

NOTA TÉCNICA N.º IDB-TN-3216

Avances en la contabilidad ecosistémica para el financiamiento de las áreas protegidas en Colombia

Informe final

Autores

Héctor Angarita
Jesse A. Goldstein
Lisa Mandle
Jaime Moreno Miranda
Orlando Vargas Rayo
Carolina Díaz Giraldo
Fabián Darío Villalba Pardo
Camilo Andrés Díaz Campos
Lina Barbosa

Editado por

Vanessa Callau
Elana Kimbrell
Duval Llaguno
Mary Ruckelshaus
Gregory Watson
Zoë Wilson

Banco Interamericano de Desarrollo
Sector de Cambio Climático y Desarrollo Sostenible
Unidad de Biodiversidad y Capital Natural

Alianza de Capital Natural
Universidad de Stanford

Departamento Nacional de Planeación
de Colombia



Avances en la contabilidad ecosistémica para el financiamiento de las áreas protegidas en Colombia

Informe final

Autores

Héctor Angarita
Jesse A. Goldstein
Lisa Mandle
Jaime Moreno Miranda
Orlando Vargas Rayo
Carolina Díaz Giraldo
Fabián Darío Villalba Pardo
Camilo Andrés Díaz Campos
Lina Barbosa

Editado por

Vanessa Callau
Elana Kimbrell
Duval Llaguno
Mary Ruckelshaus
Gregory Watson
Zoë Wilson

Banco Interamericano de Desarrollo
Sector de Cambio Climático y Desarrollo Sostenible
Unidad de Biodiversidad y Capital Natural

Alianza de Capital Natural
Universidad de Stanford

Departamento Nacional de Planeación
de Colombia

Marzo 2026
Publicado originalmente en inglés en Octubre de 2025



Integrando la naturaleza en las
decisiones de política e inversión

Informe final

Avances en la contabilidad ecosistémica para el financiamiento de las áreas protegidas

Colombia



Contenido de este informe

Resumen ejecutivo.....	1
Introducción.....	3
Proceso y metodología	5
Resultados técnicos	7
Desarrollo de capacidades	19
Resultados	19
Estrategia de implementación	23
Aprendizajes y recomendaciones	23

Agradecimientos

Agradecemos a USOCHICAMOCHA, Veolia Aguas de Tunja, EMPO-DUITAMA, GENSA, *Parques Nacionales Naturales de Colombia*, CORPOBOYACÁ, los municipios de Tunja y Duitama, y el *Departamento Administrativo Nacional de Estadística* (DANE) por su contribución con valiosos comentarios, observaciones y aportaciones para la elaboración de este informe. Los errores y omisiones son responsabilidad exclusiva de los autores. Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan la opinión del Banco Interamericano de Desarrollo, su Directorio Ejecutivo ni la de los países que representan, incluyendo el Departamento Nacional de Planeación de Colombia y las demás instituciones coautoras.



Resumen ejecutivo

Sinopsis

El proyecto piloto en Colombia tuvo como objetivo integrar las evaluaciones del capital natural y la valoración económica para impulsar dos políticas: el fortalecimiento del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y la implementación del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica – Contabilidad de Ecosistemas (SCAE-CE)¹ en Colombia. Los resultados de este trabajo soportan el diseño de un innovador esquema intersectorial de ecocompensación para apoyar la gestión de las áreas protegidas y la distribución equitativa de sus beneficios.

El proyecto evaluó los servicios ecosistémicos que brinda el sistema de áreas protegidas de Colombia en la región de los Andes Nororientales a tres municipios de altos ingresos y mayor población: Tunja, Sogamoso y Duitama, y cuantificó las contribuciones de la naturaleza a las personas como porcentaje del Producto Interno Bruto (PIB) y otras medidas de beneficios sociales. Este enfoque destaca el papel que desempeñan los beneficios provenientes de los ecosistemas naturales y las áreas protegidas en las economías locales, incluyendo el mantenimiento de la cantidad y la calidad del agua, que son esenciales para los sectores económicos que dependen del recurso.

Se desarrollaron nuevos flujos de trabajo analíticos para caracterizar y valorar los flujos de servicios ecosistémicos, en consonancia con los estándares del SCAE-CE. Estos flujos de trabajo integraron datos locales, modelos biofísicos y técnicas de valoración económica para implementar las Cuentas 3 y 4 del SCAE-CE, mostrando el valor tanto en unidades físicas como monetarias. Esta alineación con los estándares del SCAE-CE refuerza la legitimidad y la relevancia de los resultados, facilitando su incorporación en mecanismos de compensación financiera (como los pagos por servicios ecosistémicos, en los que los beneficiarios realizan pagos a quienes protegen los ecosistemas, internalizando así los costos de la protección de la naturaleza) y en los procesos de planificación, e impulsando la implementación del SCAE-CE en Colombia. Estos datos y modelos, que

muestran las conexiones entre los ecosistemas y la valoración económica, también son aplicables a otros países del mundo. El documento también incluye una serie de aplicaciones de políticas y recomendaciones para el desarrollo de capacidades que respaldan los próximos pasos en la integración de las evaluaciones del capital natural en los procesos de toma de decisiones. Estas recomendaciones buscan fortalecer el Sistema Nacional de Áreas Protegidas y garantizar que la valoración de los servicios ecosistémicos apoye el financiamiento para el desarrollo económico sostenible.

Este documento describe las actividades y los resultados del proyecto piloto colombiano en el marco de la Cooperación Técnica Regional (CT) “**Transformando la Política y la Inversión mediante la Integración de Enfoques Rápidos para la Evaluación y Contabilidad del Capital Natural**”. Esta CT fue financiada por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), implementada por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y ejecutada por la Universidad de Stanford. Los principales beneficiarios y codiseñadores de esta CT son el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y el así como el trabajo técnico liderado por el equipo de la Alianza de Capital Natural (NatCap), antes el Proyecto de Capital Natural (Universidad de Stanford). Este trabajo también recibió financiación de la Fundación Gordon y Betty Moore.

Este proyecto piloto en Colombia también forma parte del **proyecto Personas, Planeta, Prosperidad (3Ps)**, a través del cual NatCap, colabora con el BID, el Banco Asiático de Desarrollo y el Banco Mundial en proyectos piloto en 16 países para ampliar el uso de enfoques de capital natural en todo el mundo.

1 <https://seea.un.org/ecosystem-accounting>

Glosario de términos clave

Aquí utilizamos la siguiente terminología:

Beneficiarios: son las personas, grupos, sectores u organizaciones específicas que reciben servicios ecosistémicos. Más específicamente, se trata de todas las unidades socioeconómicas que se benefician de los servicios ecosistémicos.²

Capital natural: son los activos naturales de la Tierra —sus tierras, aguas y biodiversidad— de los que depende toda la vida.

Enfoques de capital natural: son enfoques que explicitan los beneficios de la naturaleza para las personas, de modo que puedan incorporarse en las decisiones y motivar inversiones en ecosistemas, mejorando así el bienestar tanto de las personas como de la naturaleza. Esto incluye tanto las evaluaciones como la contabilidad del capital natural.

Evaluaciones de capital natural: mediante una estrecha colaboración con los responsables de la toma de decisiones, los expertos locales y las partes interesadas, las evaluaciones de capital natural cuantifican y mapean tanto las reservas de capital natural (por ejemplo, los humedales purificadores de agua) como los servicios ecosistémicos que fluyen hacia las personas (por ejemplo, agua potable) para proporcionar métricas cuantificables —y a menudo, espacialmente explícitas— de esos servicios, ya sean monetarios, biofísicos o socioculturales.

Contabilidad del capital natural: mide las reservas de activos naturales y los flujos de servicios ecosistémicos que estos brindan a la sociedad y a la actividad humana, en términos monetarios o biofísicos. A menudo, esta información se agrega a nivel nacional o regional mediante un enfoque estandarizado y replicable que permite monitorear los cambios a lo largo del tiempo. Esta cuantificación es útil para diseñar, monitorear y evaluar políticas e inversiones.

Servicios ecosistémicos: los beneficios materiales, espirituales, culturales, comunitarios y de otro tipo que los ecosistemas proporcionan a las personas. Formalmente, se refiere a “las contribuciones de los ecosistemas a los beneficios que se utilizan en la actividad económica y humana”.³

Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica

(SCAE): Un marco internacional para la contabilidad del capital natural desarrollado por las Naciones Unidas para integrar los datos ambientales con las cuentas económicas nacionales. Proporciona un conjunto completo y coherente de principios, conceptos, definiciones y clasificaciones para registrar las interacciones entre el medio ambiente y la economía. El marco incluye dos sistemas:

- **El Marco Central (MC)** del SCAE es un estándar contable para medir la relación entre los recursos naturales y la economía, caracterizando la disponibilidad, el uso, la productividad y los impactos de los recursos.
- **La Contabilidad de Ecosistemas (CE)** del SCAE es un estándar contable centrado en la medición de i. los activos de los ecosistemas, y ii. la prestación y utilización de los servicios ecosistémicos. El SCAE-CE, también denominado en este informe como contabilidad de ecosistemas, ayuda a responder preguntas como: ¿cuánto contribuyen los ecosistemas a los diferentes sectores y beneficiarios de la sociedad? ¿De dónde provienen los servicios en relación con el paisaje? ¿Cómo han cambiado los ecosistemas y los beneficios que brindan a lo largo del tiempo, tanto en términos biofísicos como monetarios?

Usuarios: el subconjunto de beneficiarios que tienen una conexión directa con el servicio ecosistémico; en otras palabras, son los primeros beneficiarios del servicio ecosistémico.⁴

Valoración: un componente de las evaluaciones y contabilidad del capital natural por medio del cual se busca proporcionar estimaciones del valor de los servicios ecosistémicos. Dicho valor puede ser monetario o no monetario. Una evaluación del capital natural podría evaluar la oferta potencial de servicios ecosistémicos (por ejemplo, dónde fluye el agua en el paisaje); puede evaluar la oferta y cuantificar el servicio (por ejemplo, cuánta agua fluye a comunidades específicas); o puede estimar valores (por ejemplo, ¿cuál es el valor monetario que genera esa agua para esa comunidad específica? ¿O cuántas personas han cambiado su acceso al agua potable?). Este tercer paso es el componente de valoración.

² Véase *Sistemas de Contabilidad Ambiental-Económica – Contabilidad de Ecosistemas*, Naciones Unidas, 2024, pág. 140.

³ Véase *Sistemas de Contabilidad Ambiental-Económica – Contabilidad de Ecosistemas*, Naciones Unidas, 2024, pág. 136.

⁴ ibid



Introducción

Colombia, uno de los países con mayor biodiversidad en el planeta,⁵ lleva décadas avanzando en la adopción de políticas y en el fortalecimiento del conocimiento, las instituciones y la gobernanza para integrar la naturaleza en sus decisiones de desarrollo. En la región latinoamericana, Colombia ha sido pionera⁶ en la implementación de marcos integrados de contabilidad económica y ambiental, como el Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica de las Naciones Unidas (SCAE)⁷, para los recursos forestales, hídricos, minero-energéticos⁸ y en la realización de numerosos estudios sobre la valoración de los beneficios de las áreas protegidas⁹ para promover la transparencia y la rendición de cuentas en la gestión de los recursos naturales. Esta información ha permitido la adopción de diversos mecanismos e instrumentos de gestión, incluyendo insumos para la planificación territorial,¹⁰ incentivos como los pagos por servicios ambientales,¹¹ y tasas ambientales,¹² que reconocen e incorporan los beneficios que la naturaleza brinda a la sociedad y a las personas en los instrumentos de gestión.

