

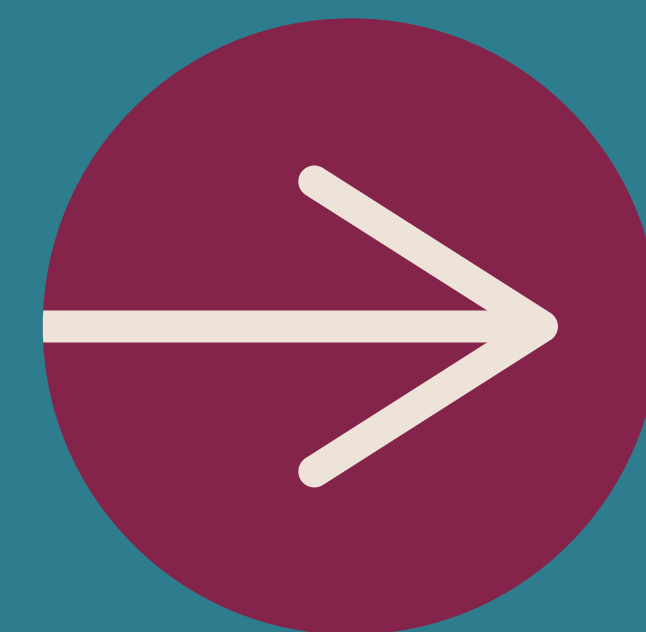


ESTRATEGIA DE RETENCIÓN HÍDRICA

SEPTIEMBRE,
2025.

ESTRATEGIA DE RETENCIÓN HÍDRICA

Asociación Parque Cordillera



Estrategia de Retención Hídrica

**EQUIPO
PROYECTO**



COORDINADOR GENERAL DE PROYECTO

Sebastián Divin Larraín

Ing. Agrónomo
sebastiandivinl@gmail.com
+569 9328 7126
<https://www.linkedin.com/in/sebastian-divin-larra%C3%ADn-579303a6/>

ARQUITECTURA

SIZU

Sebastián Silva Zunza

Arquitecto
sebastian@sizu.cl
+ 569 4091 0542

ESTUDIO VALENTINA CARO

Valentina Caro Beveridge

Arquitecta del paisaje
estudiovalentinacar@gmail.com
+569 9221 3648
@estudiovalentinacar
www.valentinacarolandscap.com

LBC CONSULTORES AMBIENTALES

LBC

<https://lbconservation.org>
<https://www.linkedin.com/company/lbc-consultores-ambientales>

César Figueroa Calderón

Ing. Forestal
cesar.figueroa@lbconservation.org
+569 3235 1644

Álvaro Escobar Jackson

Ing. Forestal
alvaro.escobar@lbconservation.org
+569 4758 3694

David Vásquez Stuardo

Ing. Agrónomo
david.vasquez@lbconservation.org
+569 7614 4324

TELEDETECCIÓN Y DESARROLLO DE APLICACIONES

BOREAL AUSTRAL

Andrés Salazar Estay

Ing. Agrónomo
andres@borealaustral.cl
+569 5661 0136
<https://www.linkedin.com/in/andres-salazar-esta>
<https://borealaustral.cl/>

SOCIOLOGÍA

Rodrigo Warner Villagrán

Sociólogo
rodrigowarner@gmail.com
+569 6647 5939
<https://www.linkedin.com/in/rodrigo-warner-villagr%C3%A1n-013a9722/>

CONTRAPARTE APC

ASOCIACIÓN PARQUE CORDILLERA

Santiago Flores Ferrés

Ing. Forestal
santiagoflores@asociacionparquecordillera.cl
+569 9789 7881
<https://www.linkedin.com/in/santiago-flores-ferr%C3%A9s-80ab70a/>



Asociación Parque Cordillera

ESTRATEGIA DE RETENCIÓN HÍDRICA

Impulsado y financiado por
Aguas Andinas S.A.

EDITORES

LBC Consultores Ambientales

DISEÑO Y PRODUCCIÓN GRÁFICA

Florencia Caro y Valentina Caro

Cómo citar este documento

LBC Consultores Ambientales (Editores). (2025). Estrategia de Retención Hídrica. Santiago, Chile.

Se agradece la reproducción y divulgación de los contenidos de este documento (a excepción de las imágenes, propiedad de sus autores) en cualquier tipo de medio, siempre y cuando se cite expresamente la fuente.

Agua.

*“...Quiero volver a tierras niñas;
llévenme a un blando país de aguas.
En grandes pastos envejezca
y haga al río fábula y fábula.
Tenga una fuente por mi madre
y en la siesta salga a buscarla,
y en jarras baje de una peña
un agua dulce, aguda y áspera...”*

Gabriela Mistral



PRÓLOGO

La zona central de Chile enfrenta una brecha hídrica estructural clara y creciente: la población aumenta, llueve cada vez menos y la superficie glaciar disminuye sostenidamente año a año. A esto se suma una condición geográfica singular: Chile es una franja angosta de más de 4.000 kilómetros de longitud, bordeada al este por la Cordillera de los Andes, un territorio que almacena precipitaciones y abastece de agua a los diversos ecosistemas y al desarrollo de los valles del país durante todo el año, a pesar de que la temporada pluvial se concentra en pocos meses.

Este contexto es único a nivel global, y lo es aún más si se considera que los ecosistemas mediterráneos —como el de la zona central de Chile— representan solo el 2% de la superficie terrestre, pero albergan cerca del 20% de la biodiversidad del planeta y al 9% de la población mundial, según estimaciones de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y del Critical Ecosystem Partnership Fund (CEPF). Esto ocurre porque las condiciones para sostener la vida —humana, vegetal, animal o fungi— son especialmente favorables en estos territorios.

De este diagnóstico se desprende que la eficiencia hídrica, la búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento, la profesionalización de la gobernanza del agua y, sobre todo, la mejora en la gestión del agua que efectivamente recibimos cada temporada, deben transformarse en prioridades estratégicas para el país. Cada una de estas líneas cumple un rol

complementario, pero solo esta última —la gestión del agua en el territorio— protege directamente el patrimonio natural de la cordillera. Y si esta se trabaja como un paisaje de retención hídrica, no solo protege su biodiversidad, sino que también resguarda a la población y a la economía frente a eventos extremos y a la desertificación en curso.

Este trabajo responde a esa visión: comenzar a modelar la geografía de forma que las aguas que precipitan cerro arriba —aunque en menor cantidad— puedan ser retenidas mediante soluciones basadas en la naturaleza. Estas prácticas, aunque ancestrales, combinadas con tecnologías contemporáneas, permiten suponer que cada día que pasa sin actuar es una oportunidad perdida para las futuras generaciones.

Sin tener todas las respuestas, y aunque algunos resultados hoy parezcan lejanos, tenemos la convicción de que este camino debe comenzar ahora. El tiempo apremia, pero el conocimiento y los recursos ya están al alcance para transformar esta visión en un proyecto concreto. Este documento es un primer paso firme hacia una nueva relación con nuestra geografía.

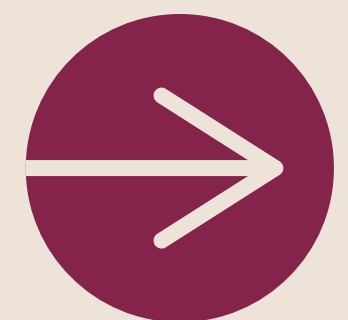
Agradecemos especialmente a Aguas Andinas por su compromiso y colaboración en el desarrollo de esta iniciativa, así como por su visión compartida sobre la importancia de una gestión hídrica sustentable para el futuro de Chile.

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

APC	Asociación Parque Cordillera
CAMELS-CL	Catchment Attributes and Meteorology for Large-sample Studies - Chile
CCG	Centro de Cambio Global (UC)
CDUC	Club Deportivo Universidad Católica
CEA	Centro de Ecología Aplicada
CNR	Comisión Nacional de Riego
CONAF	Corporación Nacional Forestal
DICTUC	Dirección de Investigaciones Científicas y Tecnológicas UC
EH2030	Escenarios Hídricos 2030
FSC	Forest Stewardship Council
METT	Management Effectiveness Tracking Tool
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
OCAS	Obras de Conservación de Agua y Suelo
PUC	Pontificia Universidad Católica de Chile
RRSS	Redes Sociales
SbN	Soluciones basadas en la Naturaleza
SIG	Sistema de Información Geográfica
TNC	The Nature Conservancy
TWI	Topographic Wetness Index
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

Estrategia de Retención Hídrica

**RESUMEN
EJECUTIVO**



Este informe presenta una estrategia integral de retención hídrica para la Asociación Parque Cordillera (APC) mediante Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), desarrollada para un área de 5.400 hectáreas ubicada en la precordillera de Las Condes. El objetivo central consiste en diseñar una estrategia de largo plazo que reduzca el desbalance hídrico de la Región Metropolitana y aumente la resiliencia territorial frente al cambio climático, posicionando a APC como referente en gestión hídrica y educación ambiental a escala metropolitana.

El área de estudio se caracteriza por un territorio montañoso con más del 90% de su superficie ubicada sobre los mil metros de altitud, presentando topografía compleja con altas pendientes y gran variabilidad en las exposiciones. Hidrográficamente pertenece a la subcuenca Mapocho Bajo, identificándose 14 hoyas hidrográficas dentro del área, siendo la hoya de Aguas de Ramón la más extensa con aproximadamente 3.500 hectáreas. Las condiciones climáticas locales revelan un patrón de crisis hídrica, que se manifiesta en una reducción progresiva de la cobertura de nieve entre 2000 y 2024 (-30%), disminución sostenida en las precipitaciones e incremento en la temperatura. Como consecuencia, se ha observado un deterioro de la vegetación —evidenciado por una tendencia decreciente en el NDVI durante la última década— y una reducción gradual y constante en el caudal de Aguas de Ramón.

La evaluación técnica identificó ocho medidas de SbN agrupadas en tres categorías principales: medidas naturales de intervención directa del suelo,

aumento y mejoramiento de la cobertura vegetal, y gestión para la conservación. El análisis de costo-efectividad mediante modelación económica e hidrológica determinó que el manejo y conservación forestal constituye la medida más costo-efectiva, mientras que las OCAS presentan un impacto hidrológico intermedio con costos de implementación bajos. El diagnóstico social reveló la importancia estratégica de los arrieros como actores territoriales, identificando la necesidad de desarrollar sistemas de trabajo colaborativo y programas de educación ambiental inmersiva para fortalecer la vinculación de usuarios con las problemáticas hídricas.

La estrategia propuesta se estructura en cinco ejes complementarios que incluyen investigación aplicada, gestión territorial actualizada, educación ambiental, gobernanza de datos y articulación de actores, reconociendo que el éxito de las SbN depende tanto de su fundamentación técnica como de su apropiación social y sostenibilidad institucional. La implementación exitosa requiere superar desafíos estructurales como la coordinación multisectorial y el desarrollo de sistemas confiables de medición, aprovechando oportunidades como el consenso transversal sobre la priorización del agua y la capacidad de articulación institucional de APC.

Estrategia de Retención Hídrica

ÍNDICE



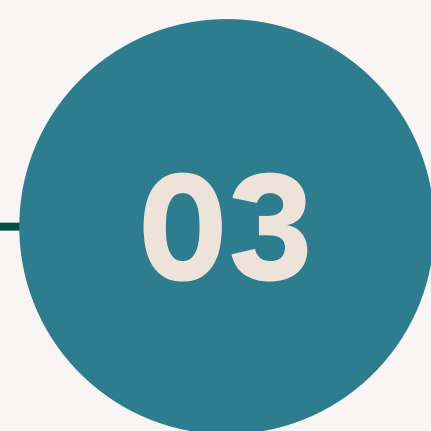
01	CONTEXTO Y PROBLEMÁTICA	1	
	1.1	Caracterización del Territorio	2
	1.2	Crisis Hídrica: Evidencia del Deterioro Ambiental	4
	1.3	Visión y Objetivos del Proyecto	6
	1.4	Capacidades Institucionales y Experiencia de APC	7
02	APROXIMACIÓN METODOLÓGICA	8	
	2.1	Análisis Técnico de Soluciones basadas en la Naturaleza	10
	2.2	Eje Social y de Gobernanza Territorial	11
	2.3	Taller Participativo	12
03	DIAGNÓSTICO INTEGRAL	13	
	3.1	Selección y evaluación de Soluciones basadas en la Naturaleza	15
	3.1.1	Selección de Soluciones basadas en la Naturaleza	15
	3.1.2	Análisis de costo efectividad	17
03	DIAGNÓSTICO INTEGRAL		
	3.2	Diagnóstico Social y de Gobernanza territorial	18
	3.2.1	Los Arrieros como Actores Estratégicos	19
	3.3	Taller Participativo: Hallazgos y oportunidades	20
04	ESTRATEGIAS DE SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA	22	
	4.1	Gestión para la conservación	24
	4.2	Gobernanza de datos	25
	4.3	Medidas naturales de intervención directa en el suelo	26
	4.4	Educación Ambiental	27
	4.5	Articulación de actores	28
05	ANEXOS	31	
	5.1	Casos de estudio relevantes considerados en el presente informe.	32
	5.2	Listado de SbN potenciales	35
	5.3	Resumen de entrevistas	38
	5.4	Atributos para zonificación	45
	5.5	Zonificación y obras de SbN	46
	5.6	Propuesta sendero educativo e imagen objetivo.	51



**CONTEXTO Y
PROBLEMÁTICA**



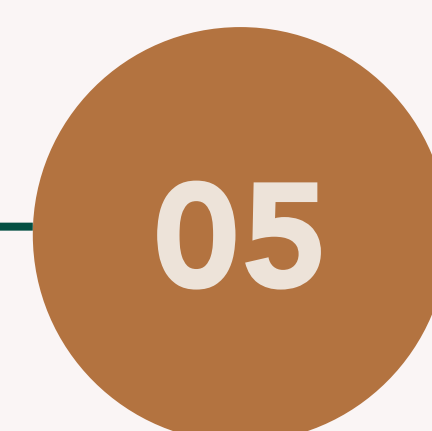
**APROXIMACIÓN
METODOLÓGICA**



**DIAGNÓSTICO
INTEGRAL**



**ESTRATEGIAS
DE SOLUCIONES
BASADAS EN LA
NATURALEZA**



ANEXOS

Capítulo 01.

CONTEXTO Y PROBLEMÁTICA

01

02

03

04

05

CONTEXTO Y PROBLEMÁTICA

1.1 Caracterización del Territorio

El área de estudio se localiza en la precordillera de Las Condes, abarcando 5.400 hectáreas con un gradiente altitudinal significativo desde los 800 hasta los 3.252 metros sobre el nivel del mar, destacando cumbres como el cerro Provincia (2.750m) y el cerro San Ramón (3.253m). Esta zona forma parte integral del Sitio Prioritario del Contrafuerte Cordillerano , reconocido tanto por los servicios ecosistémicos que provee a la ciudad ´de Santiago como por su función de puerta de entrada natural hacia la Cordillera de los Andes.

El territorio presenta características topográficas complejas, con más del 90% de su superficie ubicada sobre los mil metros de altitud, altas pendientes y gran variabilidad en las exposiciones debido a su relieve montañoso. Desde la perspectiva hidrográfica , pertenece a la subcuenca Mapocho Bajo, que forma parte de la cuenca máyor del río Maipo (Figura 1-1). El análisis detallado identificó 14 hoyas hidrográficas dentro del área, siendo la hoya de Aguas de Ramón la más extensa con aproximadamente 3.500 hectáreas.

