciones



Las conclusiones de este reporte se derivan del análisis técnico desarrollado en el estudio: diagnóstico social y de gobernanza, modelación hidro-sedimentológica, evaluación de escenarios de cambio climático, priorización espacial y análisis económico. Tres mensajes se desprenden con fuerza del análisis y articulan toda la lectura del estudio. Las recomendaciones operativas que siguen se organizan en torno a estos tres ejes.

## *7.1.*
## **Síntesis** de los tres mensajes

### Mensaje 1.

**Las SbN son una solución técnicamente efectiva para los retos de seguridad hídrica de la cuenca del Paute.**

La evidencia biofísica muestra que las SbN mejoran de forma medible los tres KEA priorizados (régimen hidrológico, calidad del agua y transporte de sedimentos), con beneficios progresivos según el nivel de inversión. El análisis económico complementario confirma que estos beneficios técnicos se traducen en retornos económicos positivos (RBC > 1) en todos los escenarios. Con la información, resultados biofísicos y disponibilidad del modelo se podrían agregar análisis económicos adicionales según el interés de los beneficiarios; algunos de ellos podrían ser: costos evitados por mantenimiento de la generación energética del país, costos evitados por apagones, ahorros en salud, turismo, generación de empleos verdes, biodiversidad, beneficios para JAAPs, entre muchos otros.

## Mensaje 2.

**La planeación con visión integrada de cuenca genera mayores beneficios que la planeación fragmentada por actor o territorio.**

La comparación entre los escenarios B (priorización biofísica integrada) y B2 (priorización territorial), con idéntico presupuesto de USD 70 M, demuestra que B genera aproximadamente un 19% más de beneficio biofísico agregado que B2, con la única excepción de la remoción de sedimentos. La cuenca funciona como un sistema único; los beneficios se maximizan cuando las inversiones se planifican con esa lógica.

## Mensaje 3.

**La materialización de los beneficios depende de decisiones colectivas de los constituyentes y del fortalecimiento de la gobernanza del fondo.**

La evidencia técnica identifica qué hacer y dónde hacerlo. La decisión sobre con qué nivel de ambición, en qué secuencia y con qué co-inversiones avanzar corresponde a los acuerdos institucionales que el fondo y sus constituyentes logren articular. Cuatro elementos de gobernanza emergen como críticos: (1) decisión colectiva sobre el nivel de inversión, (2) definición de áreas de intervención, (3) fortalecimiento de condiciones habilitantes (educación ambiental, capacidades en JAAPs, monitoreo) y (4) consolidación del modelo financiero del fondo.

# *7.2.* **Recomendaciones** operativas

### Sobre la inversión en SbN (Mensaje 1)

- Adoptar la hoja de ruta de priorización espacial desarrollada en este estudio como marco de planificación institucional y referencia para los ciclos de inversión del fondo.
- Apropiarse de la herramienta entregada por N4W, modelo en SIGA-CAL, para fortalecer la toma de decisiones basadas en ciencia con visión integral para la cuenca del Río Paute.
- Utilizar el análisis económico y la elegibilidad del portafolio dentro del Biocorredor Amazónico para estructurar propuestas ante financiadores internacionales de biodiversidad, clima y seguridad hídrica.

### Sobre la visión integrada de cuenca (Mensaje 2)

- Articular con las JAAPs para extender el alcance territorial del fondo a las zonas actualmente sin cobertura directa de los constituyentes, integrándolas en programas de fortalecimiento de capacidades, educación ambiental y gobernanza del agua.
- Establecer un sistema de monitoreo integrado (hidrometeorológico y de calidad del agua) como herramienta fundamental para la gestión integral de los recursos hídricos. Además de permitir la identificación de fuentes de contaminación, el monitoreo es esencial para comprender las dinámicas espaciales y temporales de parámetros clave (sedimentos, nutrientes, coliformes) y evaluar los efectos de cambios en el uso del suelo o de intervenciones como las SbN.