Estos esfuerzos demuestran un progreso sostenido y significativo en el diseño y la aplicación de políticas ambientales; sin embargo, persisten importantes desafíos para alinearlas con los objetivos de desarrollo humano. La evaluación nacional de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos de Colombia en 2021 indicó un deterioro de la biodiversidad y las condiciones de los ecosistemas, así como una reducción de las

contribuciones de la naturaleza a la calidad de vida de la sociedad.¹³ Por lo tanto, Colombia ha determinado que es prioritario comprender mejor los factores del deterioro ambiental y definir caminos para lograr cambios transformadores en las tendencias sociales, económicas y culturales que afectan la biodiversidad. Estos objetivos también están en consonancia con los esfuerzos globales y nacionales para mitigar y adaptarse al cambio climático.

Ante estos desafíos, en 2024, Colombia presentó su más reciente Estrategia y Plan de Acción Nacional para la Biodiversidad (EPANB)¹⁴, con propuestas de contribución a las metas del Convenio sobre la Diversidad Biológica, descritas en el Marco Mundial para la Biodiversidad de Kunming-Montreal. Este plan propone metas a 2030 y una visión a 2050 para detener la pérdida de biodiversidad y restaurar los ecosistemas naturales.

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia (SINAP) se creó formalmente en 2010. Este sistema vincula áreas protegidas públicas y privadas de orden nacional, regional y local, y actualmente protege más de 31 millones de hectáreas, equivalentes al 16,6 % de la superficie terrestre del país y al 13,4 % de la superficie marina. La “Consolidación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia”, conocida como CONPES 4050,¹⁵ es la política central y vinculante para promover acciones coordinadas y a largo plazo hacia los objetivos de la agenda de

5 Véase [Perspectiva Mundial sobre la Diversidad Biológica 5, Convenio sobre la Diversidad Biológica](#).

6 Véase Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 2014. [Quinto Informe Nacional de Biodiversidad de Colombia ante el Convenio de Diversidad Biológica](#). Bogotá, D.C., Colombia. pág. 101.

7 <https://seea.un.org/ecosystem-accounting>

8 [Departamento Administrativo Ambiental de Estadística \(DANE\). Cuenta satélite Ambiental de Colombia](#).

9 Parques Nacionales Naturales de Colombia (2014, 2020). Estudios de valoración de servicios ecosistémicos de Parques Nacionales de Colombia. Ver reseña en el [Anexo 7](#).

10 [IAvH, 2019. Estructura Ecológica Principal para el Ordenamiento Territorial en Colombia](#).

11 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Programa nacional de Pago por Servicios Ambientales (2021). ISBN 978-958-5551-25-1.

12 [Ver normativa del Sector de Gestión Ambiental, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia](#).

13 Gomez et al., 2021

14 Minambiente, 2017. [Plan de acción de biodiversidad para la implementación de la política nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos 2016-2030](#). Rojas, G. Paula; Mora, J. Emilce – Bogotá, D.C.(Colombia).

15 [Consejo Nacional de Política Económica y Social \(CONPES\). Departamento Nacional de Planeación. Política Para La Consolidación Del Sistema Nacional De Áreas Protegidas - SINAP. \(2021\)](#).

biodiversidad. El sistema de parques nacionales ha sido históricamente un mecanismo eficaz para mantener ecosistemas en buen estado, restaurar ecosistemas degradados y prevenir nuevos impactos en los hábitats naturales. Para fortalecerla, la política CONPES 4050 establece una nueva estrategia basada en objetivos de cooperación entre actores públicos, privados y comunitarios, para aumentar, para 2030, la corresponsabilidad de los sectores productivos y la compensación a las comunidades locales por la protección de la biodiversidad. Una innovación de esta política es la implementación de mecanismos para involucrar a los sectores económicos estratégicos (agricultura, energía, turismo y silvicultura) y a los municipios de altos ingresos (denominados aquí “municipios de alta complejidad”) en la financiación de los esfuerzos de conservación. Específicamente, el CONPES 4050 busca asegurar las inversiones ambientales necesarias para una gestión más equitativa y sostenible de la biodiversidad por parte de los beneficiarios de los servicios ecosistémicos, internalizando así los costos. Para lograr este objetivo, Colombia buscó cuantificar las contribuciones de las áreas protegidas a los sectores económicos estratégicos y diseñar mecanismos de compensación que las tengan en cuenta.

En un esfuerzo paralelo, a través de su Ley de Acción Climática de 2021,¹⁶ Colombia estableció un marco integral para abordar los desafíos de la mitigación y adaptación al cambio climático. Una acción clave dentro de este marco es la implementación del reciente Marco de Contabilidad de los Ecosistemas de las Naciones Unidas (SCAE-CE)¹⁷ Esta iniciativa busca medir y reportar consistentemente las interacciones entre la sociedad y la naturaleza, integrando estas métricas en el sistema de cuentas nacionales mediante la cuantificación y valoración sistemática de los ecosistemas. Este enfoque facilita la coordinación interinstitucional y proporciona una síntesis cohesiva de conocimiento, esencial para la estandarización y sistematización de los informes sobre las interacciones entre la sociedad y la naturaleza. Estos dos conjuntos de políticas ofrecen una oportunidad única para alinear los esfuerzos interinstitucionales y avanzar de manera coordinada entre la implementación

de marcos de medición de la biodiversidad y sus beneficios, y el uso de esta información por parte de los tomadores de decisiones en el diseño e implementación de políticas efectivas: el SCAE-CE ofrece un marco para medir y reportar los beneficios de los ecosistemas e institucionaliza el monitoreo sistemático y estandarizado de la economía y el medio ambiente. Por su parte, el CONPES 4050 demuestra cómo aplicar esta información como insumo para el diseño de mecanismos de financiamiento alineados con los objetivos de política para la consolidación del SINAP.

Este documento describe las actividades y los resultados del proyecto colombiano para avanzar en la implementación de dos componentes principales de las políticas públicas mencionadas. Estos dos componentes son: i) la valoración de las contribuciones de las áreas protegidas a sectores estratégicos de municipios de altos ingresos, para fundamentar el desarrollo de mecanismos de compensación, y ii) el avance en la implementación de la contabilidad de ecosistemas en el marco del SCAE. El equipo del proyecto apoyó directamente la implementación de la política CONPES y el desarrollo de las cuentas del SCAE-CE mediante la aplicación de evaluaciones y contabilidad del capital natural (de aquí en adelante, enfoques de capital natural), para proporcionar estimaciones del valor económico de los flujos de servicios ecosistémicos desde las áreas protegidas a varios municipios con mayores ingresos y población. Esta valoración es un insumo clave para la adopción de esquemas de compensación equitativos y mecanismos de financiamiento, según lo establecido en el CONPES 4050.

Específicamente, el proyecto:

- Integra y valida las metodologías de evaluación y contabilidad del capital natural, basadas en los estándares del SCAE-CE, para la valoración económica de las contribuciones de las áreas protegidas a los sectores energético, agrícola, forestal y turístico en municipios con mayores ingresos y población, con el fin de fundamentar los esquemas de compensación según el CONPES 4050.

16 [Ley de Acción Climática de Colombia](#). 2169 de 2021.

17 La contabilidad de ecosistemas es una incorporación reciente a los marcos de [Contabilidad del Capital Natural del SCAE-CE](#). La otra norma contable es el marco SCAE-CF, publicado en 2012, que se centra en la contabilidad de recursos naturales como el agua, los bosques y los minerales.



- Implementa un análisis a escala subnacional para valorar los beneficios del SINAP en la región de los Andes Nororientales, en los municipios de alta complejidad de Tunja, Sogamoso y Duitama, considerando los sectores estratégicos de saneamiento, agricultura y turismo.
- Genera lecciones y aportes metodológicos para avanzar en la implementación del SCAE-CE en Colombia, liderado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

La primera sección de este informe sintetiza los principales actividades, resultados, contribuciones, lecciones aprendidas y próximos pasos del proyecto para el avance de las políticas mencionadas. Consulte los apéndices técnicos, que ofrecen más información sobre la metodología y los resultados. Cuando corresponde, la sección de síntesis hace referencia a los documentos técnicos para facilitar su consulta.

Proceso y metodología

En términos generales, el objetivo principal del proyecto fue desarrollar una valoración de los flujos de servicios ecosistémicos desde las áreas protegidas hasta los sectores productivos de varios municipios de alta complejidad en Colombia, adoptando los estándares metodológicos y conceptuales del SCAE-CE. El proceso y las actividades realizadas fueron las siguientes:

- **Asimilación y aplicación del SCAE-CE:** la experiencia internacional demuestra que la adopción efectiva del SCAE-CE en las cuentas nacionales es un esfuerzo a largo plazo que requiere fomentar la colaboración interdisciplinaria e interinstitucional, así como fortalecer la capacidad técnica. Si bien el SCAE-CE proporciona un marco sólido para cuantificar y valorar los servicios ecosistémicos, existen desafíos específicos que deben abordarse para garantizar su aplicación práctica y su alineación con las particularidades de cada país. Este proyecto implementó un trabajo colaborativo con diversas instituciones para promover y demostrar la aplicación de los principios y estándares del SCAE-CE. El equipo desarrolló una serie de flujos de trabajo novedosos para caracterizar y valorar los flujos de servicios ecosistémicos de manera que se alineen con los estándares del SCAE-CE y la toma de decisiones en el contexto colombiano. Esto integra datos locales, modelos biofísicos y técnicas de valoración económica para evaluar la oferta y la utilización de los servicios ecosistémicos con base en el SCAE-CE, mostrando su valor tanto en unidades físicas (Cuenta 3) como monetarias (Cuenta 4).

- **Trabajo con actores y beneficiarios de los servicios ecosistémicos:** el uso de un enfoque basado en el capital natural implica un proceso iterativo de colaboración e interacción con diversos individuos y sectores. En general, estos procesos de trabajo colaborativo son una forma eficaz de incorporar información científica, experiencia y conocimientos locales en las políticas y las finanzas, como parte de la buena gobernanza implementada por los gobiernos y la sociedad civil. El proyecto realizó diversas actividades para identificar y colaborar con las agencias gubernamentales pertinentes (incluidas las autoridades municipales de Tunja y Duitama) y los beneficiarios de los servicios ecosistémicos, con especial atención a los sectores agrícola y turístico.

- **Desarrollo de una valoración subnacional de los flujos de servicios ecosistémicos del SINAP a municipios de alta complejidad, en unidades físicas y monetarias:** este proyecto vinculó las actividades económicas de tres municipios de altos ingresos y población con los servicios ecosistémicos que brinda el sistema de áreas protegidas de Colombia. Esta actividad se llevó a cabo a nivel subnacional, seleccionando un área focal que cumplía con los siguientes criterios: i) incluir dos o más municipios de alta complejidad, ii) incorporar diversas dependencias entre municipios y sectores estratégicos con los servicios ecosistémicos del SINAP, y iii) alinearse con el diseño jurisdiccional del SINAP. Estos criterios se consideraron para permitir la alineación de los resultados técnicos con la

gobernanza actual del SINAP y facilitar el diseño de instrumentos de gestión. El proyecto cuantificó las contribuciones de la naturaleza a las personas como porcentaje del Producto Interno Bruto (PIB) de Tunja, Sogamoso y Duitama, y utilizando otras medidas de beneficio social. Los resultados revelaron el papel de la naturaleza en las economías locales, en particular en el mantenimiento de la cantidad y la calidad del agua. Apoyar la capacidad de las áreas protegidas para mantener las condiciones de las cuencas hidrográficas locales, como la reducción de la erosión del suelo y el mantenimiento de la funcionalidad hidrológica de la vegetación nativa del páramo, constituye una estrategia clave para la seguridad de los sectores económicos que dependen del agua.