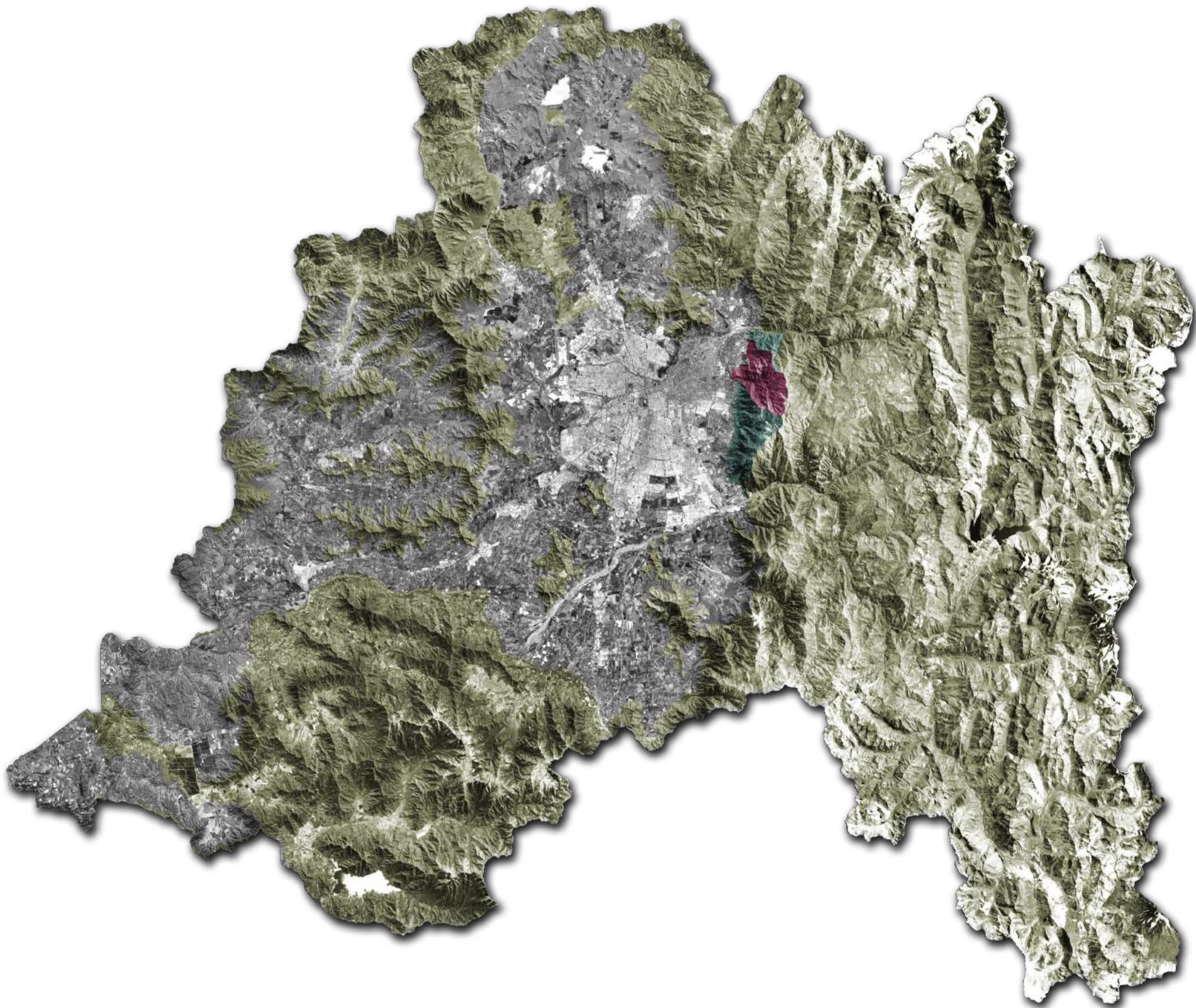


Figura 1-1. Subcuenca Mapocho, Región Metropolitana

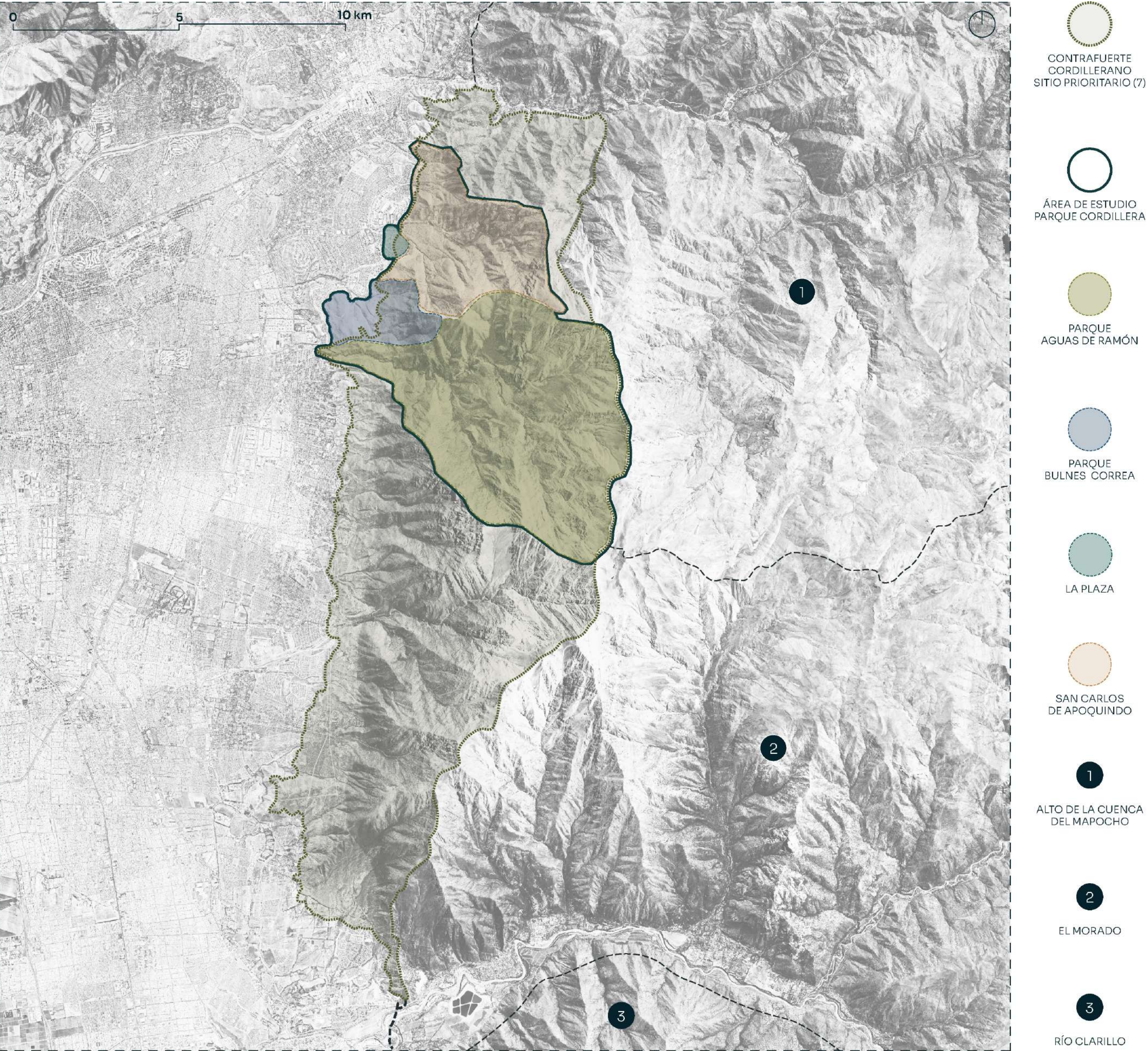
*En verde claro se destacan Los sitios prioritarios para la conservación de la RM; En verde esmeralda se destaca el contrafuerte cordillerano y en burdeo se destaca el área de estudio.

¹ El Contrafuerte Cordillerano forma parte de los 23 sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad identificados en la Región Metropolitana de Santiago, los cuales representan el 70% de la superficie total regional (1.076.088 hectáreas). Estos sitios prioritarios fueron definidos durante 2002-2003 mediante un proceso participativo coordinado por la ex-CONAMA RM e integrado por servicios públicos, empresas, propietarios, organizaciones no gubernamentales, académicos y otros miembros de la sociedad civil. El Contrafuerte Cordillerano, con una superficie de 13.351 hectáreas, cuenta con un Plan de Acción específico aprobado mediante Resolución Exenta N°392/2008 para el período 2005-2010, siendo uno de los 10 sitios prioritarios que dispone de este instrumento de planificación para la implementación de la Estrategia Regional para la Conservación de la Biodiversidad (GORE-RMS & SEREMI MMA RMS, 2013).

² <https://www.geoportal.cl/geoportal/catalog>.

Administrativamente, el área comprende seis lotes pertenecientes a diferentes propietarios ubicados en la zona rural de Las Condes, manteniendo una relación directa y visible con la mancha urbana santiaguina a lo largo de aproximadamente 26 kilómetros lineales entre los ríos Mapocho y Maipo (Figura 1-2).

Figura 1-2. Distribución y división administrativa del área de estudio.



3
Centro de Ecología Aplicada (CEA), 2022. Aplicación de metodologías de estrategias de conservación - Cuencas piloto de los ríos Maipo y Maule - Conservación y protección de los ecosistemas hídricos para el desarrollo del plan nacional de seguridad hídrica y en cuencas.

1.2

Crisis Hídrica: Evidencia del Deterioro Ambiental

El territorio enfrenta una crisis hídrica documentada que refleja los impactos del cambio climático a escala local. Los indicadores ambientales revelan un patrón consistente de deterioro que compromete la seguridad hídrica regional³. La cobertura de nieve ha experimentado una reducción progresiva del 30% durante el período 2000-2024, afectando directamente la disponibilidad hídrica estacional que alimenta los sistemas precordilleranos (Figura 1-3).

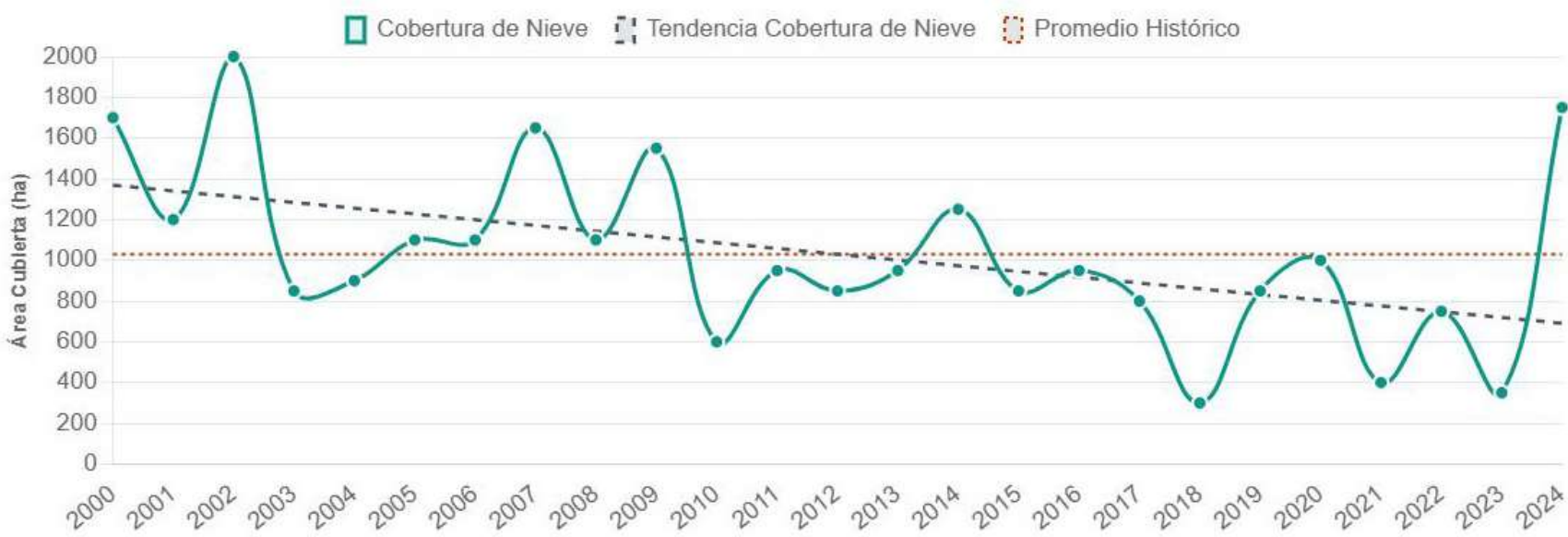


Figura 1-3. Área promedio cubierta de nieve en el área de estudio (2000-2024).
Fuente de Datos: Imágenes MODIS.

Las precipitaciones muestran un descenso sostenido en su régimen histórico (Figura 1-4), mientras que los registros de temperatura evidencian incrementos que aceleran los procesos de evapotranspiración y generan mayor estrés hídrico en los ecosistemas (Figura 1-5). Este fenómeno se manifiesta claramente en la vegetación nativa, donde el análisis del NDVI revela una tendencia decreciente en el vigor vegetacional durante la última década (Figura 1-6).

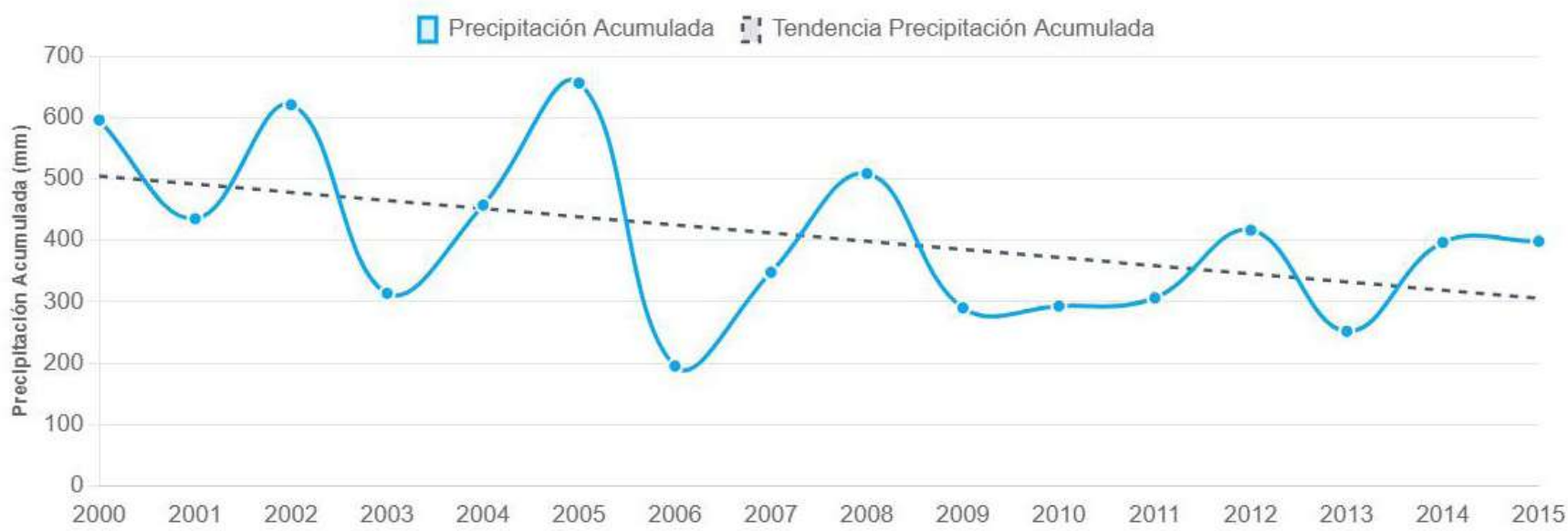


Figura 1-4. Precipitación acumulada anual.
Fuente de Datos: Estación Quebrada Ramón en Recinto Emos.

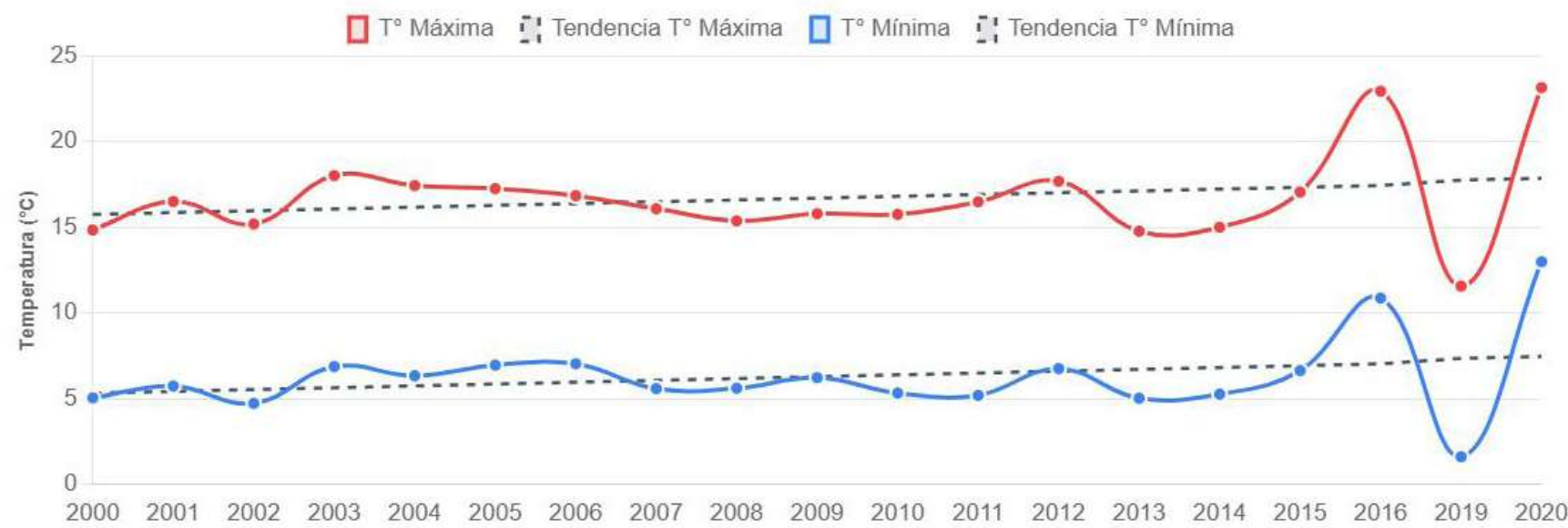


Figura 1-5. Temperatura mínima anual promedio y temperatura máxima anual promedio.
Fuente de Datos: Estación Quebrada de Ramón en Recinto Emos.