### Sobre la gobernanza colectiva (Mensaje 3)

- Fortalecer el componente de creación de capacidades comunitarias y educación ambiental como condición habilitante para la materialización de los beneficios biofísicos, especialmente en calidad del agua para comunidades rurales.
- Impulsar una estrategia explícita de articulación institucional, fortalecimiento de la gobernanza y sostenibilidad financiera del fondo, orientada a garantizar la implementación efectiva del portafolio SbN identificado de forma integral en la cuenca del Río Paute, dejando de un lado las intervenciones fragmentadas.
- Convocar a los constituyentes del fondo a una conversación estructurada sobre el nivel de ambición, tomando este estudio como base técnica común para la deliberación.

Paisaje de la cuenca alta del río Paute.



# *7.3.*

# **Cierre** estratégico

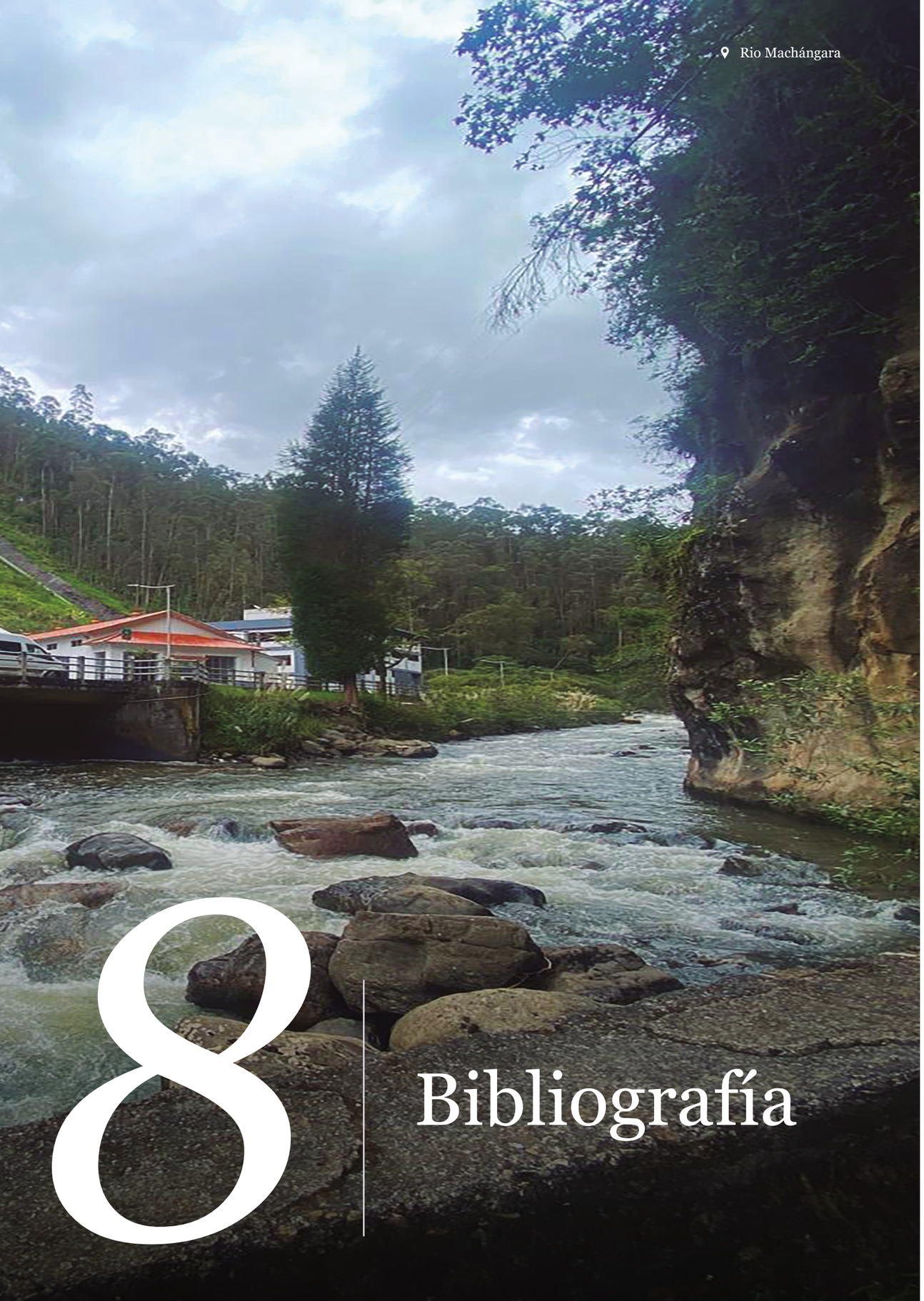
## Una decisión estratégica de largo plazo