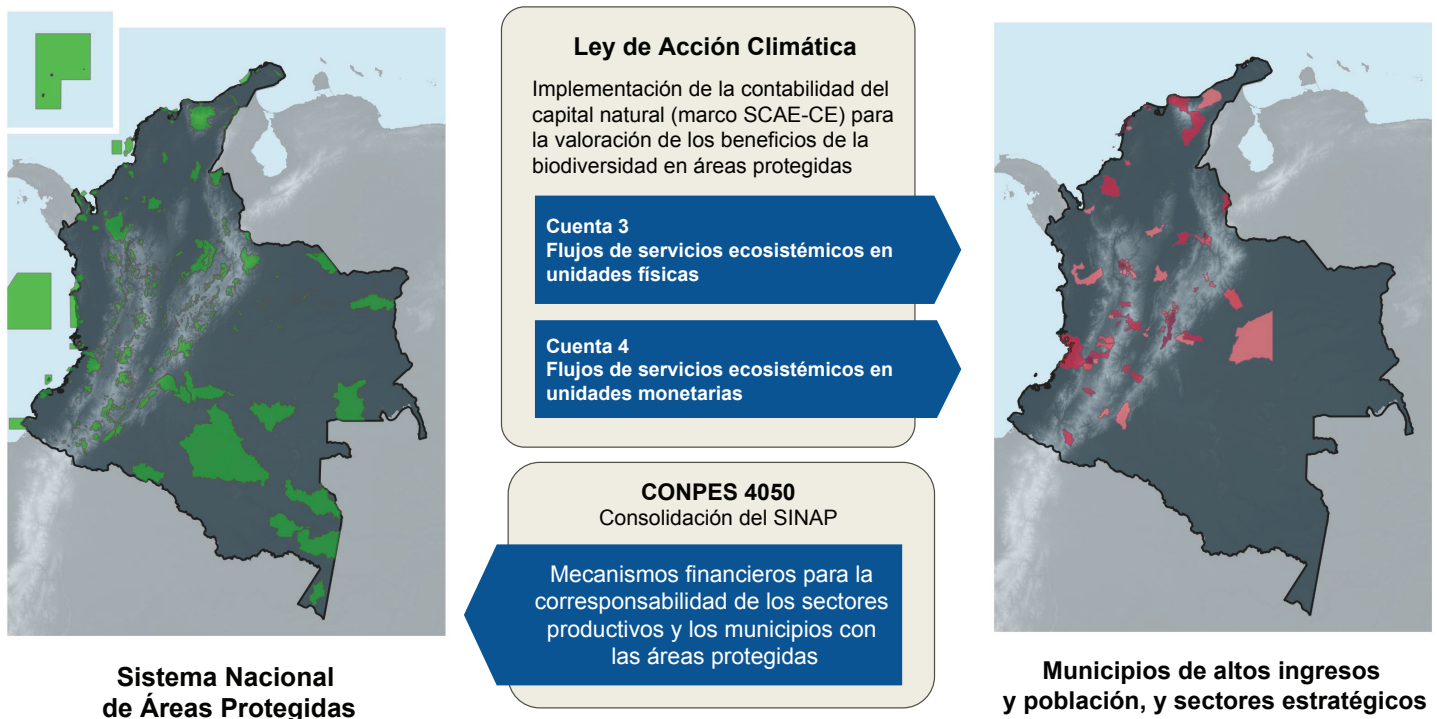


Figura 1: El proyecto integra las acciones de la Ley de Acción Climática de 2021 y la Política para la Consolidación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, CONPES 4050, mediante el avance de las cuentas de flujo de servicios ecosistémicos desde las áreas protegidas hacia sectores estratégicos y municipios de alta complejidad (el rojo más oscuro indica mayor complejidad).



Resultados técnicos

Evaluación Subnacional de los Flujos de Servicios Ecosistémicos del SINAP a los Municipios

Área focal

El estudio se centró en municipios de altos ingresos y alta población (denominados en Colombia municipios de alta complejidad) como unidades de análisis de los beneficios de las áreas protegidas. Este punto de partida afecta significativamente la definición de las unidades biofísicas que deben considerarse para evaluar las fuentes de servicios ecosistémicos (es decir, ¿qué dominio espacial y qué áreas protegidas considerar?), ya que, en muchos casos, los límites jurisdiccionales pueden abarcar múltiples límites biofísicos, como cuencas hidrográficas, ecosistemas o biomas. Por otro lado, un municipio puede beneficiarse de varias áreas protegidas, incluso distantes, o los servicios ecosistémicos que se originan en una sola área protegida pueden beneficiar simultáneamente a varios municipios. Por lo tanto, para evaluar la provisión de servicios ecosistémicos para el CONPES 4050, el equipo prefirió evitar definir *a priori* el límite de análisis biofísico (por ejemplo, una cuenca hidrográfica), y en vez comenzar por identificar los beneficios percibidos por los usuarios de los servicios ecosistémicos en cada municipio. A partir de ahí, el equipo identificó un alcance geográfico que pudiera abarcar razonablemente las fuentes de esos servicios ecosistémicos.

Posteriormente, se realizaron una serie de reuniones, lideradas por el DNP con representantes de diferentes entidades a cargo de la coordinación del SINAP, para identificar las regiones y municipios en los que se centraría el análisis subnacional, siguiendo los criterios establecidos en la sección anterior (véase también el [Apéndice Técnico 2](#)). Como resultado de este proceso, se seleccionaron los municipios de Tunja, Duitama y Sogamoso. Estas tres ciudades se ubican en la región de Boyacá, Colombia, enclavadas en ecosistemas andinos como páramos y bosques de niebla, con los que mantienen una relación interdependiente. Tunja, capital de Boyacá, se encuentra a una altitud de 2.820 metros y tiene una población de aproximadamente

200.000 habitantes. Duitama, con una población de alrededor de 130.000 habitantes, se encuentra a 2.560 metros sobre el nivel del mar y es un centro de producción agrícola, lechera e industrial. Sogamoso, ubicada a una altitud de 2.570 metros, tiene una población de aproximadamente 120 000 habitantes. Su nombre significa “Ciudad del Sol” debido a su importancia histórica en la cultura muisca, y Sogamoso sirve como centro de producción agrícola y lechera.

Centrándose en los municipios densamente poblados como beneficiarios, este proyecto reveló la necesidad de adoptar un dominio espacial amplio para captar adecuadamente la oferta de servicios ecosistémicos y los procesos biofísicos o socioeconómicos mediante los cuales estos beneficios se transfieren a los municipios. En la práctica, esto significó que el dominio de modelación biofísica requirió combinar municipios, áreas protegidas cercanas, cuencas hidrográficas y otros límites jurisdiccionales. Como resultado, el ámbito de análisis de la oferta biofísica de servicios ecosistémicos abarcó los departamentos de Cundinamarca, Santander, Norte de Santander y Boyacá, extendiéndose hasta el piedemonte de la Orinoquia, como se muestra en la Figura 2. Esta delimitación es adecuada para evaluar los flujos de servicios ecosistémicos, considerando las áreas donde se originan muchos de los beneficios para Tunja, Duitama o Sogamoso, y qué factores biofísicos (por ejemplo, cuencas hidrográficas, biomas, etc.) o socioeconómicos (por ejemplo, embalses, transferencias u otras infraestructuras) determinan su transferencia. Este ámbito también incluye un mosaico de áreas protegidas, como los emblemáticos Páramo de la Rusia, Páramo de Rabanal, Páramo de Oceta, La Cortadera y Pan de Azúcar, entre muchos otros.

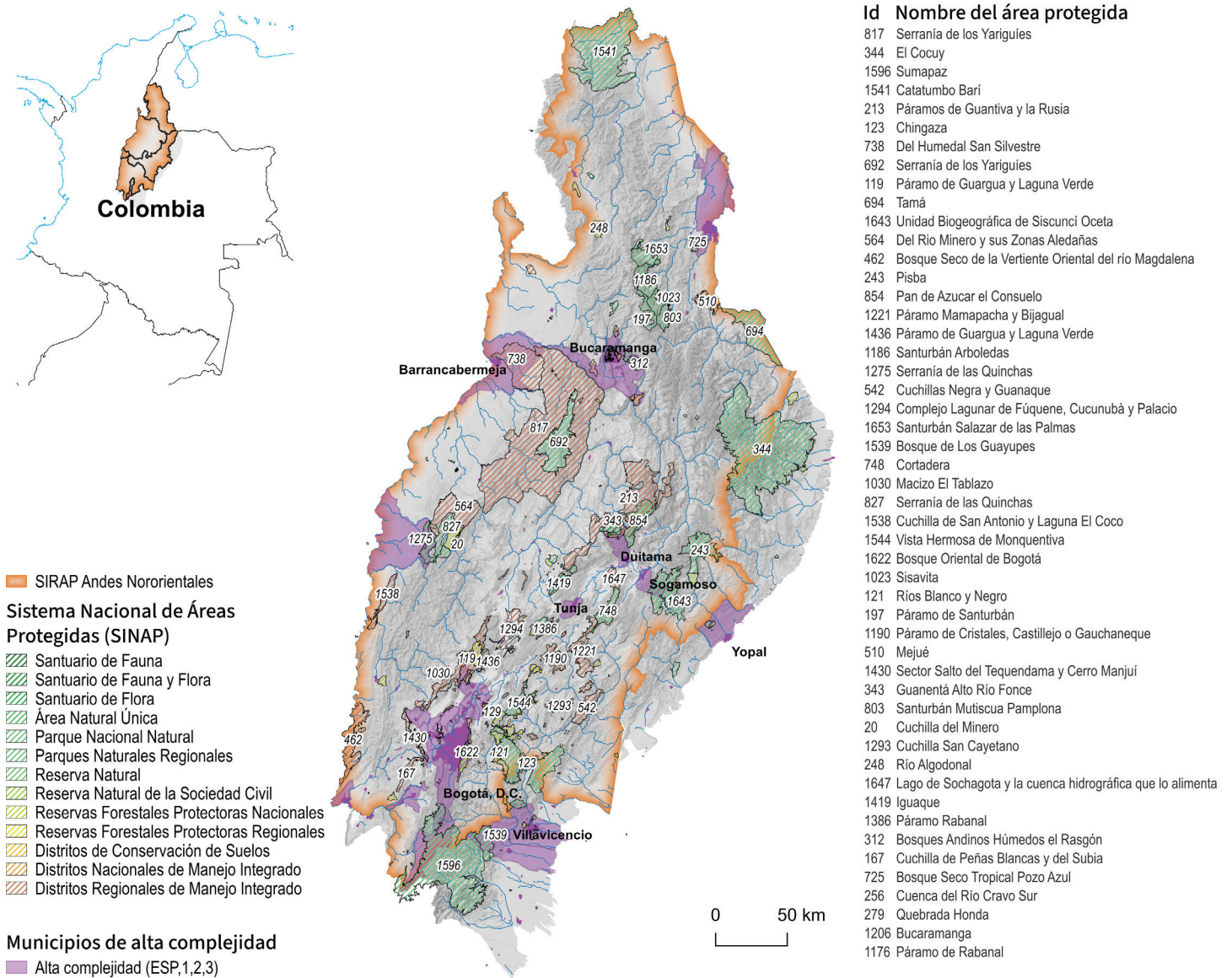


Figura 2: Áreas protegidas y municipios de alta complejidad ubicados en la jurisdicción de los Andes Nororientales, y el límite biofísico que contiene las áreas protegidas que benefician a los municipios de Tunja, Duitama y Sogamoso.