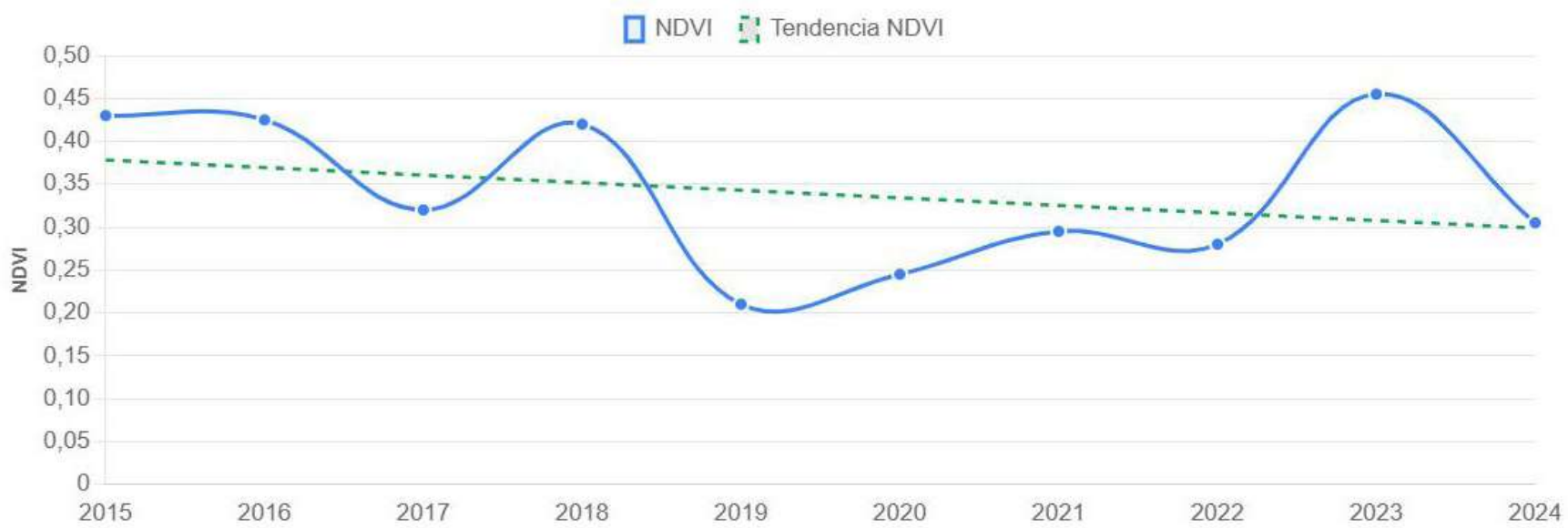


Figura 1-6. Tendencia de la mediana del NDVI dentro del área de estudio (2015-2024).
Fuente de Datos: Sentinel- 2.

El impacto de esta crisis se observa en la reducción del caudal de la Quebrada de Ramón, único curso de agua superficial permanente dentro del área de estudio, confirmada por datos históricos de la estación Quebrada de Ramón (Figura 1-7). Esta situación se enmarca en el contexto regional de déficit hídrico proyectado para la sección media y baja de la cuenca del río Maipo hasta 2050, convirtiendo al área en un caso crítico que requiere intervención urgente mediante enfoques innovadores de gestión hídrica.

4
Cabe señalar que se consultaron datos de la estación Quebrada de Ramón desde dos fuentes: CAMELS-CL (Alvarez-Garretón et al. (2018) (acceso público)), continuidad hasta 2015) y DICTUC (Estudio hidrológico de Fuentes Superficiales del Grupo Aguas (2022) (acceso privado), continuidad hasta 2021). Pese a provenir de la misma estación, ambas series presentan discrepancias significativas: CAMELS-CL registra valores máximos de ~0.70 m³/s en 2005-2006 con mayor variabilidad y fragmentación desde 2016, mientras que DICTUC muestra datos más consistentes con máximos de ~0.40 m³/s y una tendencia decreciente sostenida hasta 0.17 m³/s en 2019-2020. Aunque ambas series evidencian tendencias a la baja, las diferencias en magnitudes absolutas (CAMELS-CL supera hasta 75% los valores de DICTUC) pueden repercutir en la cuantificación de disponibilidad hídrica y decisiones de gestión, evidenciando la necesidad de un sistema único y estandarizado de toma y almacenamiento de datos hidrológicos.

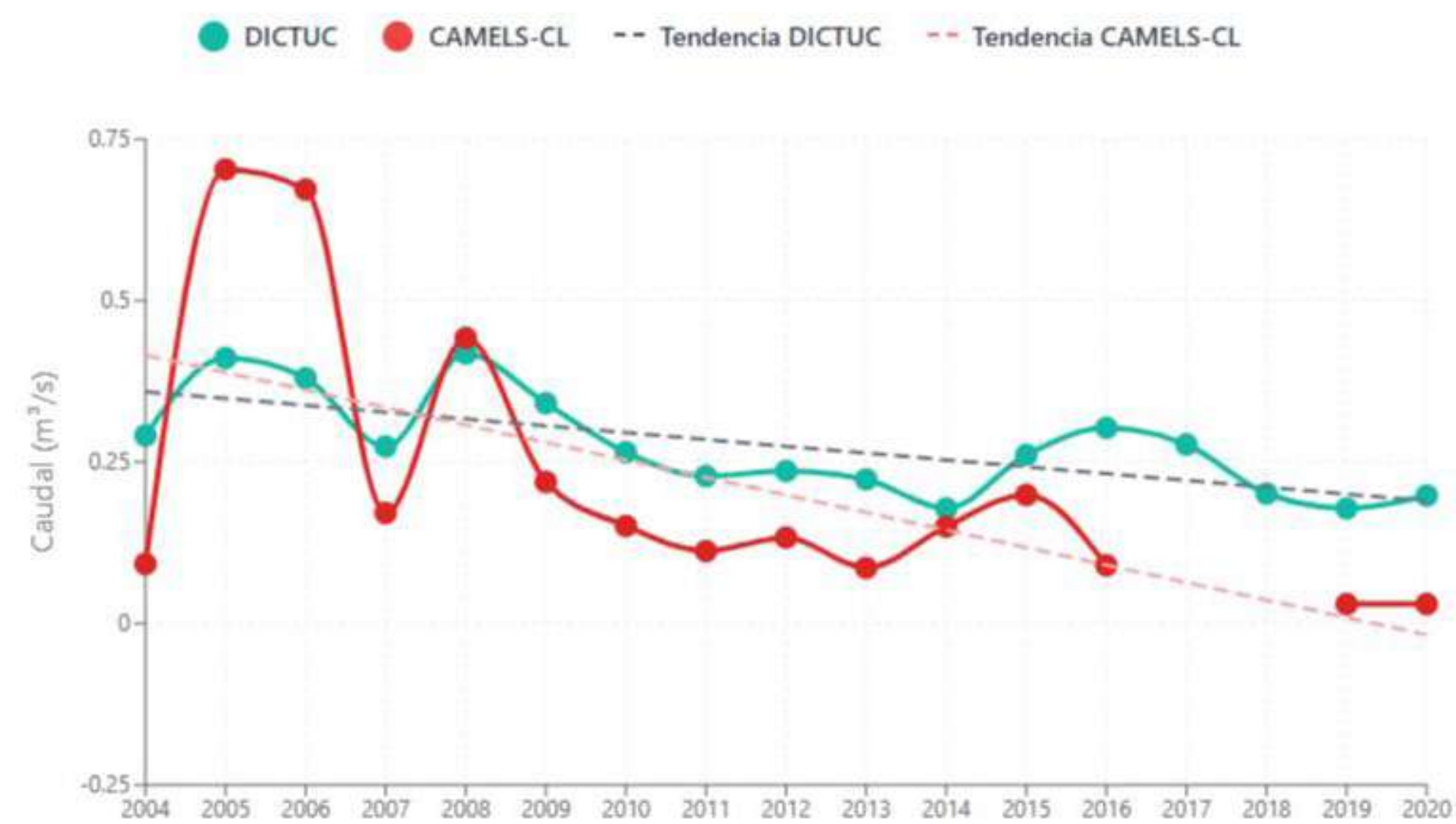


Figura 1-7. Caudal medio anual.
Fuente de Datos: Estación Quebrada de Ramón.

En este escenario, retener agua en la montaña se vuelve estratégico tanto para la seguridad hídrica urbana como para mitigar eventos extremos como aluviones, incendios y escasez estacional.

1.3

Visión y Objetivos del Proyecto

El proyecto busca consolidar la precordillera de Santiago como un espacio resiliente frente al cambio climático, donde las Soluciones basadas en la Naturaleza permitan restaurar y conservar la funcionalidad hídrica del ecosistema. Esta visión integral contempla garantizar seguridad hídrica, conservación de la biodiversidad y bienestar tanto para las comunidades locales como urbanas que dependen de estos servicios ecosistémicos, posicionando a la Asociación Parque Cordillera como referente en gestión hídrica y educación ambiental a escala metropolitana.

El objetivo central consiste en diseñar una estrategia de retención hídrica de largo plazo que utilice las SbN como eje articulador para reducir el desbalance hídrico de la Región Metropolitana y aumentar la resiliencia territorial.

1.4

Capacidades Institucionales y Experiencia de APC

La viabilidad de implementar una estrategia integral de retención hídrica se sustenta en las capacidades institucionales desarrolladas por APC a lo largo de su trayectoria en gestión territorial y educación ambiental. Con más de 27.000 hectáreas bajo administración en la Región Metropolitana, la organización ha acumulado experiencia en la gestión territorial a gran escala, lo que constituye una base para la implementación técnica de medidas y la articulación social requerida.

El desarrollo institucional de APC muestra un crecimiento progresivo: durante la última década ha expandido su cobertura de 3 a 9 parques habilitados en 2025, registrando más de 190.000 visitas anuales y manteniendo un programa de educación ambiental que atiende a más de 40.000 estudiantes al año. El Programa de Educación Ambiental al aire libre ha establecido la Red de Parques como una plataforma educativa, desarrollando infraestructuras especializadas y metodologías pedagógicas que pueden contribuir a la apropiación social de Soluciones basadas en la Naturaleza.

La organización ha desarrollado capacidades de gestión colaborativa, estableciendo vínculos con ministerios, universidades, fundaciones, empresas, municipios y comunidades locales. Esta experiencia en coordinación multi-sectorial proporciona un marco de referencia para implementar los esquemas de corresponsabilidad que requieren las SbN, considerando que la gestión hídrica demanda coordinación entre múltiples actores y escalas territoriales.

En términos de gestión territorial, APC ha acumulado conocimiento práctico sobre las dinámicas ecológicas, sociales y de uso del área precordillerana, evolucionando hacia una plataforma técnica con capacidades en conservación, educación y gobernanza territorial. No obstante, el marco de gestión actual data de 2006 (“Plan Maestro para la Conservación”), lo que indica la necesidad de actualización mediante estándares que incorporen los aprendizajes institucionales y los desafíos emergentes relacionados con la crisis hídrica y el cambio climático.

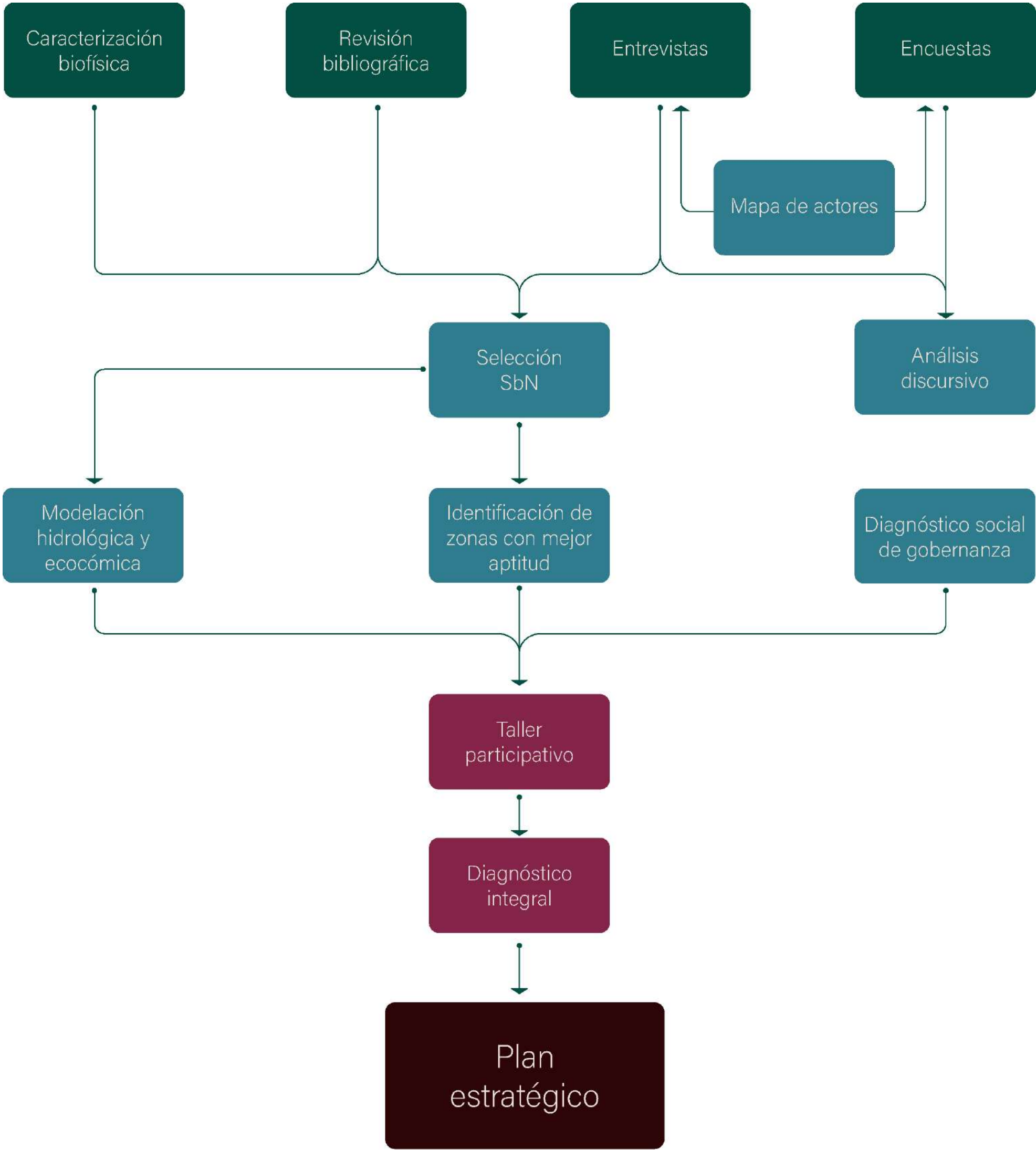
Capítulo 02.

APROXIMACIÓN METODOLÓGICA



APROXIMACIÓN METODOLÓGICA

La estrategia fue desarrollada mediante un enfoque integral que combina rigor técnico-científico con validación social participativa. Esta aproximación reconoce que las soluciones hídricas efectivas requieren tanto fundamentos científicos sólidos como legitimidad social para garantizar su implementación y sostenibilidad a largo plazo.



2.1

Análisis Técnico de Soluciones basadas en la Naturaleza

El análisis técnico se estructuró en tres fases consecutivas que permitieron una selección rigurosa de medidas aplicables al contexto precordillerano. La revisión bibliográfica inicial se basó en documentos marco nacionales e internacionales, incluyendo los Escenarios Hídricos 2030 de Fundación Chile,⁵ el manual de SbN para Chile desarrollado por The Nature Conservancy⁶, y el Informe Mundial sobre Desarrollo de Recursos Hídricos de la UNESCO.⁷

A partir de esta literatura base, se realizó una búsqueda y revisión de casos de gestión hídrica (Anexo 5.1), las cuales fueron posteriormente filtradas mediante criterios de aplicabilidad física, social y biológica específicos del área de estudio, obteniendo así un grupo de 17 medidas y obras de manejo hídrico (Anexo 5.2). Posteriormente, dicho grupo fue evaluado para realizar una selección final, mediante consultas con expertos en hidrología, restauración ecológica y políticas públicas (Anexo 5.3), junto con una revisión detallada de literatura científica especializada.

La evaluación final se realizó mediante modelación económica e hidrológica del impacto potencial de cinco de las medidas seleccionadas y presentadas en el Anexo 5.2. Los modelos de simulación⁸ permitieron cuantificar

efectos sobre el balance hídrico de la cuenca, particularmente en términos de infiltración, retención y caudal base. Los costos de implementación se estimaron a partir de información técnica disponible y consultas especializadas. Los resultados de la modelación fueron llevados a una escala ordinal-cualitativa de costo-efectividad que guió las recomendaciones finales.

Finalmente, para las medidas seleccionadas se desarrolló un catálogo con fichas explicativas junto con una zonificación potencial de acuerdo con atributos clave seleccionados con base en la información disponible para cada medida, criterios de expertos derivados de entrevistas, y la experiencia del equipo consultor. Los atributos para la zonificación de cada medida se pueden revisar en el Anexo 5.4.

⁵ Escenarios Hídricos 2030-EH2030. (2019). Transición Hídrica: El Futuro del Agua en Chile. Fundación Chile, Santiago, Chile.