La cuenca del río Paute enfrenta un escenario de creciente presión climática, productiva y demográfica. La evidencia de este estudio muestra que invertir en SbN, con criterios de priorización espacial y planificación integrada, es técnicamente viable y económicamente rentable: una decisión estratégica de largo plazo para asegurar el agua, la energía, la salud y los medios de vida de más de 760.000 personas, y para proteger ecosistemas de importancia global.

La materialización efectiva de esta agenda dependerá del trabajo articulado entre los actores institucionales y comunitarios de la cuenca, sostenido por una visión compartida y por mecanismos de financiamiento de largo plazo. El presente estudio ofrece la base técnica para informar esa conversación.

Paisaje de páramo en la cabecera de la cuenca.






# 8 Bibliografía



Albarrasín, P., & Barrera, I. (2021). ***DETERMINACIÓN DEL CAUDAL ECOLÓGICO DEL RÍO PAUTE, EN BASE A MÉTODOS HIDROLÓGICOS EN EL CANTÓN CUENCA, PROVINCIA DE AZUAY.*** Latacunga: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.

Cantón Gualaceo. (2025). ***INFORME DE CALIDAD DE AGUA DE LAS PARROQUIAS SAN JUAN, ZHIDMAD Y JADÁN DEL CANTÓN GUALACEO EN EL MARCO DEL CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE EL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN GUALACEO Y LA EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA*** . Azogues: SIN DESNUTRICIÓN EN LA NIÑEZ POR LA CALIDAD DE AGUA, DEL CANTÓN GUALACEO.

Ecuador. (2015). Decreto Ejecutivo Nº 650: Reglamento a la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. Ecuador.

Gualaceo. (2024). ***Programa de Educación Ambiental Gualardianes.***

Jiménez, M., Usma, C., Posada, D., Ramírez, J., Rogéliz, C. A., Nogales, J., & Spiro-Larrea, E. (2023). Planning and Evaluating Nature-Based Solutions for Watershed Investment Programs with a SMART Perspective Using a Distributed Modeling Tool. Water, 15(19), 3388. doi:https://doi.org/10.3390/w15193388

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2020). ***Mapa de Cobertura y uso de la tierra y Sistemas productivos agropecuarios del Ecuador continental (versión editada por el Ministerio de Agricultura y Ganadería en 2020), escala 1:25.000, año 2009 - 2015.*** Quito, Pichincha, Ecuador: MAG - IEE - SENPLADES. Obtenido de ***http://geoportal.agricultura.gob.ec/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/4f7e118f-0439-42bf-ab62-f0e7c842a379***

Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2021). ***Introducción y diagnóstico del plan de gestión integral del área de recarga hídrica de la subcuenca del río Machángara.***

Natural Capital Alliance, 2. (2026). ***InVEST 3.18.0.*** doi:https://doi.org/10.60793/natcap-invest-3.18.0

Proyecto de Desarrollo de la cuenca del Río Paute . (2006). ***Dinámicas socio-económicas rurales en la cuenca del Paute .Cuenca.***

Romo, J. D. (2025). ***ENOS y su influencia en sequías en la cuenca del río Paute, Ecuador. Quito: Universidad Andina Simón Bolívar.*** Obtenido de https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/10480/1/T4563-MCCSD-Romo-ENOS.pdf

Universidad Católica de Cuenca - Hydrolab (2). (2025). ***Línea Base Componente Social - Plan de Manejo de las Microcuencas de los Ríos Tabacay y Agüilán.***

Universidad Católica de Cuenca - Hydrolab. (2025). ***Plan de Manejo Ambiental de las Microcuencas de los Ríos Tabacay y Agüilán.***


The Nature Conservancy
Nature for Water
Local solutions. Global impact.