Figura 3: Panorama general de las características paisajísticas del área focal en los municipios seleccionados, destacando los tipos de vegetación nativa, las tierras agrícolas y la infraestructura hídrica. La imagen superior izquierda muestra el Páramo de Cortadera, una de las áreas protegidas evaluadas en el presente estudio, y la superior derecha muestra el Embalse multipropósito “La Copa”, ubicado aguas abajo. Este último es la principal fuente de agua para riego, uso doméstico y producción de energía en la zona (abajo a la izquierda). La imagen inferior derecha muestra el Páramo de Rabanal y el Embalse de Teatinos, que abastecen de agua al municipio de Tunja. Créditos fotográficos: Alejandro Quijano.

Colaboración con actores locales

El proyecto identificó los servicios ecosistémicos que brinda el SINAP a cada posible beneficiario, describiendo las conexiones entre la prestación de los servicios y los municipios, así como los tipos de métricas necesarias para medir los beneficios en un contexto específico. Estas conceptualizaciones se validaron y priorizaron mediante diálogos con representantes de diferentes sectores. Se realizaron varias reuniones virtuales y presenciales con diferentes entidades, entre ellas Veolia Aguas de Tunja, EMPODUITAMA (acueducto y alcantarillado), ENEL, GENSA (energía), USOCHICAMOCHA (agricultura), Parques Nacionales Naturales de Colombia, CORPOBOYACÁ (autoridades ambientales) y los municipios de Tunja y

Duitama. Durante estas reuniones, se presentaron los avances del proyecto y se discutieron las características y los desafíos de cada entidad en relación con los servicios ecosistémicos. Se abordaron temas como la operación y los desafíos de los sistemas de acueducto, riego y generación de energía, así como las actividades de conservación. Estas reuniones permitieron el intercambio de conocimientos para validar los servicios ecosistémicos que se utilizan eficazmente en la región. Para más detalles, consulte el Apéndice Técnico 3.

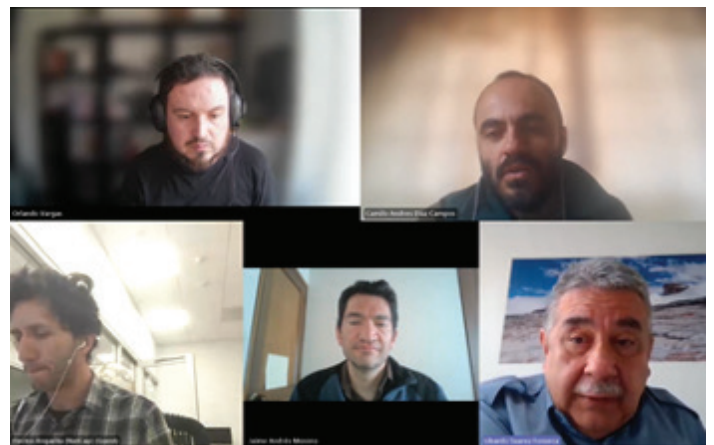
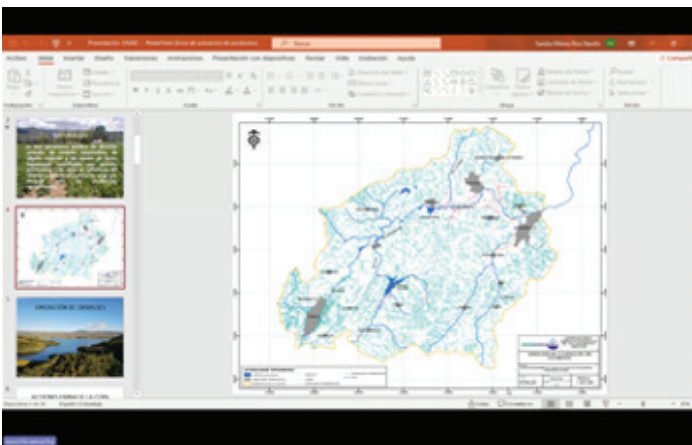


Figura 4: Diversas reuniones celebradas con representantes de entidades y actores de los sectores agrícola, sanitario y energético, así como con autoridades municipales, quienes apoyaron la validación de los servicios ecosistémicos en la región. El Apéndice Técnico A3 contiene más detalles.



Evaluación de los flujos de servicios ecosistémicos

El equipo del proyecto evaluó los flujos de servicios ecosistémicos, caracterizando dos elementos: i) la oferta de diferentes servicios ecosistémicos que se originan en el funcionamiento de los ecosistemas, y ii) la utilización de estos servicios en actividades humanas y económicas en tres municipios de alta complejidad.

El primer componente consistió en una evaluación utilizando la herramienta InVEST (Evaluación Integrada de Servicios Ecosistémicos y Compensaciones)¹⁸ un paquete de software gratuito y de código abierto desarrollado por la Alianza de Capital Natural de la Universidad de Stanford (véase Modelos de Inversión en la página 12 y el Apéndice Técnico 4). Se evaluó e integró la información geoespacial para generar mapas de la oferta potencial de seis servicios ecosistémicos

diferentes en el área focal. La Figura 5 resume los servicios ecosistémicos considerados, los modelos InVEST y la unidad de medida del servicio ecosistémico en cada caso.

Este estudio priorizó los servicios ecosistémicos para los cuales existe información disponible en fuentes institucionales y públicas en Colombia, así como en estudios e investigaciones previas. Cada uno de los servicios se cuantificó con respecto a la línea base definida por el SCAE-CE. Estas estimaciones comparan la provisión actual de servicios ecosistémicos con respecto a un nivel de referencia de la condición del ecosistema que generará el nivel mínimo posible de provisión de servicios, por ejemplo, un escenario de degradación.¹⁹

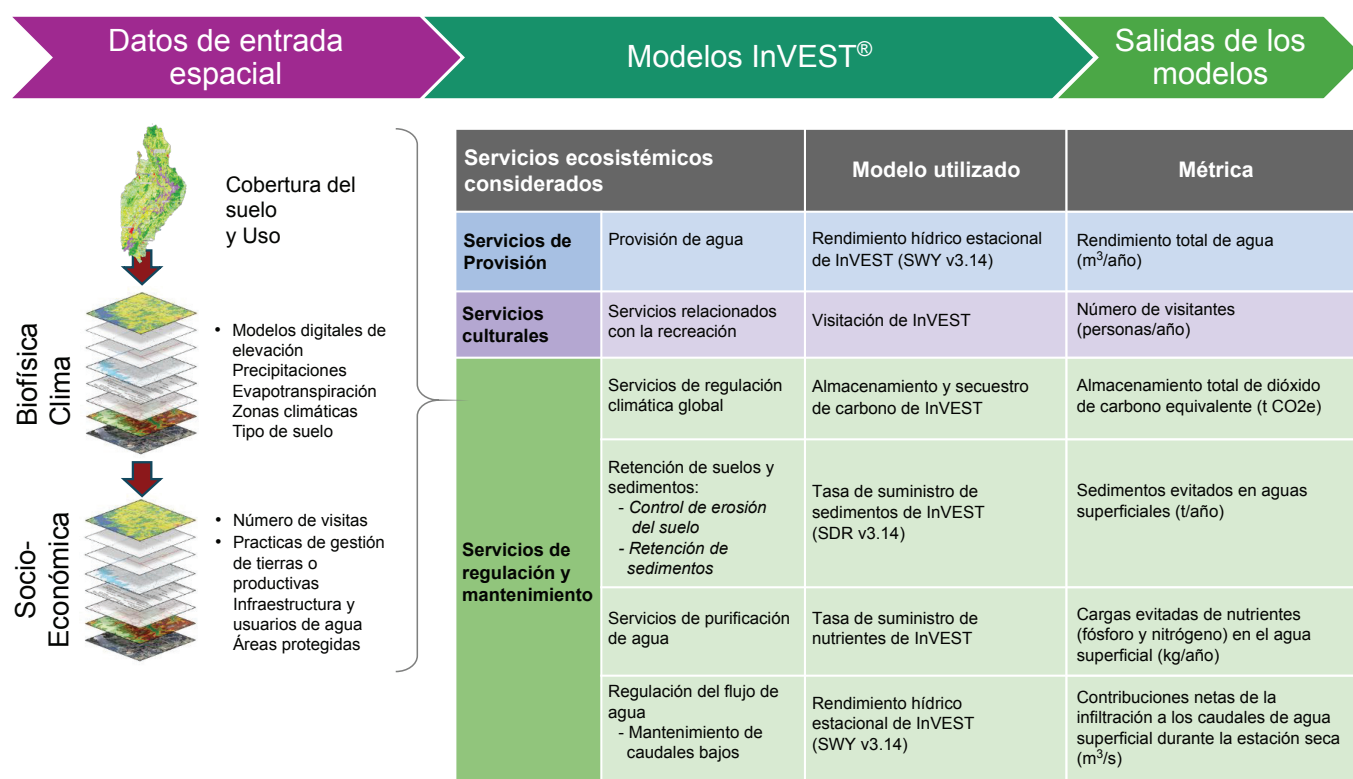


Figura 5: Flujo de trabajo de análisis espacial para estimar el suministro potencial de servicios ecosistémicos, integrando información biofísica y económica para estimar las métricas en cada servicio ecosistémico.

18 Para más información, consulte: [¿Qué es InVEST?, Alianza de Capital Natural, Universidad de Stanford.](#)

19 En varios servicios ecosistémicos, la línea base corresponde a cero. Por ejemplo, el servicio de almacenamiento de carbono en un ecosistema es cero si la biomasa vegetal se pierde por completo y los suelos y la materia orgánica se erosionan y degradan. En otros casos, como los servicios relacionados con la erosión evitada, la línea base corresponde a la ausencia de vegetación, es decir, suelo desnudo. Para los servicios asociados con el mantenimiento de la cantidad de agua, como las contribuciones a los caudales base (o la recarga de acuíferos), la línea base refleja el estado de los suelos y la vegetación degradados que impiden la infiltración, la recarga y el almacenamiento de agua subterránea, limitando su funcionamiento como reservorio natural que mantiene los caudales en las fuentes de agua durante la estación seca.

InVEST: Software de modelado de servicios ecosistémicos de código abierto

Los modelos InVEST son espacialmente explícitos, utilizando mapas como fuentes de información y generando mapas como resultados. InVEST proporciona resultados en términos biofísicos (p. ej., toneladas de carbono secuestrado) o económicos (p. ej., valor actual neto de ese carbono secuestrado). La resolución espacial de los análisis también es flexible, lo que permite a los usuarios abordar cuestiones a escala local, regional o global. Los modelos InVEST se basan en funciones de producción que definen cómo los cambios en la estructura y función de un ecosistema pueden afectar los flujos y valores de los servicios ecosistémicos en un paisaje terrestre o marino. Los modelos consideran tanto la prestación de servicios (p. ej., hábitats vivos como amortiguadores de las olas de tormenta) como la ubicación y las actividades de las personas que se benefician de los servicios (p. ej., ubicación de las personas y la infraestructura potencialmente afectadas por tormentas costeras).

Para el segundo elemento, el proyecto implementó un análisis de cadena lógica que identificó y organizó los diversos componentes necesarios para describir y cuantificar la oferta y el uso de los servicios ecosistémicos. Para un servicio ecosistémico individual (como puede ser el mantenimiento de caudales bajos: véase el ejemplo en la Tabla 1 y la lista completa en el Apéndice Técnico 5), la cadena lógica describe un conjunto probable de tipos de ecosistemas y proporciona una indicación de los tipos de métricas que pueden utilizarse para medir los servicios ecosistémicos y sus beneficios en un contexto determinado. Las cadenas lógicas se elaboraron y validaron con representantes de los sectores agrícola y de agua potable en los municipios de Tunja y Duitama.