⁶ Marquet, P. A., Arellano, E., Arriagada, R., Fernández, M., Gaxiola, A., León, C., Meza, F., Larraín, R., Pliscoff, P., Reyes, S., & Vargas, J. (2021). Soluciones Basadas en la Naturaleza para Chile. Resumen para Tomadores de Decisiones. TNC, CCG.

⁷ UNESCO. (2018). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua.

⁸ Ochoa-Tocachi, Boris & Cuadros Adriaola, Jose Elias & Bonnesoeur, Vivien & Román-Dañobeytia, Francisco & Gammie, Gena. (2022). CUBHIC 2.0: Presentación de Metodología. 10.13140/RG.2.2.28308.78721.

2.2

Eje Social y de Gobernanza Territorial

El componente social del diagnóstico se orientó a incorporar percepciones territoriales, identificar estructuras de gobernanza existentes y validar técnicamente las propuestas con actores clave. La metodología incluyó entrevistas semi-estructuradas a expertos en restauración, hidrología y planificación territorial, complementadas con entrevistas dirigidas a representantes municipales, organizaciones comunitarias, usuarios regulares del territorio e instituciones públicas y privadas relevantes.

Se implementaron encuestas dirigidas a usuarios y socios de Parque Cordillera para caracterizar niveles de conocimiento sobre SbN, patrones de uso territorial, valoración paisajística y percepciones sobre la crisis hídrica. Esta información cuantitativa fue procesada mediante análisis descriptivo y correlacional para identificar patrones en actitudes y percepciones.

El análisis cualitativo se procesó mediante técnicas de análisis de discurso para identificar barreras y facilitadores de implementación, reconocer sinergias institucionales potenciales y definir condiciones necesarias para la gobernanza efectiva de las medidas propuestas. Se prestó especial atención a los arrieros como actor estratégico, reconociendo su conocimiento histórico territorial y rol en las dinámicas de uso precordillerano.

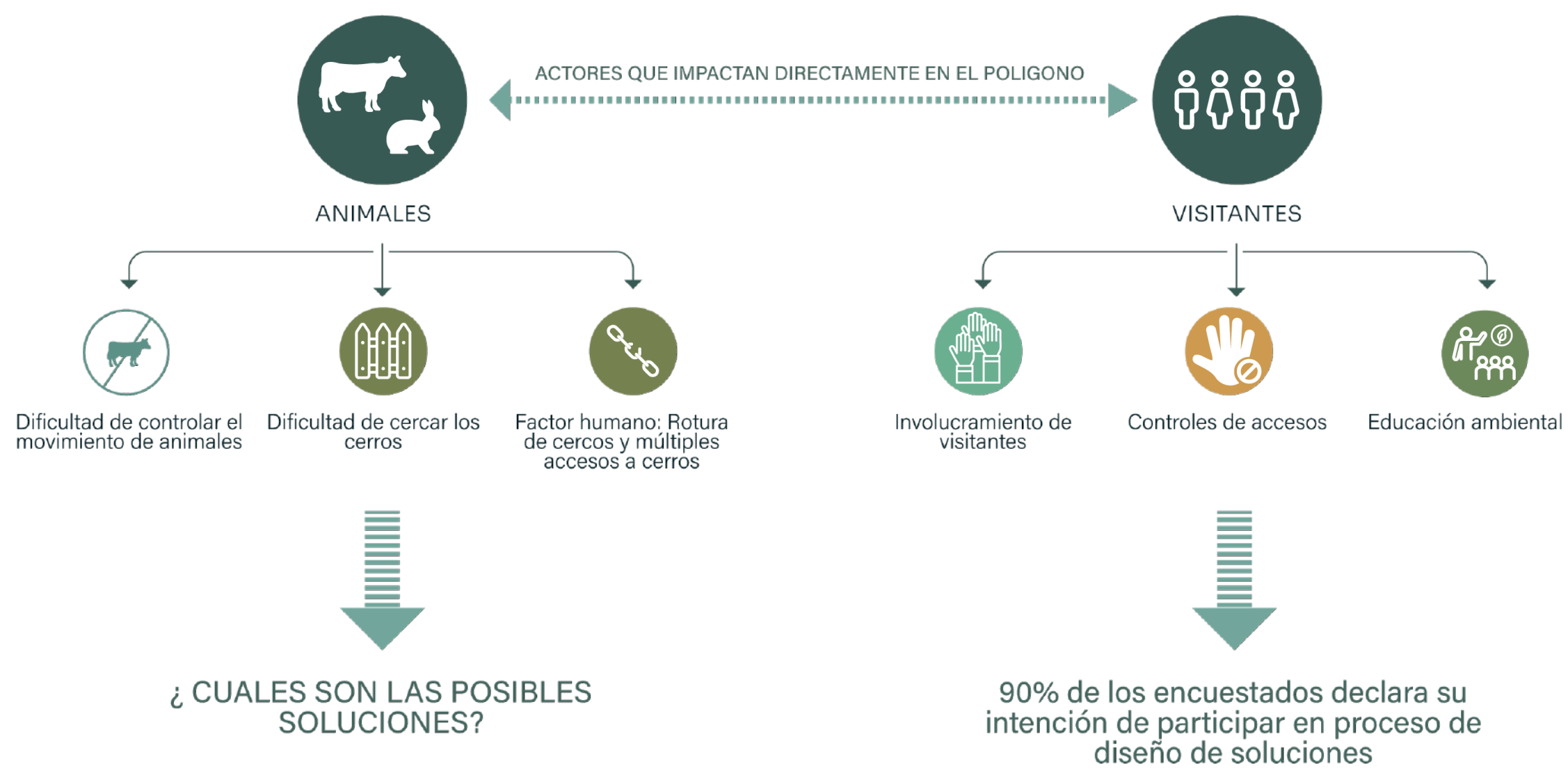


Figura 2-1. Actores relevantes.

2.3

Taller Participativo

Como parte del proceso metodológico de validación social y técnica de la propuesta de retención hídrica, se realizó un Taller de Hallazgos y Oportunidades Proyecto Masterplan Hídrico APC 2025 en modalidad presencial. El objetivo principal del encuentro fue socializar los resultados del estudio diagnóstico e intercambiar percepciones y propuestas en torno a las estrategias de retención hídrica identificadas, incorporando activamente la voz de los actores clave del territorio.

El taller se estructuró en cuatro etapas metodológicas que incluyeron: (1) presentación de resultados del diagnóstico territorial y las Soluciones basadas en la Naturaleza priorizadas, abordando aspectos topográficos, climáticos, de vegetación e infraestructura del área de estudio; (2) desarrollo de cuatro mesas de conversación temáticas organizadas en torno a los ejes de Agua/Infraestructura, Institucionalidad y Financiamiento, Diversidad y Ecosistemas, y Educación y Territorio; (3) espacio de micrófono abierto para reflexión colectiva; y (4) priorización y evaluación de estrategias mediante herramientas digitales interactivas (Mentimeter).



Capítulo 03.

**DIAGNÓSTICO
INTEGRAL**



DIAGNÓSTICO INTEGRAL

El diagnóstico integral reveló cinco necesidades críticas que estructuran la propuesta de intervención y definen las prioridades de acción (Tabla 3-1). En el componente ambiental, se identificó una disponibilidad limitada de datos meteorológicos y de aforo locales que dificulta la capacidad de evaluar la efectividad de medidas implementadas y diseñar proyectos de compensación de huella hídrica con fundamentos sólidos.

Existe además un vacío científico importante respecto a los efectos hidrológicos específicos de SbN en contextos de espacios silvestres mediterráneos⁹, lo que limita las posibilidades de escalamiento y replicabilidad de las intervenciones propuestas. Esta situación se agrava por la existencia de un plan de gestión territorial desactualizado, que data de 2006 y no incorpora los desafíos actuales ni los estándares modernos de manejo adaptativo basado en evidencia.

En el componente social, destaca la desarticulación entre múltiples actores que trabajan independientemente en el territorio, generando ineficiencias en la asignación de recursos, duplicación de esfuerzos y potenciales conflictos de intereses. Complementariamente, se identificó la necesidad de desarrollar educación ambiental inmersiva que permita vincular efectivamente a los usuarios del territorio con las problemáticas hídricas y las soluciones basadas en la naturaleza.

COMPONENTE	OPORTUNIDADES/ NECESIDADES	JUSTIFICACIÓN
AMBIENTAL	Falta de datos meteorológicos y de datos de aforo	Sin este tipo de datos, es difícil determinar la efectividad de medidas que se implementen con el objetivo de retención hídrica.
	Escasa o nula información sobre el efecto hidrológico de SbN en contexto de espacios silvestres.	En el marco de la sostenibilidad financiera, en particular para efectos del diseño de proyectos de compensación de huella hídrica es clave tener nociones del efecto de las medidas compensatorias que se ofrezcan.
	Plan de gestión de parques desactualizado.	Un plan de gestión mediante estándares abiertos facilita la reportabilidad en relación con los objetivos y metas que se planteen, así como la adaptación en caso de que se requiera. Además, permitiría incorporar aspectos como los identificados en el taller de hallazgos y oportunidades, tales como: la articulación de actores, agua como bandera de conservación, gestión integrada de datos, educación ambiental para todos.
SOCIAL	Desarticulación de actores	Hay múltiples actores activos en el territorio con interés en el estudio y gestión del recurso hídrico. En la medida que exista una plataforma que permita la coordinación entre ellos, la asignación de recursos podría ser más eficiente, se podría aprovechar la curva de aprendizaje que cada actor tiene para aportar y de esta forma, evitar potenciales conflictos y duplicación de esfuerzos.
	Educación ambiental inmersiva	Aprovechando la red de senderos existente, es posible diseñar un recorrido educativo en torno al agua, donde se expongan pilotos de SbN para la retención hídrica acompañados de dispositivos pedagógicos y didácticos, con el objetivo de fortalecer el vínculo entre los usuarios de APC, con el entorno natural y las problemáticas asociadas al déficit hídrico.

⁹ El alcance de este trabajo no contempló la evaluación de procesos hidrogeológicos asociados a las SbN.

Tabla 3-1. Diagnóstico integral de oportunidades y necesidades.

3.1

Selección y evaluación de Soluciones basadas en la Naturaleza

3.1.1

SELECCIÓN DE SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA

Como resultado del análisis técnico de SbN, se seleccionaron ocho medidas y obras, las cuales fueron agrupadas en tres categorías (Tabla 3-2):

Tabla 3-2. Medidas y obras seleccionadas

CATEGORÍA	MEDIDAS/OBRAS
Aumento y mejoramiento de la cobertura vegetal	Siembra de especies leñosas y herbáceas mediante distintas técnicas
	Reforestación y enriquecimiento con leñosas
Medidas "naturales" de intervención directa del suelo	Reforestación y enriquecimiento con leñosas
	OCAS (Zanjas de infiltración, Limanes, Medias Lunas, Fajinas)
	Canales de infiltración y/o desviación de aguas sin impermeabilización (Acequias de Careo / Amunas)
Gestión para la conservación	Restauración y conservación de zonas ribereñas
	Manejo y conservación forestal
	Restauración - mantención de senderos y caminos
	Optimización del pastoreo

La síntesis espacial de medidas se ve en la Figura 3-1 y el detalle de cada una en el Anexo 5.5

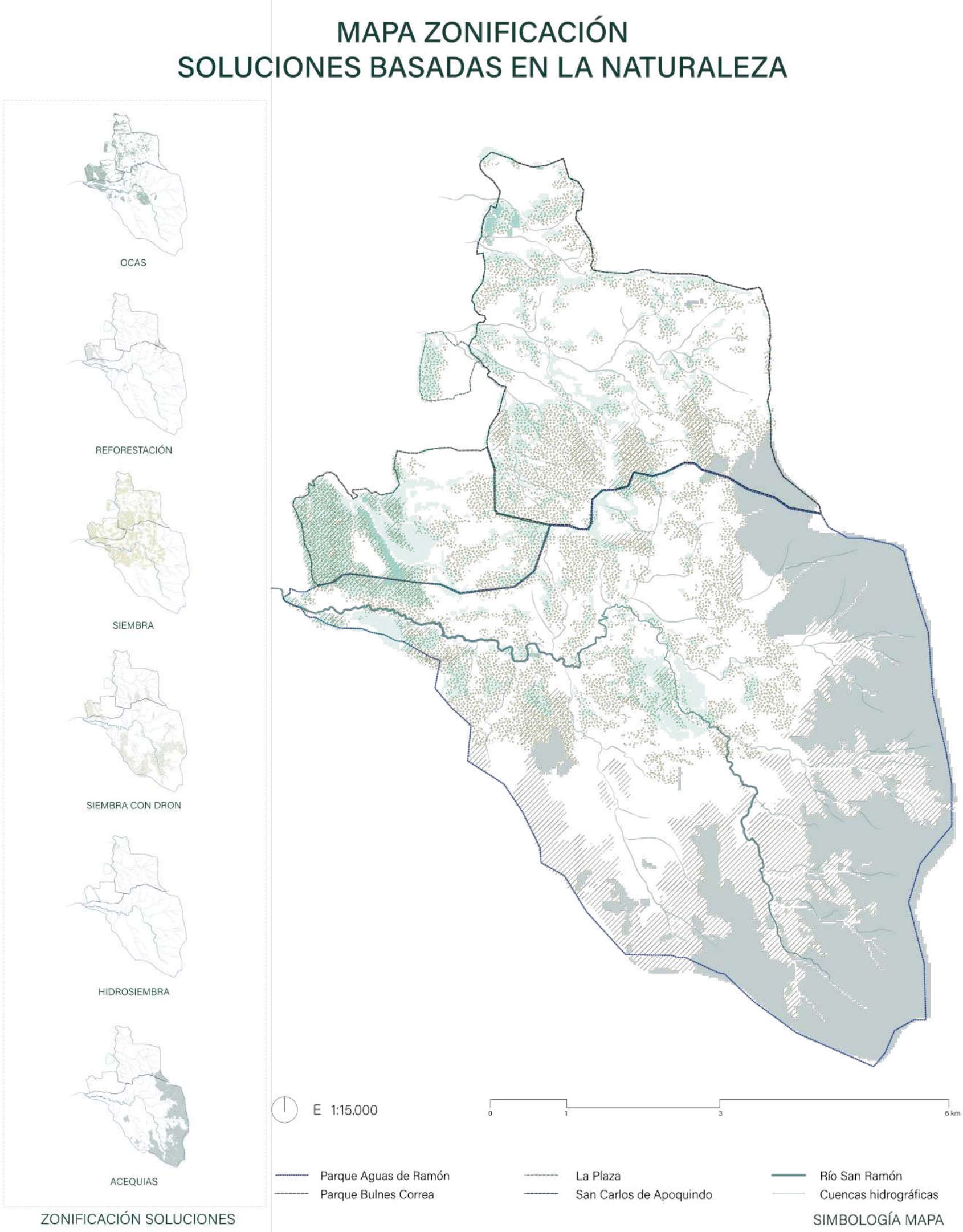


Figura 3-1. Síntesis espacial de SbN.

3.1.2

ANÁLISIS DE COSTO EFECTIVIDAD

Como resultado de la modelación económica e hidrológica del impacto potencial (Figura 3-2), la cual consideró únicamente aquellas medidas sobre las que se encontró información suficiente —excluyendo del análisis las medidas de restauración y mantenimiento de senderos y caminos, así como la optimización del pastoreo—, se concluye que el manejo y conservación forestal de zonas no ribereñas es la medida más costo-efectiva. Las OCAS, por su parte, presentan en términos relativos un impacto hidrológico intermedio con un costo de implementación bajo.

En relación con la categoría de aumento y mejora de la cobertura vegetal, la reforestación con especies leñosas resulta poco atractiva debido a su desfavorable relación costo-impacto, mientras que la siembra constituye una medida que merece ser explorada, considerando que existe escasa información sobre su uso con fines de restauración hídrica en Chile y que presenta impactos moderados a costos moderados.

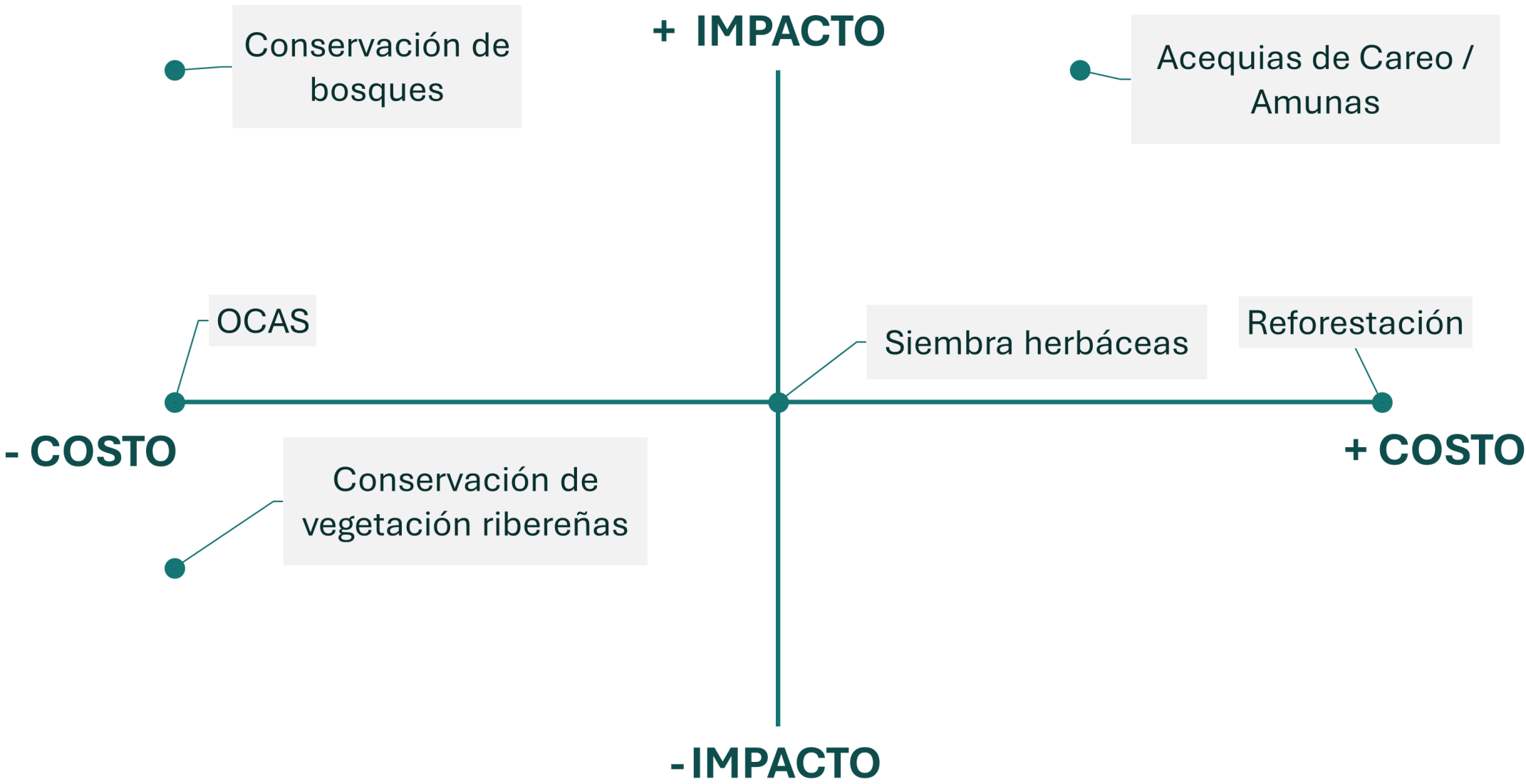


Figura 3-2. Relación costo-impacto de las medidas seleccionadas.

3.2

Diagnóstico Social y de Gobernanza territorial

El diagnóstico social realizado evidenció la necesidad de avanzar hacia iniciativas sistemáticas de educación ambiental, que permitan fortalecer el conocimiento y el compromiso con las distintas estrategias de retención hídrica basadas en SbN. Este enfoque debe considerar no solo a estudiantes, sino también a personas adultas, adaptando las estrategias y contenidos a las características y motivaciones propias de cada segmento. De esta manera, se busca promover un aprendizaje que vincule a las comunidades con el entorno natural, con las problemáticas asociadas a la escasez hídrica y con las SbN, generando cambios de conducta que favorezcan la conservación, el uso responsable de los recursos y la divulgación de lo implementado.

En este contexto, se identificó la relevancia de implementar experiencias piloto a pequeña escala, especialmente en zonas de acceso a los parques, como espacios de experimentación y evaluación antes de una eventual ampliación. Asimismo, se plantea la necesidad de contar con una estrategia de capacitación en educación de adultos a los guías del parque, para que puedan transmitir la información a distintos públicos y tomadores de decisión. Por último, dado el poco conocimiento declarado por parte de los usuarios de los parques respecto a SbN, se reconoce la necesidad de una estrategia de divulgación que sea capaz de ser comprendida por todo tipo de público.

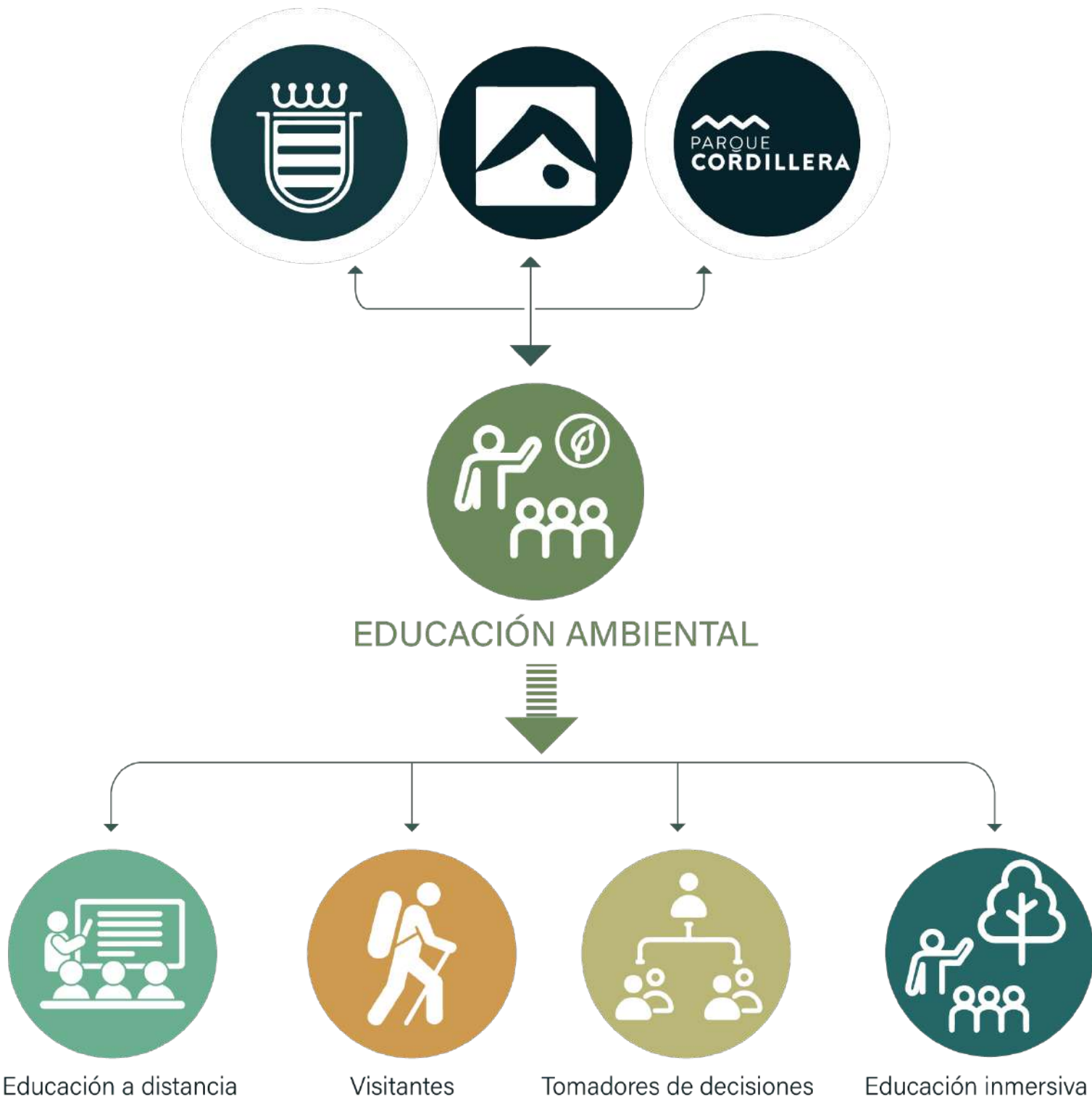


Figura 3-3. Esquema Educación ambiental.

3.2.1

LOS ARRIEROS COMO ACTORES ESTRATÉGICOS

Los arrieros constituyen un actor territorial de relevancia estratégica debido a su conocimiento histórico del territorio, su comprensión de las dinámicas estacionales y su rol activo en el manejo precordillerano. Su incorporación en la estrategia hídrica resulta fundamental tanto para comprender las presiones que afectan la zona como para implementar soluciones que consideren las prácticas tradicionales de uso territorial.

El análisis de este actor reveló aspectos críticos para la gestión hídrica, incluyendo la necesidad de redefinir puntos seguros de abastecimiento de agua tras la discontinuación de la infraestructura de bebederos gestionada previamente por el Club Deportivo Universidad Católica. Actualmente mantienen entre 120 y 130 cabezas de ganado vacuno, con patrones de pastoreo estacional que se concentran en zonas bajas durante los meses de abril a noviembre y ascienden a sectores altos durante el verano.

Su conocimiento sobre rutas históricas de tránsito animal, zonificación natural de pastoreo y dinámicas hídricas estacionales representa un valor agregado para el diseño e implementación de SbN. La presión de visitantes recreativos, que puede alcanzar hasta 1000 ciclistas y 800 peatones en días de alta afluencia, genera tensiones en el uso territorial que requieren mediación y planificación participativa.

3.3

Taller Participativo: Hallazgos y oportunidades

La convocatoria logró reunir a más de 23 organizaciones representativas de diferentes sectores, incluyendo instituciones del Estado, propietarios de terreno, organizaciones de la sociedad civil, vecinos del polígono y academia, consolidando un espacio de diálogo multisectorial que permitió (i) validar técnica y socialmente la propuesta desarrollada y (ii) priorizar las SbN presentadas (Figura 3-3).

El procesamiento y sistematización de las contribuciones del taller reveló un panorama complejo pero prometedor para la implementación de la estrategia hídrica. Los participantes identificaron desafíos estructurales que requieren atención prioritaria, mientras que simultáneamente reconocieron oportunidades estratégicas que pueden potenciar el éxito de las intervenciones propuestas.

Entre los desafíos principales destacan la necesidad de coordinar actores y sectores diversos en la gestión territorial, establecer acuerdos contractuales duraderos con incentivos sostenibles, y desarrollar sistemas confiables de medición para evaluar la costo-efectividad de las SbN. Los participantes también enfatizaron la importancia de superar la desarticulación sistemática entre actores públicos, privados y comunidades locales. De igual modo, la sostenibilidad financiera emerge como un desafío transversal que requiere diversificación de fuentes de recursos y creación de incentivos claros para el sector privado.

Por otro lado, las oportunidades identificadas revelan un potencial considerable para el desarrollo exitoso de la estrategia. Los participantes reconocieron la posibilidad de posicionar el agua como bandera unificadora para la conservación, aprovechando el consenso transversal sobre su priorización como elemento integrador. Existe además una base técnica y de soporte que incluye mecanismos institucionales, experiencia acumulada y disposición favorable de actores diversos. La capacidad de articulación de APC como plataforma transversal representa una ventaja comparativa para generar espacios estables de colaboración, mientras que las estrategias de educación territorial ofrecen oportunidades para trasladar el aprendizaje desde contextos formales hacia experiencias inmersivas en el territorio.

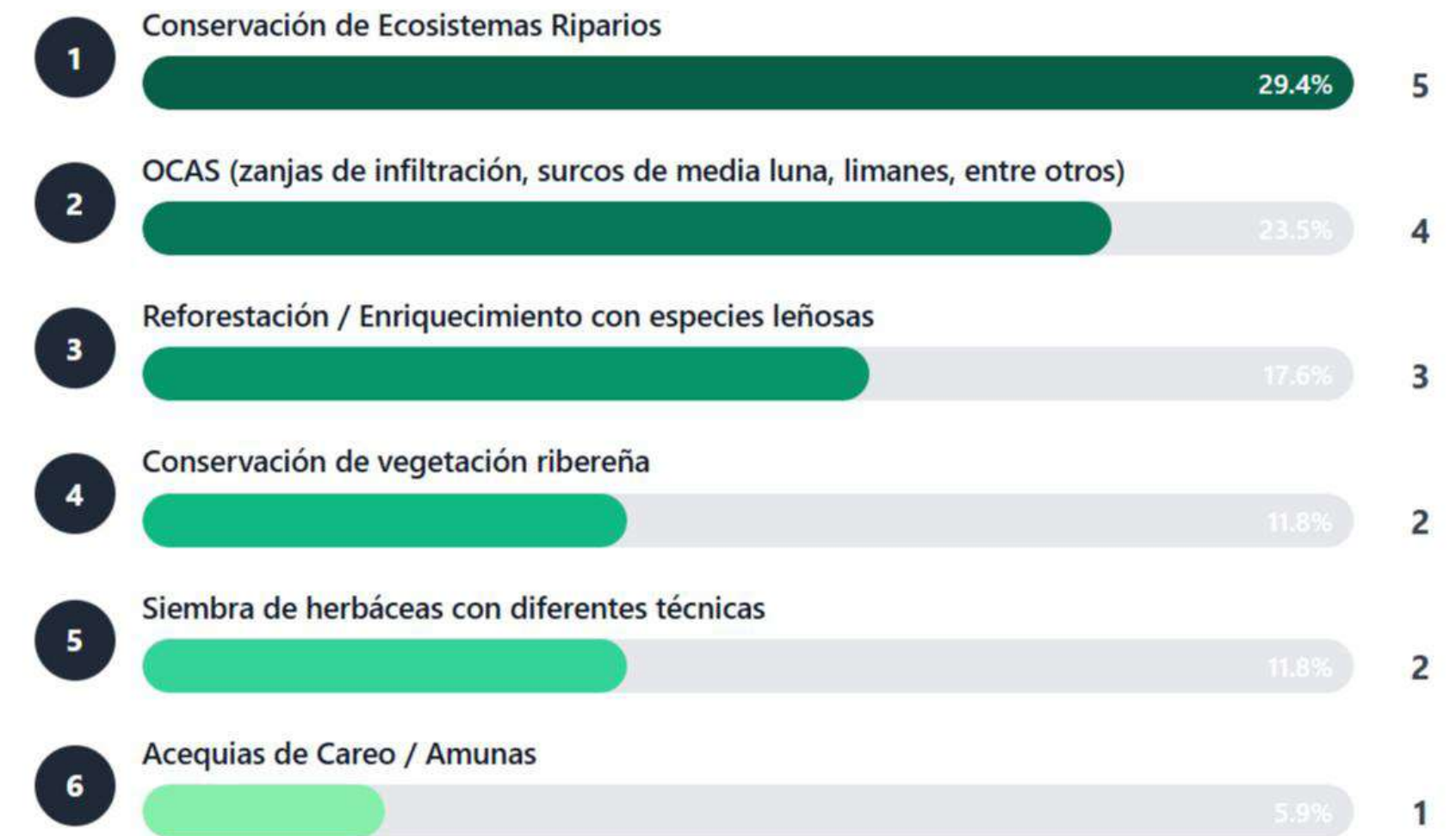


Figura 3-3. Priorización de medidas por actores de interés.

Capítulo 04.

ESTRATEGIAS DE SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA

01

02

03

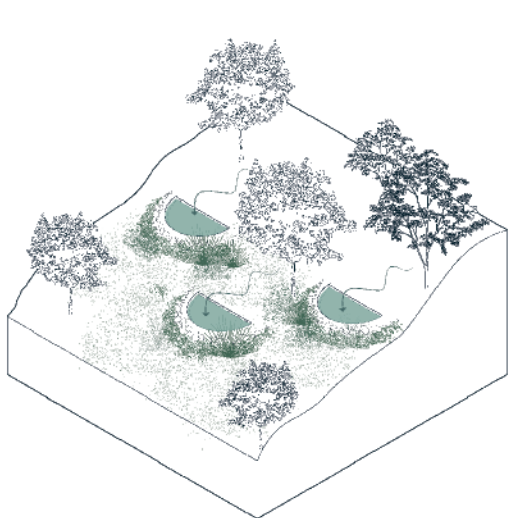
04

05

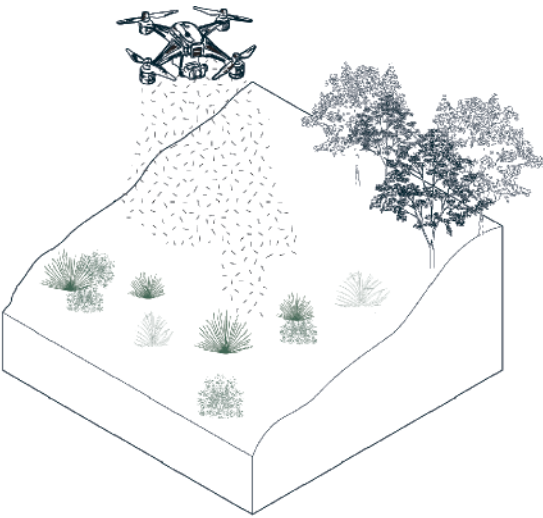
ESTRATEGIAS DE SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA

La implementación efectiva de soluciones basadas en la naturaleza para la retención hídrica en el área de conservación requiere de un enfoque integral que articule múltiples dimensiones de intervención. Las estrategias identificadas abordan desde la investigación aplicada y la validación científica de las medidas propuestas, hasta la gestión territorial, la educación ambiental y la coordinación con actores locales, reconociendo que el éxito de estas iniciativas depende tanto de su fundamentación técnica como de su apropiación social y sostenibilidad institucional.