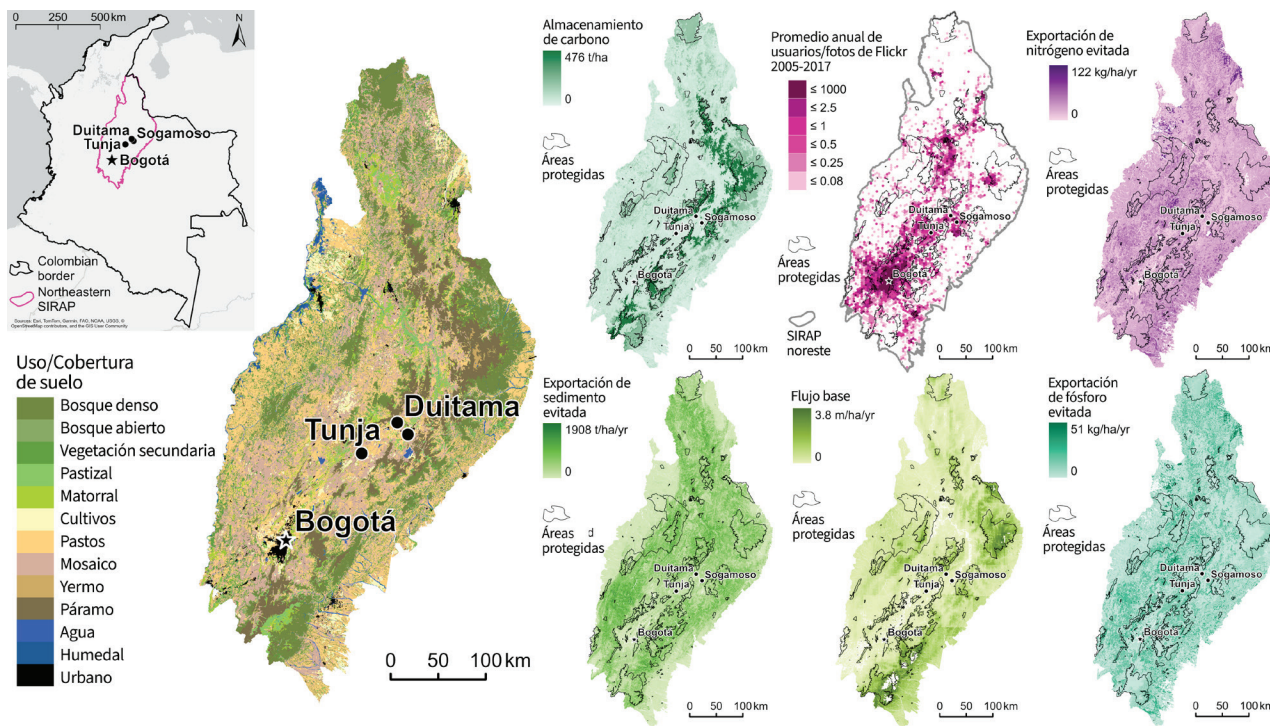


Figura 6: Uso y cobertura del suelo en el área de estudio (IDEAM, 2021) y la oferta potencial de diferentes servicios ecosistémicos asociados, desarrollados mediante modelado con la suite InVEST (un usuario de foto por día en Flickr representa a un fotógrafo único que tomó al menos una foto en un día específico y la subió a Flickr).

Tabla 1: Extracto del análisis de la cadena lógica realizado para los servicios ecosistémicos de abastecimiento de agua y mantenimiento de estiaje en Duitama y Tunja. Véase la lista completa en el Apéndice Técnico 5.

Servicio ecosistémico	Factores determinantes de la provisión			Métrica del servicio ecosistémico	Beneficios	Beneficiarios y usuarios
	Ecosistemas	Ecología	Sociales			
Provisión: Agua	<p>• Páramos</p> <p>• Bosques montanos nativos</p>	<p>• Tipos de suelo, especies presentes en el páramo, edad del páramo y variables hidrológicas</p> <p>• Climatológicas como la temperatura y la precipitación.</p> <p>• Densidad de la cobertura forestal, especies presentes en el bosque, edad del bosque y suelos presentes.</p>	<p>• Capacidad de gobernanza y respuesta a los procesos de deforestación, ocurrencia de incendios, expansión de la frontera agrícola y entrada de población a la zona de drenaje del embalse.</p> <p>• Mantenimiento y operación de los embalses</p>	<p>Rendimiento hídrico promedio (m³/año) imputable a las bajas tasas de evaporación del páramo y los bosques antiguos nativos.</p>	<p>Tunja</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mayor continuidad y cobertura en el sistema de acueducto. • Menores costos operativos de los sistemas de purificación y distribución. • Menores impactos hidrosociales negativos, como la necesidad de anticipar la construcción del proyecto de aducción del embalse La Copa o la necesidad de extraer mayores caudales del embalse, y el aumento de posibles conflictos asociados. • Impactos asociados al posible racionamiento del servicio de agua, como conflictos por el uso del agua, ilegalidad, aumento de la pobreza, entre otros. <p>Duitama:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mayor confiabilidad en el suministro de agua del embalse La Copa. • Mayor productividad de las zonas agrícolas aguas abajo del embalse. • Menor riesgo de pérdidas de cultivos y cosechas debido a sequías agrícolas. • Menor riesgo de escasez doméstica en algunos municipios. • Menor riesgo para la generación de electricidad en centrales como TermoPaipa 1, 2 y 3. • Menor conflicto por el uso del agua en una zona con alta presión sobre los recursos hídricos. 	<p>Usuario</p> <ul style="list-style-type: none"> • Empresa prestadora de agua del municipio de Tunja • UsoChicamocha, como administradora del embalse <p>Beneficiarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hogares, usuarios comerciales e institucionales de agua en el área de servicio del sistema de agua del municipio de Tunja • Usuarios de agua aguas abajo del embalse La Copa (incluido el sector agrícola, el distrito de riego USOCHICAMOCHA y otros agricultores) • Municipios que extraen agua del río Chicamocha para su abastecimiento doméstico. • Sector de generación eléctrica (TermoPaipa 1, 2 y 3, TermoPaipa 4)

Servicio ecosistémico	Factores determinantes de la provisión		Factores determinantes del uso	Métrica del servicio ecosistémico	Beneficios	Beneficiarios y usuarios
	Ecosistemas	Ecología				
Regulación: Mantenimiento de caudales bajos	Mayormente Páramos	Tipos de suelo, especies presentes en el páramo, edad del páramo y variables hidrológicas como la temperatura y la precipitación.	Capacidad de gobernanza y respuesta a la expansión de la frontera agrícola.	Caudales bajos estacionales en fuentes de agua (m ³ /s) atribuibles a la alta infiltración de agua de lluvia a los suelos.	Tunja • Menor riesgo de escasez de agua en algunos municipios. Duitama: Menos conflictos por el uso del agua en una zona con alta presión sobre los recursos hídricos. • Menores costos operativos de los sistemas de purificación y distribución.	Usuario: • Empresa prestadora de agua del municipio de Tunja y Duitama Beneficiarios: • Hogares, usuarios comerciales e institucionales de agua en el área de servicio de las empresas prestadoras de agua de Tunja y Duitama • Pequeños agricultores que utilizan aguas superficiales para riego



Valoración económica de los flujos de servicios ecosistémicos en municipios de alta complejidad

El equipo del proyecto realizó una valoración monetaria de los flujos de servicios ecosistémicos para cada cadena lógica, siguiendo las directrices del SCAE-CE, así como los avances y recomendaciones de algunos estudios previos en Colombia. Se identificaron métodos de valoración económica adecuados a las características de los beneficios identificados y reportados por los beneficiarios y a la disponibilidad de información socioeconómica en la región, que se muestran en la Tabla 2 y el Apéndice Técnico 6. Los resultados, resumidos en las Tablas 3 y 4, indican que el servicio de mantenimiento de caudales bajos tiene una contribución significativa al PIB municipal en Tunja, Duitama y Sogamoso. En Duitama, este servicio por sí solo representa el 2,13 % del PIB, garantizando la disponibilidad de agua para riego y abastecimiento y su impacto en la productividad agrícola. En Sogamoso, el servicio representa el 1,67 % del PIB, mientras que en Tunja contribuye con el 0,88 %. De igual manera, el servicio de retención de nutrientes resalta el valor económico de los ecosistemas al reducir los costos de tratamiento del agua y mejorar su calidad. En Duitama, este servicio asciende a \$46.910 millones de pesos colombianos al año, lo que representa el 1,67% del PIB. En Sogamoso, el valor combinado de la remoción de nitrógeno y fósforo alcanza los \$29.912 millones, lo que representa el 0,82% del PIB. En Tunja, el valor absoluto es menor, con \$4.521 millones, equivalente al 0,10% del PIB. La valoración económica de los servicios ecosistémicos culturales en los municipios de Duitama, Tunja y Sogamoso muestra el papel de las áreas protegidas en el apoyo a la recreación y el turismo, con un valor total estimado de \$3.807 millones de

pesos colombianos. Por supuesto, a medida que se cuantifiquen los beneficios adicionales de otros servicios ecosistémicos de las áreas protegidas, la contribución total estimada de los ecosistemas al PIB aumentaría.

La Tabla 4 ilustra con más detalle estas contribuciones al comparar los valores de los servicios ecosistémicos con los ingresos municipales. En Tunja, el valor total de los servicios ecosistémicos para mantener un suministro estable de agua en 2022 representó el 10,9 % de los ingresos municipales totales y al 22,9 % de los ingresos fiscales locales. En Duitama, los servicios de suministro estable de agua representaron el 29,7 % de los ingresos totales y un considerable 111,6 % de los ingresos fiscales locales, lo que indica una vulnerabilidad financiera del municipio en este servicio. En Sogamoso, los servicios de suministro de agua representaron el 27,5 % de los ingresos totales y el 88,3 % de los ingresos fiscales locales.

El servicio de retención de nutrientes también demuestra el alcance de los beneficios económicos de los ecosistemas en comparación con los ingresos municipales. La remoción combinada de nitrógeno, fósforo y sedimentos en Duitama equivale al 23,2 % de los ingresos totales y al 87,1 % de los ingresos fiscales locales. En Tunja, los servicios ecosistémicos aportaron un valor equivalente al 1,3% de los ingresos totales y al 2,6% de los ingresos tributarios locales, y en Sogamoso constituyeron un valor equivalente al 13,4% de los ingresos totales y al 43,2% de los ingresos tributarios locales.