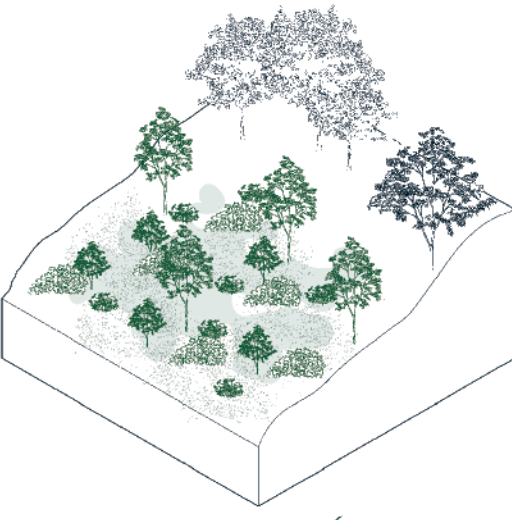
El conjunto de estrategias se estructura en cinco ejes complementarios que abarcan el ciclo completo de implementación: ensayos con medidas naturales de intervención directa del suelo para generar evidencia cuantitativa sobre la efectividad de estas SbN; la gestión para la conservación establece los marcos operativos necesarios para una administración efectiva del territorio; los programas de educación y gobernanza de datos promueven la sensibilización y capacitación de usuarios y personal técnico; y finalmente, la articulación de actores facilita la coordinación con arrieros y propietarios locales, integrando el conocimiento tradicional y asegurando la viabilidad social de las intervenciones propuestas.



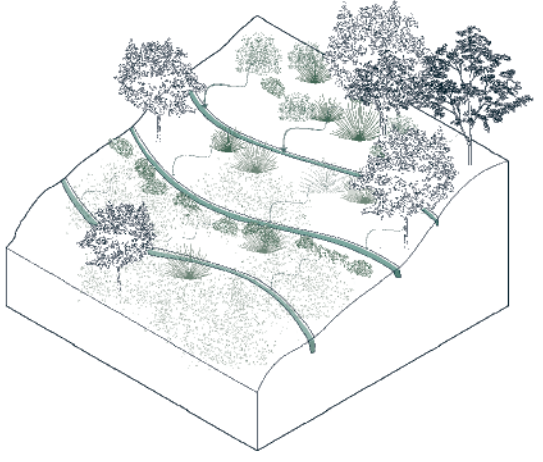
OCAS
(Obras de conservación de Agua y Suelo)
Superficie del área de estudio: 692.9 ha = 13.03%
Implementable en pendientes de 5-45%



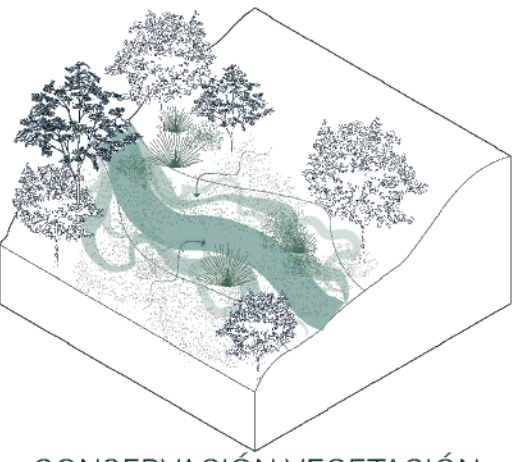
SIEMBRA HERBÁCEAS
(con diferentes técnicas)
Superficie del área de estudio: 2,119.6 ha = 39.86%
Implementable en pendientes de 0-100%



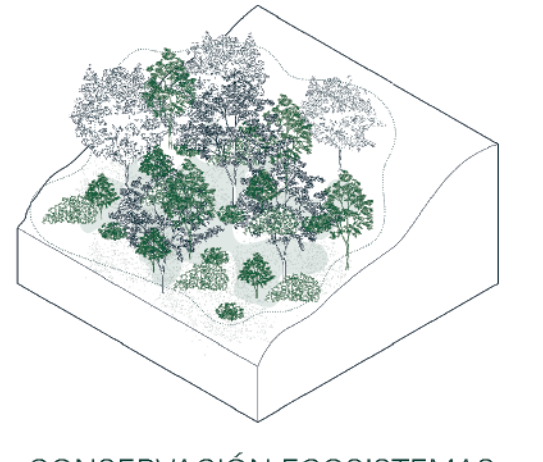
REFORESTACIÓN / ENRIQUECIMIENTO
(Leñosas)
Superficie del área de estudio: 170.8 ha = 3.21%
Implementable en pendientes de 0-100%



ACEQUIAS DE CAREO / AMUNAS
Superficie del área de estudio: 1,181.6 ha = 22.22%
Implementable en pendientes de 0-45%



CONSERVACIÓN VEGETACIÓN RIBERENAS
Superficie del área de estudio: 1,115.9 ha = 20.98%



CONSERVACIÓN ECOSISTEMAS FORESTALES
Superficie del área de estudio: 1,585.8 ha = 29.8%

4.1

Gestión para la conservación

OBJETIVO ASOCIADO	HOMOLOGAR LOS ESTÁNDARES DE GESTIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO COMO PARQUE NATURAL CON DOBLE PROPÓSITO: USO PÚBLICO Y CONSERVACIÓN			CRONOGRAMA							ESTIMACIÓN DE COSTOS TOTALES PARA LA EJECUCIÓN DE CADA ACTIVIDAD (UF)
META	AL AÑO 2027 EXISTE UN PLAN DE GESTIÓN ACTUALIZADO Y ELABORADO MEDIANTE ESTÁNDARES ABIERTOS. AL AÑO 2028 APC ESTÁ ACREDITADO BAJO ALGÚN ESTÁNDAR INTERNACIONAL DE BIODIVERSIDAD.										
DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	MEDIDA DE VERIFICACIÓN	AÑO							
				2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	
	Evaluación de la gestión del área mediante la herramienta "Management effectiveness tracking tool" (METT)	Proceso de evaluación interna mediante la metodología METT ejecutada por terceros.	Planilla METT completa								160
	Actualización de un plan de gestión mediante estándares abiertos	Documento que contiene: Visión, Objetivos, objetos de conservación, mapa de actores ampliado, análisis situacional, plan de trabajo. a 10 años (como mínimo debe contener un programa de educación, programa gestión de visitantes y manejo de infraestructura de uso público, programa de prevención y control de incendios, Programa de monitoreo, Programa de conservación de ecosistemas forestales, Programa de investigación).	Panel de gestión actualizado								1280
	Actualización del panel de control de gestión	Incorporación de índices del nuevo plan de gestión al panel de gestión preexistente.	Panel de gestión actualizado								30
	Puesta en marcha del plan de gestión.	Gestión de APC con el nuevo plan	Carpeta con Planes operativos anuales y sus respectivos presupuestos aprobados.								Sujeto a lo estipule el plan de manejo actualizado
	Certificación	Proceso que acredite una gestión efectiva de la conservación bajo estándares internacionales tales como The Global biodiversity Standard, FSC, otra.	Contrato con entidad acreditadora Certificación								1000
	Adaptación del plan de gestión	A partir de los resultados de la 2º evaluación METT y del seguimiento mediante el panel de gestión se proponen medidas de adaptación del plan de trabajo original y se validan internamente.	Documento con el Plan de trabajo para los próximos 5 años adaptado y validado internamente.								80

4.2

Gobernanza de datos

OBJETIVO ASOCIADO	FACILITAR EL USO DE DATOS PARA LA TOMA DE DECISIONES INFORMADAS			CRONOGRAMA				ESTIMACIÓN DE COSTOS TOTALES PARA LA EJECUCIÓN DE CADA ACTIVIDAD (UF)
META	AL AÑO 2027 EXISTE UNA PLATAFORMA ONLINE DE LIBRE ACCESO ADMINISTRADA POR APC QUE INTEGRA AL MENOS DATOS CLIMATOLÓGICOS Y DE CAUDAL DENTRO DEL ÁREA ADMINISTRADA.							
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	MEDIDA DE VERIFICACIÓN	AÑO					
			2025	2026	2027	2028		
Catastro de estaciones meteorológicas y de aforo	Identificación espacial de estaciones meteorológicas y de estaciones de aforo activas, especificando sus instrumentos, sistema de grabación de datos, potencial de instalación Wifi, actuales administradores, potencial de celebración de convenios.	Reporte					50	
Celebración de convenios	Gestión de convenios de largo plazo con entidades interesadas en colaborar con la mantención de instrumentos meteorológicos y de aforo, uso de datos y eventual instalación de nuevos equipos en caso de que se requiera.	Convenios					120	
Plataforma de gestión integrada de datos	Se crea una plataforma online de libre acceso, en la que se suben datos meteorológicos y de aforo de forma automática.	Plataforma online disponible con datos actualizados					50	
	Mantención trimestral de plataforma web	Reporte mantención					20	

4.3

Soluciones basadas en la Naturaleza para la retención hídrica

OBJETIVO ASOCIADO	GENERAR INFORMACIÓN CUANTITATIVA SOBRE EL EFECTO HIDROLÓGICO DEL USO DE SBN PARA LA RETENCIÓN HÍDRICA			CRONOGRAMA				ESTIMACIÓN DE COSTOS TOTALES PARA LA EJECUCIÓN DE CADA ACTIVIDAD (UF)
META	PARA EL 2028, EXISTE INFORMACIÓN CUANTITATIVA DEL IMPACTO SOBRE LA ESCORRENTÍA Y/O INFILTRACIÓN DE AL MENOS TRES TIPOS DE SBN							
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	MEDIDA DE VERIFICACIÓN	AÑO					
			2025	2026	2027	2028		
Diseño experimental de ensayo piloto	Diseño de un experimento de campo que permita validar estadísticamente el impacto de SbN planteadas en la Tabla 3.2 sobre la infiltración subsuperficial y la escorrentía en un área representativa del Parque.	Documento técnico con un diseño experimental. Presupuesto del ensayo.					60	
Instalación ensayo piloto	Instalación de ensayos con distintas SbN para su medición.	Reporte de actividades desarrolladas en campo					2000	
Medición de ensayos	Instalación de sensores para medir el impacto de SbN en el ensayo piloto.	Reporte de actividades desarrolladas en campo					Sujeto a diseño experimental	
Difusión de resultados	Análisis y presentación de resultados a los actores interesados.	Taller de difusión de resultados					220	
Análisis de factibilidad técnico económico de escalamiento de medidas	Elaboración de un documento en donde se analicen los costos y factibilidad del escalamiento de medidas en caso de que sea pertinente.	Informe técnico					150	

4.4 Educación Ambiental

OBJETIVO ASOCIADO	SENSIBILIZAR A LOS USUARIOS DE APC CON LA PROBLEMÁTICA DE DESBALANCE HÍDRICO				CRONOGRAMA			ESTIMACIÓN DE COSTOS TOTALES PARA LA EJECUCIÓN DE CADA ACTIVIDAD (UF)
META	AL AÑO 2027 EXISTE UN CIRCUITO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL INMERSIVO AUTO EXPLICATIVO SOBRE LA PROBLEMÁTICA HIDROLÓGICA. AL AÑO 2027 EL 100% DEL PERSONAL DE APC ESTÁN CAPACITADOS EN EL USO Y MANTENCIÓN DE SBN DE RETENCIÓN HÍDRICA. A FINALES DEL 2025 EXISTE UN PLAN DE RRSS DONDE EL AGUA ES EL EJE PRINCIPAL Y A PARTIR DE 2026 EL PLAN SE EJECUTA POR DOS AÑOS.							
PROGRAMA	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	MEDIDA DE VERIFICACIÓN	AÑO				
				2025	2026	2027		
Sendero Educativo de Retención Hídrica	Diseño de circuito educativo	Planificación del contenido, hilo conductor y unidades demostrativas de SbN.	Documento con el diseño detallado del circuito				40	
	Producción de material educativo	Elaboración de infografía.	Infografía impresa				150	
	Implementación de circuito educativo	Construcción de unidades demostrativas interactivas de SbN, instalación de señalética y de infraestructura necesaria para el tránsito seguro de visitantes.	Reporte de cierre de construcción del sendero				800	
	Mantenición	Mantenición anual de señalética, infografía e infraestructura.	Reporte anual de necesidades de mantención Reporte con mantenciones realizadas.				130	
Capacitación de personal de APC	Diagnóstico de necesidades y competencias	Levantamiento de información con guías (entrevistas, encuestas). Identificación de brechas de conocimiento y habilidades.	Reporte de diagnóstico				35	
	Diseño instruccional con enfoque andragógico	Definición de módulos formativos y objetivos de aprendizaje. Elaboración de la secuencia didáctica y metodologías participativas.	Programa de capacitación				40	
	Producción de materiales educativos y prácticos	Desarrollo de manual de capacitación. Elaboración de fichas de terreno y recursos visuales.	Manual de capacitación y Recursos				50	
	Validación piloto y ajustes	Implementación de un módulo de prueba con guías. Recopilación de retroalimentación y ajustes al diseño.	Reporte de la experiencia piloto				30	
	Consolidación y entrega del programa	Sistematización de resultados. Entrega del diseño instruccional final validado.	Programa de capacitación validado				40	
	Capacitación del personal	Ejecución del programa.	Reporte de la ejecución del programa con asistencias a cada sesión.				50	
REDES SOCIALES	Plan de comunicaciones a 2 años	Definición del qué, cómo, cuándo y dónde.	Plan de comunicaciones				40	
	Ejecución del Plan	Elaboración de infografía, textos, videos, entre otros.	Carpeta mensual con contenido para mes siguiente				200	
		Publicación de material audiovisual por redes sociales de APC.	Reporte semestral de RRSS				200	

4.5

Articulación de actores

OBJETIVO ASOCIADO	PROMOVER LA VINCULACIÓN Y TRABAJO COORDINADO ENTRE ACTORES TERRITORIALES				CRONOGRAMA				ESTIMACIÓN DE COSTOS TOTALES PARA LA EJECUCIÓN DE CADA ACTIVIDAD (UF)
META	AL 2027 EXISTE UN SISTEMA DE TRABAJO Y COLABORACIÓN ACTIVA CON ARRIEROS EXISTE UNA REUNIÓN ANUAL DE PROPIETARIOS CON APC A PARTIR DE 2026, SE REALIZA UN SEMINARIO ANUAL DEL AGUA EN APC								
PROGRAMA	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	MEDIDA DE VERIFICACIÓN	AÑO					
				2025	2026	2027	2028		
Arrieros	Gestión hídrica compartida	Establecimiento de puntos estratégicos como abrevaderos, que den seguridad a los animales y reduzcan riesgos de ingreso a zonas sensibles como las áreas de restauración. Incorporar a los arrieros en la definición de los lugares donde instalar sistemas de retención hídrica.	Mapa con puntos estratégicos para abrevaderos Acta de reuniones y/o talleres					360	
	Manejo de tránsito animal y conservación de senderos	Reconocer y mapear rutas históricas de tránsito de animales para integrarlas en el diseño de SbN y en la planificación del uso público. Coordinar con los arrieros mecanismos de señalización y delimitación de rutas, reduciendo la superposición con circuitos recreativos de alto tránsito (ciclistas y peatones).	Mapa con rutas de tránsito de animales Acta de reuniones y/o talleres					360	
	Manejo de cercos	Diseñar cercos estratégicos en sectores críticos, priorizando puntos de alta presión de visitantes como Quinchamali, en coordinación con Parque Cordillera. Involucrar a arrieros en la vigilancia y mantención básica de tramos de cercado, bajo un esquema de corresponsabilidad.	Mapa con sitios de cercado estratégico Diseño de cercos y presupuesto Acuerdo de colaboración					360	
	Monitoreo	Incluir a los arrieros como colaboradores comunitarios en el monitoreo de las estrategias de retención hídrica (ejemplo: estado de cercos, puntos de agua, erosión en senderos). Desarrollar instancias de capacitación en SbN con pertinencia cultural, valorando su conocimiento tradicional sobre manejo del cerro, estacionalidad y prácticas de pastoreo.	Acuerdo de colaboración Acta de capacitación y/o talleres					360	
Propietarios	Mesa de trabajo de propietarios	Actividad anual que reúne a todos los propietarios para reportar lo que se ha hecho y validar hacia dónde vamos.	Acta de reunión					120	
Vinculación de actores	Seminario anual del agua	Esta instancia invita a todos los actores con interés en la temática hidrológica (como investigadores, académicos, inversionistas en proyectos de conservación, ONGs, entre otros) a exponer sus trabajos y así facilitar un espacio de colaboración y sinergias entre actores.	Reporte del seminario anual del agua					1200	

Para iniciar la implementación de los ejes estratégicos, se establecerá una Unidad de Manejo Piloto de aproximadamente 50 hectáreas, ubicada en alguno de los tres polígonos propuestos por el equipo consultor: Zona Aguas de Ramón (1), Zona Bulnes Correa (2) y Zona San Carlos de Apoquindo (3) (Figura 4-1). Estos sectores fueron seleccionados por reunir las condiciones necesarias para aplicar intervenciones directas en el territorio, como la instalación de OCAS y ensayos de cambios en la cobertura vegetal mediante siembra y/o reforestación (área de intervención). Al mismo tiempo, cada zona ofrece un espacio adecuado para el desarrollo de programas de educación ambiental y diversas iniciativas de gestión y articulación con actores locales (sendero interpretativo).

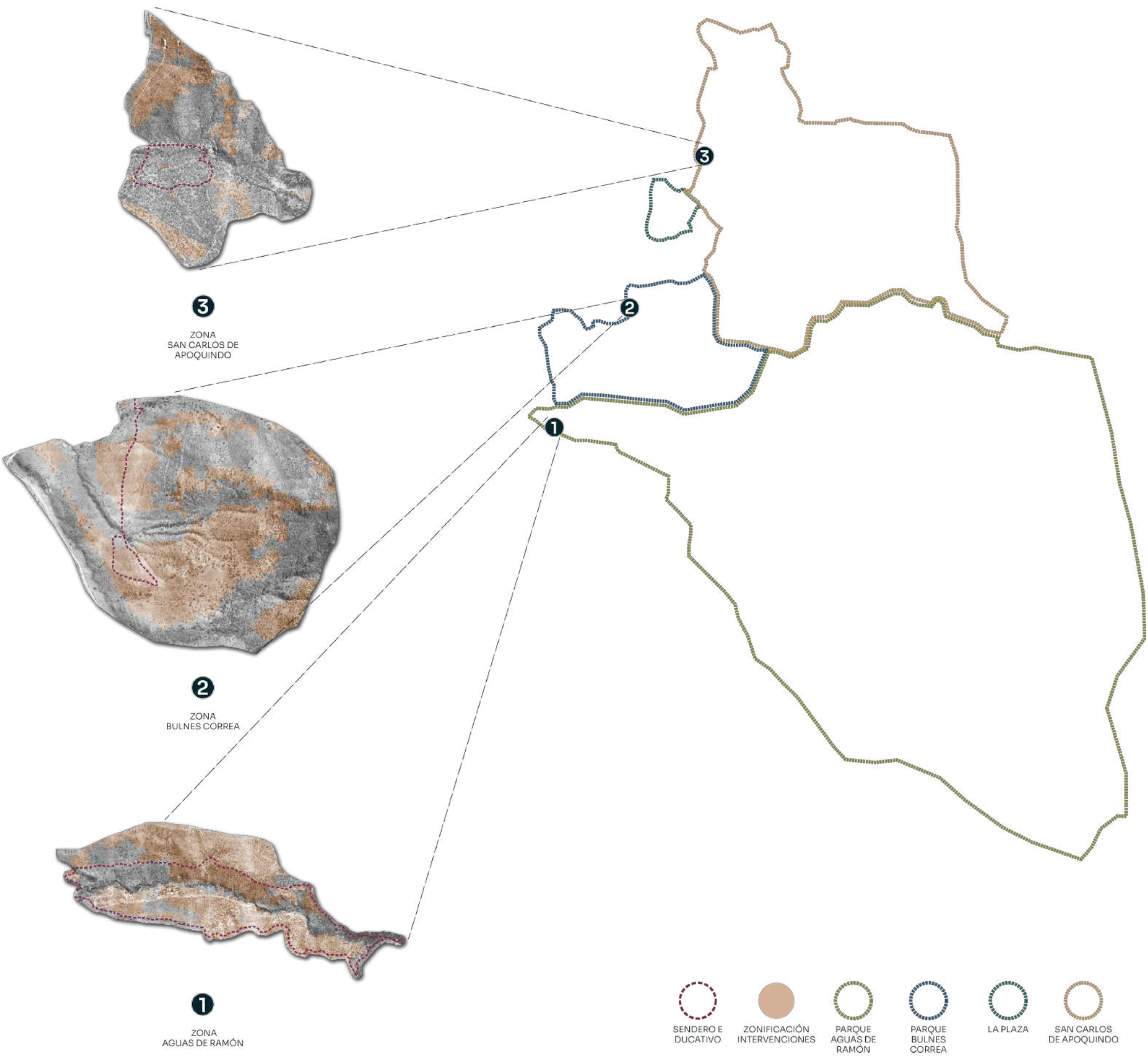


Figura 4-1. Propuesta de zonas para la implementación de proyectos pilotos.



Capítulo 05.

ANEXOS

01

02

03

04

05

5.1 Casos de estudio relevantes considerados en el presente informe.

AUTORES	TÍTULO	PAÍS/REGIÓN	TEMA PRINCIPAL
Carrasco J., Jorge; Squella N., Fernando; Riquelme S., Jorge; Hirzel C., Juan; Uribe C., Hamil	Técnicas de conservación de suelos, agua, y vegetación en territorios degradados	Rengo, Chile	Conservación de suelos y agua
Carrasco J., J.; Mora L., D.	Técnicas de conservación de suelos y aguas. Zanjas de infiltración	Rengo, Chile	Zanjas de infiltración
Labra, Felipe; González, Marlene; Gacitúa, Sandra; Montenegro, Jaime; Villalobos, Enrique; Gómez, Anisú	Manual para la Implementación de Obras de Conservación de Suelos y Cosecha de Aguas Lluvia en Alhué	Chile (Alhué)	Conservación de suelos y cosecha de agua lluvia
Tapia RP; Villanelo JPF; Pool CS; Araya EM; Gutiérrez LL	Diseño hidrológico de zanjas de infiltración en el secano costero e interior de las regiones semiáridas de Chile	Chile (regiones semiáridas)	Diseño hidrológico de zanjas
Gacitúa, Sandra; González, Marlene; Hernández, José; Villalobos, Enrique; Montenegro, Jaime	Diseño e implementación de modelos agroforestales de secano en obras de conservación de agua y suelos	Chile (Región de Coquimbo)	Modelos agroforestales y conservación
Jódar J; Zakaluk T; González-Ramón; Ruiza-Constán A; Marín Lechado C; Urrutia J; Herrera C; Lambán J; Durán JJ; Martos-Rosillo S	Recarga natural vs. siembra de agua mediante acequias de careo en una cuenca semiárida de alta montaña (Sierra Nevada, España)	España (Sierra Nevada)	Recarga de acuíferos - acequias de careo
Martos-Rosillo S; Guardiola C	Las acequias de careo de Sierra Nevada (sur de España), un sistema de recarga ancestral en acuíferos de alta montaña	España (Sierra Nevada)	Sistemas ancestrales de recarga
Ricra O; Quino P	Siembra de agua a través de infraestructura natural de recarga hídrica (AMUNA) en la comunidad San Pedro de Casta	Perú (Lima)	Infraestructura natural de recarga (AMUNA)
Navarro R; Fernández E	Implementación de más de 500 pozas de recarga artificial para la sostenibilidad del regadío en el acuífero de Ica	Perú (Ica)	Recarga artificial de acuíferos
CNR (Comisión Nacional de Riego)	Marco Operativo para Proyectos de Recarga Artificial de Acuíferos	Chile	Recarga artificial de acuíferos
Bonnesoeur, Vivien; Locatelli, Bruno; Guariguata, Manuel R.; Ochoa-Tocachi, Boris F.;	Impacts of forests and forestation on hydrological	Región Andina	Servicios hidrológicos de forestación en los Andes

AUTORES	TÍTULO	PAÍS/REGIÓN	TEMA PRINCIPAL
Vanacker, Veerle; Mao, Zhun; Stokes, Alexia; Mathez-Stiefel, Sarah-Lan	Services in the Andes: A systematic review		
Paola Jofré, Carlos Büchner, Roberto Ipinza, Carlos Bahamondez, Santiago Barros, Pablo García, Jorge Cabrera	Estado del Arte: Las Plantaciones Forestales y el Agua	Chile	Relación agua-plantaciones forestales, balance hídrico
Cecilia Smith-Ramírez, Audrey Grez, Mauricio Galleguillos, Claudia Cerda, Anahí Ocampo-Melgar, Marcelo D. Miranda, Ariel A. Muñoz, Adriana Rendón-Funes, Iván Díaz, Camila Cifuentes, Alberto Alaniz, Oscar Seguel, Juan Ovalle, Gloria Montenegro, Andrea Saldes-Cortés, María José Martínez-Harms, Juan J. Armesto, Antonio Vita	Ecosystem services of Chilean sclerophyllous forests and shrublands on the verge of collapse: A review	Chile (32-38°S)	Servicios ecosistémicos de bosques esclerófilos mediterráneos
Rojas-Arévalo, N., Ovalle, J., & Arellano, E. C	Manual de Técnicas costo-efectivas para la reducción del estrés hídrico en procesos de restauración del bosque esclerófilo.	Chile (Región Metropolitana)	Técnicas costo-efectivas para la reducción del estrés hídrico en procesos de restauración del bosque esclerófilo.
Galleguillos, M., Gimeno, F., Puelma, C., Zambrano-Bigiarini, M., Lara, A., Rojas, M.	Disentangling the effect of future land use strategies and climate change on streamflow in a Mediterranean catchment dominated by tree plantations	Chile (Cuenca del río Cauquenes, 36°S)	Impacto del cambio climático y cambio de uso de suelo en el caudal de cuencas mediterráneas con plantaciones forestales
Chehébar, C.E. (Compilador/Traductor)	Diseño, Construcción y Mantenimiento de Senderos en Áreas Naturales	Argentina (Región Patagónica)	Técnicas de diseño, construcción y mantenimiento de senderos en áreas naturales con enfoque conservacionista
Wilber Vargas, Julio Berbel, Sandra del Aguila, Esther Díaz-Cano	Economic Valuation of Ancestral Artificial Aquifer Recharge Systems in High Mountain Environments of Sierra Nevada, Spain	Sierra Nevada, España	Valoración económica de sistemas ancestrales de recarga artificial de acuíferos de montaña (“acequias de careo”)

AUTORES	TÍTULO	PAÍS/REGIÓN	TEMA PRINCIPAL
Emily F. R. B. McCord, Boris Ochoa-Tocachi, Wouter Buytaert, et al.	Potential contributions of pre-Inca infiltration infrastructure to Andean water security	Andes, Perú	Evaluación del potencial de infraestructuras preincaicas para contribuir a la seguridad hídrica actual en zonas andinas.
Sandra del Águila, Wilber Vargas, Julio Berbel	Recarga natural vs. siembra de agua mediante acequias de careo en una cuenca semiárida de alta montaña	Perú (Sierra Sur)	Comparación entre recarga natural y sistemas de siembra de agua mediante acequias de careo en cuencas semiáridas de montaña.
Valerie Chen, Jose Ricardo Bonilla Brenes, Fernando Chapa, Jochen Hack	Development and modelling of realistic retrofitted Nature-based Solution scenarios to reduce flood occurrence at the catchment scale	Costa Rica (Área Metropolitana)	Modelado de soluciones basadas en la naturaleza (infraestructura verde urbana) para reducir riesgos de inundación urbana.
Alan Josué Álvarez Pulido, Luisa Fernanda Yustres Quintero, Yulia Ivanova	Estimación del cambio de la capacidad de regulación hídrica como respuesta a los cambios de coberturas de la tierra (Caso de estudio: Cuenca alta del río Chinchiná, Caldas, Colombia)	Colombia (Caldas)	Análisis multitemporal de coberturas y su relación con la capacidad de regulación hídrica en la cuenca de montaña.
Juan Diego Bardales, Lesly Barriga, Miguel Saravia, Óscar Angulo	Análisis preliminar de la funcionalidad de una práctica ancestral de siembra y cosecha de agua en ecosistemas semiáridos	Perú (Huamantanga, Lima)	Evaluación de la funcionalidad del sistema de mamanteo como técnica ancestral de recarga hídrica en zonas semiáridas andinas.
María Laura Quinteros, Cecilia Rodríguez, Alberto Cañón	Estrategias de mitigación y control de aluviones e inundaciones en el centro oeste argentino. Caso Gran Mendoza	Argentina (Gran Mendoza)	Análisis de medidas estructurales y no estructurales para el control de inundaciones y aluviones en zonas urbanas del oeste argentino
Jose David Henao Casas, Enrique Fernández Escalante, Juan Carlos Richard-Cerda, Francisco Ayuga	A nature-based solution to enhance aquifer recharge: Combining trees and infiltration basins	España (región central: Castilla y León)	Evaluación del uso de árboles (álamos) como solución basada en la naturaleza para mejorar la recarga de acuíferos en sistemas de recarga gestionada (MAR), utilizando zanjas de infiltración. Se analizan tasas de infiltración, propiedades del suelo y modelación numérica.
Jorge Castro, Domingo Alcaraz-Segura, Jennifer L. Baltzer, Lot Amorós, Fernando Morales-Rueda, Siham Tabik	Automated precise seeding with drones and artificial intelligence: a workflow	España y Canadá	Propone un enfoque de restauración forestal basado en siembra aérea de alta precisión con drones, combinando selección de micrositos a escala submétrica y automatización mediante inteligencia artificial. Busca reducir el uso de semillas, aumentar el éxito de establecimiento y escalar la tecnología globalmente.
Karen D. Holl, Pedro H.S. Brancalion	Precision restoration: a necessary approach to foster forest recovery in the 21st century	Estados Unidos y Brasil	Revisión y propuesta conceptual sobre la restauración de precisión, que adapta técnicas y objetivos de restauración a condiciones locales para maximizar el éxito ecológico y socioeconómico. Destaca la necesidad de integrar monitoreo, ciencia adaptativa y participación comunitaria para enfrentar los retos de la degradación forestal en el siglo XXI.

5.2

Listado de SbN potenciales

GRUPOS	OBRA/TÉCNICA	DESCRIPCIÓN	OBJETIVO
MEDIDAS "NATURALES" DE INTERVENCIÓN DIRECTA DEL SUELO	Zanja de infiltración	Corresponden a excavaciones que permiten acumular el agua lluvia, disminuyendo la escorrentía superficial, favoreciendo la infiltración del agua en el perfil del suelo y la captura de sedimentos (Tapia et al. 2008; Carrasco & Mora 2013; Labra et al. 2018). Dependiendo de las condiciones de sitio, las medidas de las zanjas varían en largo, ancho y profundidad en los rangos 2-6m, 40-60 cm, y 40 - 50 cm (Tapia et al. 2008; Carrasco et al. 2012; Labra et al. 2018).	Disminuir la escorrentía y frenar procesos erosivos
	Limanés	Obras en forma de semicírculo plano con un muro en su parte más baja, el cual funciona como contención. El muro se arma generalmente con tierra, sacos rellenos, rocas, o una combinación de materiales alcanzando una altura de 1 m. El ancho del semicírculo usualmente es de 3 metros y el diámetro varía entre 14 a 20m (Labra et al. 2018; Gacitúa et al. 2020)	Disminuir la escorrentía y frenar procesos erosivos
	Surcos de medialuna	Obras con forma de medialuna, cuyo diámetro varía entre 3 y 6 metros. Están conformadas por un borde de tierra o camellón semicircular, que actúa como muro de contención, con un ancho máximo de 1 metro y una altura que puede alcanzar los 55 centímetros. Estas obras permiten captar escorrentía desde un área de hasta 2 metros en dirección de la pendiente (Labra et al. 2018; Gacitúa et al. 2020).	Disminuir la escorrentía y frenar procesos erosivos
	Fajinas	Cuerpos cilíndricos, que contienen ramillas poco ramificadas atadas con alambre. Se colocan sobre los taludes, protegiéndolos del impacto directo de la lluvia y de la velocidad del cauce. Estas tienen por pendiente o taludes de arrastre de ladera, favoreciendo la acumulación de sedimentos, además de disminuir la velocidad de escorrentía, evitando procesos de erosión.	Disminuir la escorrentía y almacenar agua
	Sistema tradicional de captación y almacenamiento de aguas lluvias (Cochas/Q'ochas/Tipishcas/Jagüeyes)	Sistemas ancestrales que consisten en depresiones sobre el terreno que permiten recolectar agua proveniente de escurrimientos superficiales para distintos fines durante épocas de sequía prolongada. Estas lagunas pueden ser utilizadas para recarga de acuíferos mediante la infiltración del agua en el terreno, aunque también pueden usarse para el almacenamiento, después de una compactación del suelo con materiales que impiden el escurrimiento subterráneo.	Disminuir la escorrentía y almacenar agua
	Canales de infiltración y/o desviación de aguas sin impermeabilización (Acequias de Careo / amunas)	Corresponden a canales de infiltración contruidos manualmente sin impermeabilizar en zonas de montaña que desvían parte del caudal de lluvias, deshielo, o escorrentía con el objetivo de redistribuir y/o infiltrarla a lo largo del canal, o bien, en áreas determinadas como zonas de alta infiltración (Martos-Rosillo & Guardiola 2017; Jódar et al. 2022; Ricra & Quino 2022)	Infiltración de aguas proveniente de deshielos o crecidas para recarga de acuíferos