Tabla 2: Métodos de valoración seleccionados para cada uno de los servicios ecosistémicos

Servicio ecosistémico	Beneficiarios	Método de valoración	Métrica el servicio ecosistémico
Regulación del clima global	<ul style="list-style-type: none"> Sociedad en general Compañías que emiten GEI 	Costos evitados, basados en las emisiones de gases de efecto invernadero evitadas asociadas con la conversión de tierras. Incluye ajustes anuales que reflejan los daños marginales y el criterio de compensación mediante créditos de carbono, equivalentes al impuesto al carbono colombiano.	Toneladas de CO ₂ e evitadas
Regulación: Mantenimiento de bajo caudal	<ul style="list-style-type: none"> Finqueros de Duitama, Sogamoso y Tunja Sociedad en general Manejadores el recurso hídrico 	Preferencias reveladas basadas en tarifas de agua para riego y mantenimiento de infraestructura. Las tarifas reflejan la disposición de los usuarios agrícolas a pagar por recursos hídricos estables y suficientes para mantener una producción estable y minimizar las pérdidas agrícolas	Caudales de agua (m ³ /s) disponibles durante la estación seca, atribuibles a las funciones de los servicios ecosistémicos que mantienen el caudal base
	<ul style="list-style-type: none"> Hogares Autoridades locales y regionales 	Los costos de reemplazo se calcularon con base en el uso reportado de camiones cisterna para transportar agua durante condiciones de sequía extrema. Los costos incluyen costos operativos (combustible, mantenimiento, alquiler de vagones cisterna) y sobrecostos asociados con situaciones de emergencia.	
Servicios ecosistémicos culturales: Visitas	<ul style="list-style-type: none"> Visitantes las áreas protegidas 	Costo de viaje basado en los gastos de los visitantes (combustible, peajes, tiempo de viaje, mantenimiento de vehículos). Incluye un modelo de distancia inversa para distribuir a los visitantes según la probabilidad de visita según la distancia de la ciudad al área protegida.	Número de visitantes a las áreas protegidas
Regulación: Retención de sedimentos	<ul style="list-style-type: none"> Empresas de agua que operan y mantienen embalses 	Costos de reemplazo, basados en los costos de capital por la reducción de la vida útil de los embalses existentes, debido a entradas de sedimentos y atrapamiento.	Entrada de sedimentos a los embalses evitada (toneladas/año)
Regulación: Retención de N y P	<ul style="list-style-type: none"> Diversos usuarios de agua 	Costo de reemplazo, basado en el costo de capital equivalente requerido para mantener la calidad del agua en fuentes de agua superficial por encima del umbral de eutrofización debido a las cargas de nitrógeno y fósforo en los cuerpos de agua.	Cargas de nutrientes evitadas (kg/año)

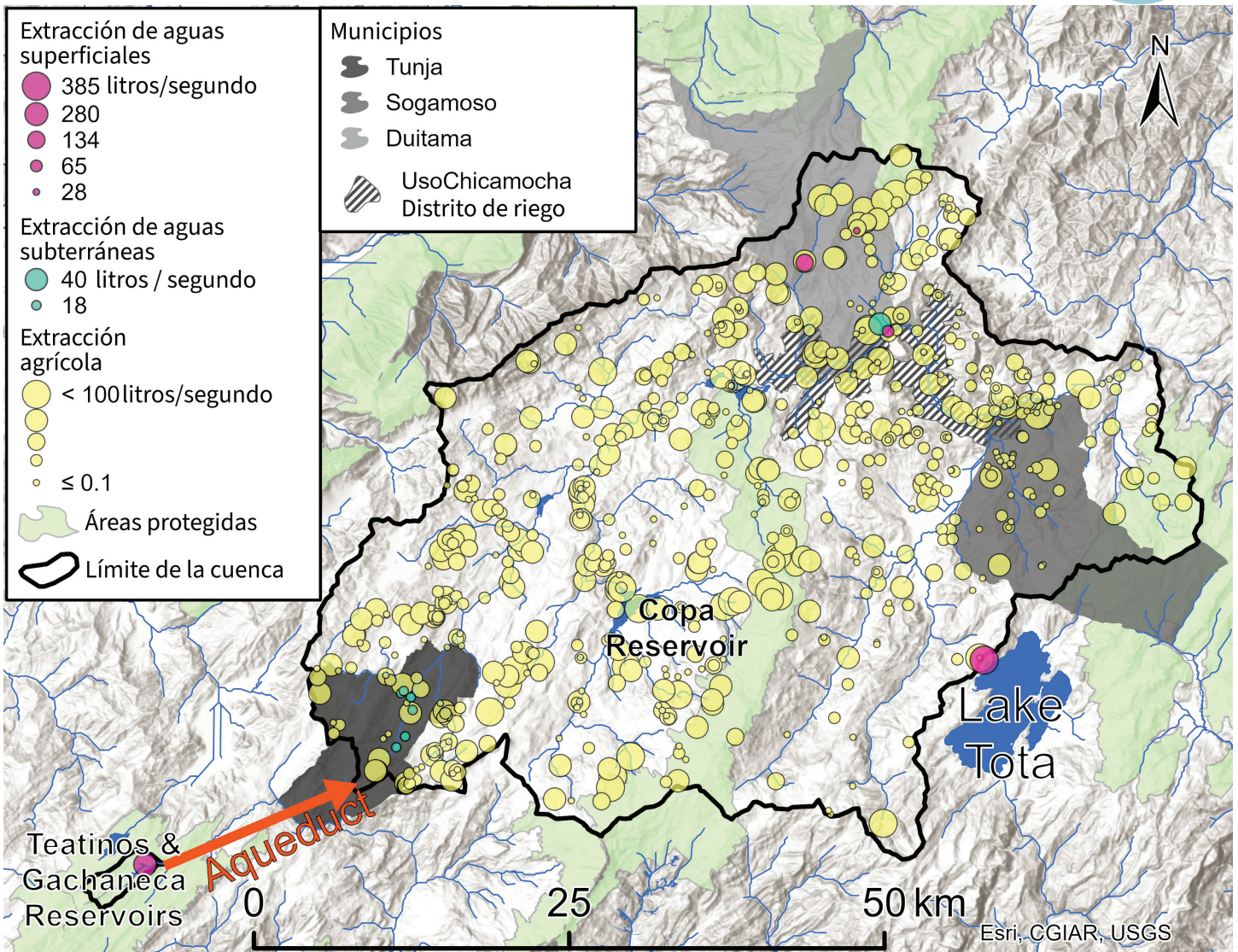


Figura 7: Usuarios de agua por magnitud (litros por segundo) en Tunja, Sogamoso y Duitama.

Tabla 3: Resumen de los resultados de la valoración de los servicios ecosistémicos seleccionados para los municipios de Tunja, Duitama y Sogamoso. Cifras en millones de pesos colombianos/año.

Servicio	Tunja	Duitama	Sogamoso
Retención de nitrógeno	328	10.337	7.100
Retención de fósforo	347	29.076	22.812
Retención de sedimentos	3.846	7.497	—
Mantenimiento de caudal bajo	39.523	60.125	61.153
Visitas	782	1.381	1.643
Total	44.827	108.416	92.709
PIB municipal	4.489.000	2.827.000	3.670.000
% del PIB municipal	1.00%	3.84%	2.53%

Tabla 4: Comparación de la valoración de los servicios ecosistémicos seleccionados y los ingresos municipales totales y los ingresos tributarios locales de los municipios de Tunja, Duitama y Sogamoso. Cifras en millones de pesos colombianos/año.

Municipio	Ingresos municipales totales 2022	Ingresos por impuestos locales 2022	Cantidad de agua			Calidad de agua				
			Mantenimiento de suministro de agua / caudales bajos	Proporción de servicios ecosistémicos %		Remoción de N	Remoción de P	Retención de sedimentos	Proporción de servicios ecosistémicos %	
				Ingresos municipales	Ingresos por impuestos locales				Ingresos municipales	Ingresos por impuestos locales
Tunja	\$361.504	\$172.304	\$39.523,29	10.9%	22.9%	\$328	\$347	\$3.846	1.3%	2.6%
Duitama	\$202.530	\$53.891	\$60.124,78	29.7%	111.6%	\$10.337	\$29.076	\$7.497	23.2%	87.0%
Sogamoso	\$222.749	\$69.224	\$61.153,48	27.5%	88.3%	\$7.100	\$22.812	NA	13.4%	43.2%

Nota: Cifras en pesos colombianos (COP) a 2022.



Desarrollo de capacidades

La adopción del SCAE-CE en los sistemas de cuentas nacionales es un esfuerzo a largo plazo que requiere fomentar la cooperación interdisciplinaria e interinstitucional, así como fortalecer la capacidad técnica para su implementación efectiva. En este proyecto, nuestro enfoque para el desarrollo de capacidades fue servir de puente entre los responsables de la formulación de políticas —en este caso, los esfuerzos del DNP para implementar el CONPES 4050—, el DANE, los proveedores de datos, y otras entidades gubernamentales y actores sociales. El proyecto promovió una serie de discusiones técnicas con entidades relevantes para la adopción del SCAE-CE con el fin de desarrollar conjuntamente avances metodológicos específicos. Al adherirse a los principios del SCAE-CE e incorporar la perspectiva de los usuarios de la información como en DNP (centrándose en el CONPES y los sectores de Tunja,

Duitama y Sogamoso que se benefician de las áreas naturales protegidas), el equipo generó importantes perspectivas y compartió el entendimiento entre las instituciones involucradas en el esfuerzo.

Los desarrollos conjuntos específicos para el avance del SCAE-CE en Colombia, derivados de este trabajo, incluyen procesos clave y recomendaciones para la participación, con el fin de identificar posibles beneficiarios, métodos para validar los servicios ecosistémicos, métodos de valoración y cadenas lógicas documentadas que incluyen ecosistemas, impulsores, métricas, usuarios y beneficiarios. Estos avances son relevantes para su inclusión en futuros planes de estudio en universidades locales y, de forma más amplia, en la comunidad internacional de práctica de la contabilidad del capital natural, con el fin de promover la adopción de estos enfoques.

Resultados

Implicaciones políticas y financieras y vías para la integración de enfoques de capital natural

Contribuciones a la aplicación del SCAE-CE en el diseño de políticas

Uno de los principales beneficios de utilizar el marco del SCAE-CE para el proyecto es que se logran mayor legitimidad, reproducibilidad e integración intersectorial.

Cuantificar las contribuciones de las áreas protegidas a los municipios de Tunja, Duitama y Sogamoso no constituye un ejercicio de contabilidad ecosistémica nacional, al menos no a la escala de las cuentas nacionales que el DANE está evaluando y desarrollando. Más que la contabilidad en sí, la evaluación de la contribución de las áreas protegidas a los diferentes municipios busca establecer medidas financieras para preservar los beneficios de estas áreas. La adopción de los estándares del SCAE-CE y la validación de su uso por parte de los responsables de las políticas públicas puede contribuir a generar soluciones beneficiosas para todos.

Los servicios ecosistémicos, conceptualizados por primera vez hace más de cuatro décadas, se han desarrollado progresivamente a través de una amplia participación del mundo académico, el gobierno, profesionales y ONG. Durante estas cuatro décadas se han desarrollado posiblemente miles de evaluaciones de capital natural en países de todo el mundo. Colombia no ha sido la excepción, con múltiples evaluaciones realizadas (véase, por ejemplo, el Apéndice Técnico 7). Estas diversas evaluaciones han sido valiosas para reflejar la importancia de los ecosistemas en el país. Sin embargo, generalmente se han basado en diferentes conceptualizaciones, clasificaciones, terminologías y enfoques, lo que limita su reproducibilidad, replicabilidad, comparabilidad y, en última instancia, su conmensurabilidad. Estos aspectos en conjunto a menudo resultan en evaluaciones heterogéneas de los servicios ecosistémicos que limitan las posibilidades de establecer medidas como la adopción de mecanismos financieros o económicos. Estándares unificados

como el SCAE-CE mejoran la legitimidad y ayudan a establecer mecanismos de financiamiento aceptables.

Además, conceptualizaciones específicas, como la idea de que los servicios ecosistémicos deben ser utilizados por los beneficiarios para ser considerados un servicio, legitiman aún más estos instrumentos de financiamiento: en otras palabras, se debe identificar al menos un usuario. Esto a menudo implica conocer, vincular y trabajar con los usuarios potenciales del servicio ecosistémico para realizar una evaluación objetiva. Involucrar al usuario en la identificación del servicio también contribuye a fortalecer la legitimidad de las políticas y el financiamiento.

Contribuciones al escalamiento del SCAE-CE en Colombia

Este proyecto desarrolló una serie de flujos de trabajo novedosos para caracterizar y valorar los flujos de servicios ecosistémicos, alineados con los estándares y la formulación de políticas del SCAE-CE en el contexto colombiano. El proyecto demostró cómo integrar eficazmente los datos disponibles localmente, los modelos biofísicos y las técnicas de valoración económica para avanzar en la implementación de las Cuentas 3 y 4 del SCAE-CE en Colombia.

Una de las contribuciones conceptuales fue la identificación de líneas base de contabilidad ecosistémica²⁰ para varios servicios ecosistémicos hídricos en el contexto colombiano. Las líneas base constituyen una innovación importante dentro del marco del SCAE-CE pues ayudan a establecer valores de referencia con los que es posible comparar los cambios en la provisión de servicios ecosistémicos a lo largo del tiempo. Se desarrollaron líneas de modelado y criterios específicos que deberían permitir replicar esta cuantificación de líneas base y la atribución de los efectos de los ecosistemas sobre los beneficios percibidos, separándolos de los procesos abióticos.

El proyecto también demuestra la implementación modular y progresiva de las cuentas de flujo de servicios ecosistémicos del SCAE, considerando las prioridades políticas sectoriales y subnacionales.

El equipo validó las necesidades de datos y las capacidades requeridas para evaluar varios servicios ecosistémicos clave. Como parte del proceso de adaptación del SCAE-CE al contexto colombiano, el proyecto también revisó numerosos estudios previos sobre la valoración de servicios ecosistémicos en Colombia (véase el Apéndice Técnico 7). Estos estudios demuestran que Colombia ya cuenta con una alta capacidad y un notable conocimiento de estos enfoques y valoraciones del capital natural y que estos sientan las bases para valorar los beneficios sociales y económicos de las áreas protegidas.

Contribuciones para el diseño de mecanismos de compensación para el CONPES 4050

El análisis del valor de los servicios ecosistémicos destaca las conexiones entre las áreas protegidas, los ecosistemas naturales y los múltiples beneficios percibidos en los diferentes sectores de los municipios evaluados.

Nuestra comparación del valor económico de los servicios ecosistémicos con respecto al PIB municipal revela su papel estratégico en las economías locales. Frente al PIB, los flujos de servicios ecosistémicos representan un valor económico significativo en comparación con la actividad económica de los municipios, especialmente en Duitama, donde alcanzaron el 3,84 % del PIB municipal total en 2023. En Sogamoso, el valor económico de los servicios equivale al 2,53 % y en Tunja, al 1 % del PIB municipal. Estos valores subrayan la importancia de los servicios ecosistémicos en la economía local, en particular para los sectores agrícola, doméstico e industrial.

El estudio proporciona una estimación de la dependencia económica de los sectores en municipios de alta complejidad con respecto a los servicios prestados por las áreas protegidas, lo que permite diseñar esquemas de financiamiento innovadores. El mantenimiento de caudales bajos, en particular, destaca en el suministro de agua para múltiples sectores económicos, mientras que la retención de nutrientes también es importante para reducir los

20 La mayoría de los estudios de valoración en Colombia se realizó antes de la formulación del SCAE-CE. Un resultado importante de esta revisión es comprender que, en varios casos, se han adoptado enfoques metodológicos y conceptuales que no son compatibles con las recientes estandarizaciones y mejoras adoptadas por el SCAE. Por ejemplo, para cuantificar los servicios ecosistémicos y garantizar su comparabilidad a lo largo del tiempo, el SCAE-CE desarrolló el concepto de línea base. Esta corresponde a un nivel de referencia del estado del ecosistema que generará el nivel mínimo posible de prestación de servicios.



costos asociados con el tratamiento del agua. En municipios como Duitama, donde ambos servicios representan una proporción significativa del PIB, la conservación de áreas protegidas surge como una inversión clave para sostener la actividad económica. La integración de los valores de los servicios ecosistémicos en las cuentas económicas locales apoyaría la generación de esquemas de financiamiento innovadores para la gestión de las áreas protegidas. A medida que se cuantifiquen y valoren económicamente más flujos de servicios ecosistémicos, los esquemas de compensación podrán adaptarse.

Los resultados de este proyecto constituyen un hito en la adopción de la hoja de ruta CONPES 4050, cumpliendo un requisito previo para el diseño de un mecanismo de compensación financiera. La cuantificación de los beneficios económicos provenientes de las áreas protegidas para sectores económicos estratégicos en una geografía objetivo proporciona valores de referencia concretos para el flujo de beneficios percibidos actualmente por los usuarios de los servicios ecosistémicos. Más importante aún, ofrece una atribución distribuida espacialmente de dichos beneficios a las unidades de paisaje, lo que facilita una comprensión más clara de cómo diseñar mecanismos de pago, ayudando a identificar cuánto, dónde y a quién debe destinarse la compensación.

Como se ha demostrado, la capacidad de las áreas protegidas para mantener las condiciones locales de las cuencas hidrográficas, reducir la erosión del suelo y mantener la funcionalidad hidrológica de la vegetación nativa del páramo constituye una estrategia clave para la seguridad de los sectores dependientes del agua. Se pueden implementar instrumentos económicos como los pagos por servicios ecosistémicos y la inversión ambiental específica en tarifas de agua para internalizar los costos de mantenimiento y mejora de las condiciones de las cuencas hidrográficas, mejorando así el mandato y la gestión de las áreas protegidas.

La expansión de las aplicaciones basadas en el SCAE-CE

El DANE es la institución que lidera la adopción de la contabilidad de ecosistemas bajo el SCAE-CE a nivel nacional. Como parte de este proceso, el DANE continuará definiendo la hoja de ruta de implementación, incluyendo la selección de las

cuentas del SCAE-CE que se evaluarán, la priorización de los servicios ecosistémicos, las unidades espaciales de análisis, las metodologías, las fuentes de información y la frecuencia de las evaluaciones. En este sentido, si bien el objetivo de este trabajo no fue estrictamente realizar un ejercicio de contabilidad bajo el SCAE-CE, sí proporciona una serie de lecciones aprendidas. Por esta razón, puede ser útil para el DANE monitorear de cerca estos ejercicios, ya que pueden servir como referencia para la toma de decisiones respecto a la implementación del SCAE-CE en Colombia.

Este estudio muestra otros ejemplos de cómo diferentes entidades pueden contribuir a la implementación del SCAE-CE. Por ejemplo, la Unidad Administrativa Especial de Parques Nacionales Naturales Protegidos de Colombia (Parques Nacionales), como administradora de áreas protegidas, se encuentra en una posición privilegiada para impulsar la valoración de los servicios ecosistémicos culturales, como el ecoturismo y las actividades recreativas. Fortalecer las habilidades del personal en la recopilación de datos y la participación de las partes interesadas ayudaría a maximizar este potencial. Esto incluye la recopilación de información detallada de los participantes en las cadenas de valor del turismo, como operadores turísticos, empresas locales y visitantes, para cuantificar los beneficios económicos derivados de las áreas protegidas. Los Parques Nacionales pueden fortalecer sus capacidades para implementar encuestas y estudios de gastos de los visitantes, lo que permitirá una comprensión sólida de las contribuciones económicas del turismo.

Además, al incorporar herramientas de análisis espacial como los SIG (Sistemas de Información Geográfica), el personal podría cartografiar los servicios culturales que ofrece cada área protegida, vinculándolos con las iniciativas de conservación. El desarrollo de capacidades en técnicas de valoración económica garantizará la integración de los servicios ecosistémicos culturales en evaluaciones más amplias del SCAE-CE, lo que facilitará la toma de decisiones informada y el apoyo a las prácticas de turismo sostenible. El diálogo entre las entidades que diseñan o implementan políticas estratégicas, como el caso del DNP con el CONPES 4050, es un insumo clave para el enfoque del DANE de una implementación modular del SCAE-CE en Colombia. Por lo tanto, es fundamental que el DNP y otras entidades con misiones similares

sigan avanzando en paralelo con la adopción de estos procesos.

Los actores de la sociedad civil también son relevantes para impulsar estos esfuerzos. Por ejemplo, USOCHICAMOCHA, una asociación de usuarios de agua del embalse La Copa, ya mantiene datos significativos sobre el consumo de agua en el sector agrícola y los impactos de los cambios en la oferta de agua en la productividad agrícola, lo que proporciona una base sólida para avanzar en el proceso de valoración de los servicios ecosistémicos. Sin embargo, el desarrollo de habilidades y capacidades adicionales permitiría ampliar y mejorar la aplicación del marco del SCAE-CE. Realizar encuestas periódicas sobre tecnologías de producción y uso del agua entre diferentes tipos de usuarios permitirá comprender mejor la dependencia económica del distrito de riego. Estas encuestas destacarán el papel de las áreas protegidas en el mantenimiento del suministro de agua, ya que contribuyen a la funcionalidad hidrológica del distrito de riego. Además, el rol de USOCHICAMOCHA como administrador de los recursos hídricos requiere habilidades avanzadas de gestión y análisis de datos para procesar e interpretar la información sobre la disponibilidad, los usos y los costos del agua. El fortalecimiento de sus capacidades en métodos de valoración económica permitirá comunicar mejor la importancia de los servicios ecosistémicos relacionados con el agua a las partes interesadas, proporcionando evidencia sólida para las inversiones en conservación y las decisiones políticas.

Como autoridad ambiental regional, CORPOBOYACÁ posee datos robustos sobre el estado actual de los ecosistemas, incluyendo la biodiversidad, la cobertura terrestre y sus condiciones. El SCAE-CE ofrece la oportunidad de adoptar estrategias innovadoras para la colaboración con sectores productivos como la agricultura, la industria y el turismo, que son beneficiarios clave de los servicios ecosistémicos. Para abordar este tema, CORPOBOYACÁ necesita fortalecer su capacidad de coordinación intersectorial e integración de datos. El desarrollo de habilidades en metodologías de valoración económica le permitirá

evaluar los beneficios económicos de los servicios ecosistémicos y destacar su contribución a las economías regionales. La alineación de sus esfuerzos de monitoreo de ecosistemas con el marco del SCAE-CE también mejorará la capacidad de CORPOBOYACÁ para incluir explícitamente los valores de los servicios ecosistémicos en las cuentas ambientales.

Los municipios de Tunja, Duitama y Sogamoso, como entidades político-administrativas, tienen la potencialidad de implementar sistemas de contabilidad ecosistémica como el SCAE-CE. Esto no sólo contribuirá a la conservación de los ecosistemas, sino a lograr un desarrollo sostenible desde los territorios locales. No obstante, para alcanzar dicha meta, es pertinente continuar avanzando en distintos aspectos. Por una parte, es clave la recopilación, monitoreo y estructuración de información asociada a los servicios ecosistémicos y a los usuarios. Igualmente, podrían fortalecer las distintas secretarías (i. e., agricultura, ambiente, planeación, etc.) para incorporar procesos de cuantificación y valoración de los servicios ecosistémicos. Así mismo, resultan estratégicas para lograr gana-gana mediante la construcción de alianzas con otras organizaciones ya sea de tipo institucional a otros niveles, como es el caso de CORPOBOYACÁ, o entidades sectoriales como USOCHICAMOCHA.





Estrategia de implementación

Para impulsar la implementación de los mecanismos de compensación propuestos en este trabajo y descritos en el CONPES 4050, el DNP ha planificado dos vías para aplicar aún más los hallazgos actuales:

1

Diseñar el mecanismo de compensación para los municipios de Tunja, Duitama y Sogamoso. Complementario al presente estudio, el DNP ha realizado una serie de estimaciones de los costos fiscales y económicos asociados con la protección de la naturaleza dentro del SINAP. Al integrar estos hallazgos y comparar los beneficios y costos de la protección aquí presentados, se pueden diseñar nuevos mecanismos financieros e institucionales (o refinar los existentes) para crear esquemas de financiamiento sostenibles que conecten a los proveedores y beneficiarios de servicios ecosistémicos. Este enfoque integral, que vincula la oferta y la utilización, puede garantizar que las iniciativas de protección sean económicamente viables para los beneficiarios y las entidades que asumen los costos, y que cuenten con el respaldo de estructuras institucionales y de gestión adecuadas.

2

Expandir la aplicación a otros municipios de alta complejidad. El análisis biofísico de la prestación de servicios ecosistémicos desarrollado en el presente estudio abarca una extensa área de los Andes nororientales colombianos y puede aplicarse fácilmente a otros municipios para adaptarse a otros contextos ecológicos y económicos específicos, ampliando así el impacto y la aplicabilidad de nuestros hallazgos. Un enfoque modular también puede permitir el diseño de mecanismos de compensación a mayor escala que exploren la coordinación entre municipios para potenciar el impacto de la financiación de la biodiversidad.

Aprendizajes y recomendaciones

Si bien la evaluación y la posible implementación del SCAE-CE en Colombia están a cargo del DANE, se han realizado esfuerzos para establecer sinergias institucionales con el DNP. En este sentido, resulta útil recopilar reflexiones y lecciones aprendidas de la cuantificación de la contribución de las áreas naturales protegidas a los municipios de Tunja, Duitama y Sogamoso.

Estas reflexiones y lecciones aprendidas se pueden organizar en tres bloques: i) metodológico, que responde a preguntas como cómo refinar los métodos; asimilar principios, conceptos y definiciones; evaluar la disponibilidad y las brechas de datos, y priorizar las evaluaciones de acuerdo con los conceptos y principios

del SCAE-CE; ii) viabilidad, que aborda aspectos esenciales para la aplicación del SCAE-CE a nivel nacional y dentro del propio marco; y iii) necesidades de capacidad y coordinación interinstitucional.

Aspectos metodológicos

El marco del SCAE-CE pone énfasis en los beneficiarios de los servicios ecosistémicos. Este enfoque requiere una descripción exhaustiva que vaya más allá de la estimación biofísica de la provisión de servicios ecosistémicos e incluya factores sociales, tecnológicos y regulatorios para cuantificar dichos servicios. Por ejemplo, la regulación vigente que limita (y en algunos

casos prohíbe) la descarga de los sedimentos a través de los embalses influye en el valor real del servicio ecosistémico de retención de sedimentos.

La atribución objetiva de los flujos de beneficios a usuarios específicos es clave para facilitar tanto la aplicabilidad como la equidad en el diseño de los instrumentos de compensación financiera. Por ejemplo, las áreas naturales que contribuyen a la reducción de sedimentos que llegan al embalse La Copa benefician simultáneamente a los sectores doméstico, agrícola y de generación de energía. Además, dentro de estos sectores no todos los beneficiarios pertenecen a los municipios de interés, es decir, Tunja, Duitama y Sogamoso. Esta situación implica que la utilización de los servicios ecosistémicos depende de las interacciones espaciales transversales a los sectores y las jurisdicciones administrativas de los municipios. En este proyecto, estas subdivisiones se asignaron proporcionalmente a la extracción de agua de cada sector. En casos como el sector agrícola, se ponderaron también en función de la proporción del área de servicios que incluye infraestructura de riego. Sin embargo, dada la naturaleza multifacética de los flujos de servicios ecosistémicos entre usuarios y beneficiarios, en algunos casos, para facilitar la implementación práctica de los esquemas de financiamiento, la atribución requerirá mayor validación y diálogo entre las partes interesadas.

Aspectos de viabilidad

La colaboración de los beneficiarios es clave para una evaluación objetiva; sin embargo, este apoyo no siempre está garantizado. Por ejemplo, en este proyecto, si bien se obtuvo la colaboración de varios usuarios potenciales de servicios ecosistémicos, no todos los intentos tuvieron éxito. Algunos usuarios potenciales nunca respondieron a las solicitudes de reunión, y otros, a pesar de ofrecer información inicialmente, nunca la proporcionaron a pesar de los múltiples recordatorios. Esta situación afecta la precisión de los resultados y la verificación de la existencia del flujo del servicio ecosistémico. Es decir, la colaboración de los beneficiarios puede, en algunos casos, determinar el resultado de la evaluación de los servicios ecosistémicos.

El acceso a la información también juega un papel clave en la viabilidad de las evaluaciones de servicios ecosistémicos. En muchos casos, la información

necesaria y su custodia para ciertas evaluaciones son gestionadas por entidades nacionales. Sin embargo, a pesar de las múltiples solicitudes a dichas entidades, la información no siempre se proporcionó. Por lo tanto, garantizar la viabilidad de estas evaluaciones requiere el apoyo de diversas instituciones nacionales que producen y gestionan información ambiental. Dos aspectos son cruciales en este contexto: (1) identificar información estratégica a nivel nacional, regional y municipal para realizar evaluaciones de servicios ecosistémicos, y (2) establecer alianzas interinstitucionales para garantizar la disponibilidad oportuna de dicha información.

Necesidades de desarrollo de capacidades

Para replicar, reproducir y escalar este tipo de evaluación, es importante que Colombia continúe fortaleciendo ciertas capacidades. Estas son esenciales no solo para realizar estos ejercicios de manera rigurosa, sino también eficiente. En este sentido, los siguientes aspectos son clave:

Coordinación interinstitucional: muchos de los insumos necesarios para aplicar el SCAE-CE ya existen en las instituciones colombianas. Esto incluye elementos como información ambiental o socioeconómica, conocimiento y bases de datos sectoriales para diferentes tipos de posibles beneficiarios. Por lo tanto, el desarrollo de capacidades puede centrarse en la coordinación de las distintas entidades que conforman el Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC). La representación de los diferentes sectores económicos es crucial, incluyendo:

- Facilitar la colaboración intersectorial para garantizar el flujo de información entre las entidades públicas, las autoridades ambientales y los sectores productivos.
- Abordar las barreras institucionales, como la limitación de recursos, las limitaciones de personal y la falta de herramientas para la interoperabilidad, mediante la promoción de mecanismos de financiación innovadores, programas de desarrollo de capacidades y apoyo a las políticas.

Capacitación profesional: la evaluación y la valoración de los servicios ecosistémicos requieren competencias profesionales en múltiples dimensiones. Si bien el país y las instituciones responsables de estas actividades



cuentan con profesionales con sólida formación, puede ser beneficioso fortalecer ciertas competencias en áreas específicas, como:

- Desarrollo de currículos para fomentar la comprensión compartida de los servicios ecosistémicos, sus definiciones y su papel en el apoyo a las economías locales y regionales.
- Modelado biofísico, para mejorar el conocimiento de los fenómenos representados a través de herramientas de modelado, así como de los diversos tipos de software (esto es particularmente importante).
- Habilidades en métodos de valoración económica y ambiental, que permitan a las partes interesadas evaluar eficazmente los flujos de servicios ecosistémicos y sus contribuciones.
- Recopilación y análisis de datos, incluyendo técnicas como encuestas a las partes interesadas, mapeo SIG e integración de conjuntos de datos ambientales y económicos.

Institucionalización en la generación de productos:

la contabilidad ecosistémica se basa en información generada por diversas entidades. Sin embargo, en muchos casos existen múltiples fuentes de información. Esto puede influir en los resultados de la contabilidad ecosistémica. Por ejemplo, la evaluación de un servicio ecosistémico específico podría permitir el uso del Mapa de Cobertura Terrestre o del Mapa Nacional de Ecosistemas. No obstante, la elección entre estas fuentes puede, a su vez, afectar el resultado, resultando en una mayor o menor valoración del servicio ecosistémico según el caso. Por esta razón, es importante definir e institucionalizar no solo las metodologías, sino también las fuentes de información en las que se basan. Esto puede incluir aspectos como la fuente, la escala y la frecuencia, entre otros.

Adopción por parte de las entidades locales: la aplicación del SCAE-CE también tiene un potencial significativo para fundamentar la toma de decisiones en los tres municipios, integrando consideraciones económicas y ambientales. Sin embargo, su aplicación completa enfrenta varios desafíos. En primer lugar, el sistema requiere un amplio conjunto de habilidades técnicas y analíticas entre los funcionarios de las diversas oficinas municipales. Estas habilidades incluyen el análisis de datos espaciales, así como la modelación económica, elementos que a menudo

están ausentes o son limitados entre el personal del gobierno local. La asimilación efectiva del SCAE-CE depende del acceso a conjuntos de datos completos, como información sobre usuarios, creación de valor económico, condiciones de los ecosistemas y flujos de servicios, que no están fácilmente disponibles para los municipios ni las agencias ambientales debido a la limitada infraestructura de datos o a la fragmentación de los sistemas de información.

Además, estos desafíos se ven agravados por la carga de trabajo existente de los funcionarios municipales, quienes ya son responsables de una amplia gama de tareas, lo que deja poco espacio para nuevas iniciativas que requieren muchos recursos. Esta situación se ve exacerbada por presupuestos limitados que restringen la contratación de nuevo personal o la adquisición de herramientas y tecnología avanzadas necesarias para la plena implementación del SCAE-CE. Abordar estas barreras requiere el desarrollo estratégico de capacidades, la asignación de fondos y el apoyo institucional para subsanar las deficiencias en habilidades, datos y recursos, más allá de las limitaciones presupuestarias institucionales actuales. Para abordar estas limitaciones, los municipios requerirán un enfoque modular para el desarrollo y la adopción progresivos del SCAE, centrado en las prioridades y capacidades locales.

Los resultados de este proyecto demuestran el papel de los enfoques de capital natural al proporcionar un marco común para integrar los objetivos ambientales, económicos y sociales, y la coordinación necesaria a nivel institucional, sectorial y estratégico para alcanzar los objetivos de las políticas en Colombia. Al destacar estas interdependencias entre la naturaleza, el bienestar social y la actividad económica, así como entre instituciones, el estudio constituye una contribución clave para la adopción de mecanismos de financiación novedosos y legítimos para la protección de la naturaleza basados en la responsabilidad compartida.

Lea más y acceda a los apéndices del informe en la página del proyecto: <https://bit.ly/3PsColombia>.



DOI: [10.18235/0013736](https://doi.org/10.18235/0013736)

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2025 Banco Interamericano de Desarrollo ("BID"). Esta obra está sujeta a una licencia Creative Commons CC BY 3.0 IGO (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo/legalcode>). Se deben cumplir los términos y condiciones indicados en el enlace URL y se debe otorgar el reconocimiento correspondiente al BID.

De conformidad con la sección 8 de la licencia mencionada, cualquier mediación relacionada con las disputas que surjan en virtud de dicha licencia se llevará a cabo de conformidad con el Reglamento de Mediación de la OMPI. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con el Reglamento de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional (CNUDMI). El uso del nombre del BID para cualquier propósito que no sea la atribución, así como el uso del logotipo del BID, estarán sujetos a un acuerdo de licencia escrito por separado entre el BID y el usuario y no están autorizados como parte de esta licencia. Tenga en cuenta que el enlace URL incluye términos y condiciones que forman parte integral de esta licencia.

Las opiniones expresadas en este trabajo son las de los autores y no reflejan necesariamente las del Banco Interamericano de Desarrollo, su Directorio Ejecutivo ni los países que representan.