GRUPOS	OBRA/TÉCNICA	DESCRIPCIÓN	OBJETIVO
AUMENTO Y MEJORAMIENTO DE LA COBERTURA VEGETAL	Reforestación y enriquecimiento con leñosas	Consiste en la plantación de especies arbustivas y leñosas adaptadas a las condiciones climáticas del área que se maneja. Su objetivo es disminuir la escorrentía superficial mediante la interceptación e infiltración de aguas lluvias. Se enfoca en aquellas zonas que previamente conformaban formaciones vegetacionales de matorral o bosque y que han sido degradadas producto de perturbaciones generalmente antrópicas. El objetivo principal de esta estrategia puede variar dependiendo de la ubicación de las obras de tal forma de que, si la reforestación es en ladera, entonces el efecto principal buscado será la disminución de la escorrentía, mientras que si es en áreas más planas será aumentar la infiltración.	Disminuir la escorrentía y frenar procesos erosivos
	Reforestación de precisión	Estrategia de restauración ecológica que utiliza drones para depositar semillas únicamente en micrositios seleccionados a escala submétrica, previamente identificados como óptimos para la germinación y el establecimiento de plántulas. La selección de estos sitios se basa en conocimiento ecológico detallado y en el uso de imágenes de alta resolución combinadas con inteligencia artificial para automatizar su detección y georreferenciación. Este enfoque busca reducir el consumo de semillas, minimizar costos y aumentar la tasa de éxito de la restauración, adaptando la operación a las condiciones locales y facilitando su escalabilidad a gran escala.	Disminuir la escorrentía y frenar procesos erosivos
	Siembra	Siembra de plantas herbáceas y leñosas mediante distintas técnicas (drones, hidrosiembra, siembra directa, entre otros)	Disminuir la escorrentía y frenar procesos erosivos

GRUPOS	OBRA/TÉCNICA	DESCRIPCIÓN	OBJETIVO
GESTIÓN DEL TERRITORIO / ÁREAS PROTEGIDAS	Restauración/mantenCIÓN de senderos y caminos	Manejo de los senderos con objetivo de disminuir la escorrentía superficial y frenar procesos erosivos	Disminuir la escorrentía y frenar procesos erosivos
	Restauración y conservación de zonas ribereñas	La restauración ribereña consiste en restaurar el hábitat natural que se encuentra en la interfaz entre la tierra y el agua a lo largo de las orillas de un río, arroyo o lago. Estas franjas a veces se denominan zonas de amortiguación ribereñas.	Disminuir la escorrentía y frenar procesos erosivos
	Manejo y conservación forestal	Conservación de la vegetación existente (bosques y matorrales) con el objetivo de reducción de los impactos potenciales de inundaciones, estabilizar laderas, proporcionar agua limpia y otros servicios sistémicos.	Disminuir la escorrentía y frenar procesos erosivos
	Recuperación y conservación de bofedales	Manejo de ecosistemas altoandinos de bofedales.	Asegurar la correcta infiltración y almacenamiento de aguas en zonas altoandinas
	Optimización del pastoreo	Consiste en la zonificación estratégica dentro del AP, o bien, acuerdos con ganaderos colindantes para disminuir el efecto negativo del ganado sobre los componentes suelo, flora y fauna	Disminuir la afectación producida por ganado sobre la cobertura natural.
OBRAS DE INGENIERÍA Y OBRAS "HÍBRIDAS"	Jardines de lluvia para recolección de agua de escorrentía.	Áreas depresionales con flores perennes y vegetación nativa que permiten la bioretención e infiltración de agua de lluvia. Están estratégicamente ubicados para capturar la escorrentía proveniente de superficies impermeables (como techos y carreteras) permitiendo la infiltración de esta en lugar de su escurrimiento hacia drenajes pluviales. Están diseñados específicamente para soportar altas cantidades de lluvia (y la escorrentía de esta), así como también altas concentraciones de nutrientes. La selección de las plantas está basada en la necesidad de luz, humedad y suelo, factores que pueden influir en la estructura, altura y el color de inflorescencia de estas; sin embargo, se recomienda mayoritariamente el uso de plantas nativas.	Aprovechamiento de agua lluvia para promover la infiltración
	Pozos secos	Consiste en una técnica de infiltración que usa pozos de gran diámetro para recargar un acuífero no confinado por gravedad. Este es un método útil para emplear cuando hay capas de suelos de baja permeabilidad (por ejemplo, ricos en arcilla) en los primeros metros de superficie.	Infiltración de agua en profundidad
	Sistemas de aguas lluvias in situ	Son técnicas que aprovechan la acumulación y filtración del agua directamente en el lugar donde cae, sin requerir infraestructura mayor. Se utilizan desde el nivel doméstico hasta el predial, y pueden incluir techos impermeables que desvían el agua a norias o tanques, o estructuras más grandes como tranques o piscinas poco profundas (<4m) en suelos permeables, donde el agua se infiltra de forma natural.	Aprovechamiento de agua lluvia para promover la infiltración

5.3

Resumen de entrevistas

NOMBRE ENTREVISTADO	ÁREA DE EXPERIENCIA DEL ENTREVISTADO	INSTITUCIÓN ENTREVISTADO	OBJETIVO INICIAL DE LA ENTREVISTA	RESULTADOS OBTENIDOS
Felipe Moreau	Key line	Rapaz	Indagar sobre paisajes de retención hídrica mediante el método key line	El método consiste en identificar los puntos de acumulación de agua superficial y transportar el agua hacia las laderas alejándose de las quebradas y permitiendo que se infiltre en la conducción. Es un método que requiere alta precisión topográfica para su implementación en terreno. Se puede reforestar en un patrón de keyline, pero hace sentido hacerlo en la medida que se pueda mecanizar. Amunas o acequias de careo pueden diseñarse con los principios de este método.
Ricardo Carrillo	Modelación hidrológica	Postdoc en Umeå University	Validar el método del NC para entender el comportamiento hidrológico superficial.	El método del número de curva es un método que permite entender el comportamiento del agua (infiltración- escorrentía) a gran escala. Es un método adecuado para el área de estudio que permite tener un ordenamiento grueso del territorio. Si bien existen modelos hidrológicos más complejos, demandan datos de alta calidad y tiempo de calibración. Para el tiempo disponible en el proyecto no es muy viable probar con modelos hidrológicos complejos.
Pablo Becerra	Restauración forestal	PUC	Identificar las variables biofísicas determinantes en el establecimiento de plantas	Sitios abiertos es donde más se requiere reforestación para efectos de recuperar el ciclo hidrológico. Pendiente: es limitante solo si no hay desarrollo de suelo es una limitante, hasta los 100% no hay problema el establecimiento de plantas. Desarrollo de suelo y pendiente están directamente relacionados y por lo tanto se puede usar como proxi. La exposición y asnm influye en la selección de especies. El TWI podría ser útil porque normalmente se relaciona con las zonas con mayor vegetación. Sin control de herbívora las probabilidades de éxito son escasas.
Sergio Martos	Acequias de Careo	Instituto geológico y minero de España- Consejo superior de investigaciones científicas	Indagar sobre las acequias de careo	Las zanjas de infiltración son poco efectivas en relación con la mantención y restitución de acuíferos subterráneos, nadie ha medido su efectividad y suelen impermeabilizarse con el sedimento fino en poco tiempo, por lo tanto, hay que estar removiendo el sedimento tras cada temporada. Las acequias de careo han demostrado ser efectivas en la mantención de acuíferos subterráneos. Para que funcionen tienen que haber comunidades asociadas, que les hagan mantención.

NOMBRE ENTREVISTADO	ÁREA DE EXPERIENCIA DEL ENTREVISTADO	INSTITUCIÓN ENTREVISTADO	OBJETIVO INICIAL DE LA ENTREVISTA	RESULTADOS OBTENIDOS
Carlos Rivas-Santiago Flores	Operaciones APC	APC	Validar caminos vehiculares, peatonales y accesos del área de estudio	Se generaron los archivos espaciales con caminos vehiculares, peatonales y accesos. Se determinó que la distancia máxima desde un camino vehicular para realizar cualquier obra es de 1 km. Esto porque el proyecto de reforestación más lejano que hay está a esa distancia de un camino vehicular.
Pablo Becerra	Restauración forestal	PUC	Validar estrategia de siembra de herbáceas y leñosas para cambiar coberturas y aumentar la infiltración y/o disminuir escorrentía. Indagación en experiencias del experto en el tema.	Se valida la técnica de siembra como medida efectiva de cambiar coberturas para aumentar infiltración y disminuir la escorrentía. Se habla sobre las brechas de conocimiento sobre las siembras de herbáceas y leñosas, lo que da paso a la oportunidad de generar propuestas de ensayos relacionados con técnicas pre-germinativas, y coberturas de suelos, entre otros. Se validan especies del listado (paper 2024).
Isabel Rojas	Eco hidrología	PUC	Conocer su visión sobre el proyecto y SbN	Conservar bosques ribereños es muy importante, ya que serían los que más durarán y más funciones ecosistémicas entregarían.
Cristóbal Elgueta	Paisajista Ecosistémico, plantación, riego, mantención	Jardín de María paisajismo	Indagar sobre las especies vegetales que potencien la restauración de suelos y la retención hídrica	Postula que, se debe restablecer el terreno con lo que se da en el lugar como por ejemplo los dedales de oro u otros, que las especies nativas ya no se la pueden solas o se demorarían mucho tiempo si es que queremos restablecer el territorio en un periodo corto. Se menciona que según el enfoque que se quiera dar al proyecto, se pueden usar especies introducidas y/o nativas. Destaca que hay varias especies introducidas que pueden ser una buena opción para la retención hídrica, que están bien adaptadas al cambio climático y que no presentan amenaza de propagación descontrolada. Se deben proponer especies vegetales que no se vean amenazadas por los conejos.

NOMBRE ENTREVISTADO	ÁREA DE EXPERIENCIA DEL ENTREVISTADO	INSTITUCIÓN ENTREVISTADO	OBJETIVO INICIAL DE LA ENTREVISTA	RESULTADOS OBTENIDOS
Fernanda Caro	PhD en Ecología de Semillas	SMI Chile	Indagar sobre la restauración de suelos a través del uso de semillas	Se destacó la necesidad de seleccionar semillas viables y adaptadas a las condiciones climáticas futuras, sugiriendo la recolección de semillas de áreas más al norte y la diversificación del material genético para enfrentar el cambio climático. Se exploraron técnicas de siembra, como la hidrosiembra y el uso de drones, y se acordó la importancia de experimentar con diferentes semillas y plántulas. Se destacó la importancia de selección de semillas de especies nativas y pioneras para la restauración, pero Fernanda Caro también destacó la complejidad de la siembra de flora nativa, destacando que las semillas pueden tener mecanismos de dormancia que impiden su germinación a pesar de las condiciones adecuadas. Se consideran especies como el Dedal de Oro viables por su rápida germinación. La restauración ecológica requiere entender tanto la germinación como el establecimiento de plántulas, y menciona la importancia de la calidad de las semillas. Se podría usar un método de mezcla entre semillas y plántulas.
Gonzalo Hevia	Ordenamiento territorial	Secplan - Municipalidad de las Condes	Indagar en el conocimiento y expectativas de la organización respecto al proyecto Máster Plan Identificar los principales actores alejados al proyecto Conocer iniciativas de educación ambiental que trabaje la organización Observar amenazas y oportunidades respecto a la realización del Máster Plan	La municipalidad observa el plan como una posibilidad en términos de gestión de desastres y ordenamiento territorial. Existe preocupación en cuanto al acceso a los parques y su impacto sobre vecinos residenciales. Existe un conocimiento de la iniciativa y un compromiso de apoyo. No se reconoce un trabajo en términos de educación ambiental y se observa una gran oportunidad para avanzar en esta línea.
Felipe Sánchez		Aguas Andinas	Indagar en el conocimiento y expectativas de la organización respecto al proyecto Máster Plan Identificar los principales actores alejados al proyecto Conocer iniciativas de educación ambiental que trabaje la organización Observar amenazas y oportunidades respecto a la realización del Máster Plan	Existe consenso respecto al mapa de actores presentados. Reconocen un gran interés en la iniciativa en términos de disponibilidad de agua. Reconocen un trabajo de educación ambiental fuera del territorio cordillerano y la necesidad de avanzar hacia una educación ambiental en el territorio.

NOMBRE ENTREVISTADO	ÁREA DE EXPERIENCIA DEL ENTREVISTADO	INSTITUCIÓN ENTREVISTADO	OBJETIVO INICIAL DE LA ENTREVISTA	RESULTADOS OBTENIDOS
Jaime Retamal	Relaciones públicas CDUC	CDUC	Indagar en el conocimiento y expectativas de la organización respecto al proyecto Máster Plan Identificar los principales actores aledaños al proyecto Conocer iniciativas de educación ambiental que trabaje la organización Observar amenazas y oportunidades respecto a la realización del Máster Plan	Reconocen una nueva relación con APC y expectativas respecto al trabajo futuro Su interés respecto al cerro radica en la recuperación del bosque esclerófilo. Existen desafíos en cuanto a los usuarios debido a la relevancia de sus accesos Preocupación en cuanto al futuro por los cambios que implicará en cuanto al uso el nuevo estadio.
Rolando Devia	Relaciones públicas CDUC	CDUC	Indagar en el conocimiento y expectativas de la organización respecto al proyecto Máster Plan Identificar los principales actores aledaños al proyecto Conocer iniciativas de educación ambiental que trabaje la organización Observar amenazas y oportunidades respecto a la realización del Máster Plan	Reconocen una nueva relación con APC y expectativas respecto al trabajo futuro Su interés respecto al cerro radica en la recuperación del bosque esclerófilo. Existen desafíos en cuanto a los usuarios debido a la relevancia de sus accesos Preocupación en cuanto al futuro por los cambios que implicará en cuanto al uso el nuevo estadio.
José Romero	Arriero colindante a zonificación	Fundo Las Varas	Conocer la percepción de los arrieros respecto al agua, disponibilidad y acceso Comprender los circuitos de los animales y de los usuarios de los cerros Indagar en posibles soluciones para el acceso de los animales a zonificación del Máster Plan	Amplio conocimiento del cerro y de la disponibilidad de agua. Conciencia de la problemática de los animales respecto a los suelos y la necesidad de buscar soluciones. Relevancia del impacto humano a raíz del mal uso de los espacios.
Nicolás Díaz	Educación ambiental	Parque Cordillera	Indagar en iniciativas de educación ambiental de APC Validar propuestas en términos de factibilidad y uso de parte de los visitantes y establecimientos escolares	Revisión de proyectos de educación ambiental Ajustes respecto a realidad de circuitos y usos Co-diseño de propuestas en base a resultados estudio y experiencia APC.

NOMBRE ENTREVISTADO	ÁREA DE EXPERIENCIA DEL ENTREVISTADO	INSTITUCIÓN ENTREVISTADO	OBJETIVO INICIAL DE LA ENTREVISTA	RESULTADOS OBTENIDOS
Sebastián Vicuña	Investigador PUC	PUC	Experiencia previa estudio TNC 2021 territorio altoandino	Las reforestaciones no son significativas en la retención adicional de agua sino más bien en la prevención de aludes y en la mejora de calidad de agua
Eduardo Katz	Director carrera Ecoturismo USS	USS	Validación visión del masterplan	Piensa que la primera implementación concreta debe ser un parque "prueba de concepto" integral de lo que se está gestando, para que las municipalidades logren ver su potencial. La USS tiene muchas sinergias con el proyecto.
Mauricio Loyola	Gerente Educación ESRI Chile	ESRI Chile	Oportunidad digital	La oportunidad digital es innegable y cada año que pase su potencial se incrementará sustancialmente
Carlos Ciappa	Abogado aguas	ICC Abogados	Validación visión del masterplan	El modelo propuesto responde adecuadamente a un GAP concreto que no está cubierto. Ciappa aconseja, por lo tanto no usar el catastrofismo climático como argumento comercial, porque es innecesario y puede ensuciar la oportunidad
Claudio Reyes	Consultor gestión Hídrica	AWA	Experiencia previa en otros proyectos de diseño y gestión	Aconseja avanzar con las fórmulas existentes, validadas internacionalmente, de cuantificación de agua retenida y corregir las fórmulas a la realidad local sobre la marcha
Cynnamon Dobbs	Investigadora CET Universidad Los Andes	U. Los Andes	Visión academia especialista en servicios ecosistémicos	Aconseja conectar el producto como solución de servicios ecosistémicos.
Jorge Morales	Certificaciones asociadas al agua	ASCC	Identificación de mecanismos de financiamiento	La ASCC tiene a disposición de este proyecto distintos mecanismos de certificados para avanzar en el levantamiento de financiamiento privado
Cristina Huidobro	Fondo de Agua Santiago Maipo	FASM	Identificación de mecanismos de financiamiento	Aconseja avanzar con las fórmulas existentes, validadas internacionalmente, de cuantificación de agua retenida y corregir las fórmulas a la realidad local sobre la marcha
Gabriela Flores	Investigadora PNUD, para el MMA	PNUD	Identificación de mecanismos de financiamiento	Considera que hay mecanismos de financiamiento por pagos de servicios ecosistémicos que pueden madurar en 24 meses. Piensa que el mercado necesita cuantificación de cantidad de agua retenida para financiar

NOMBRE ENTREVISTADO	ÁREA DE EXPERIENCIA DEL ENTREVISTADO	INSTITUCIÓN ENTREVISTADO	OBJETIVO INICIAL DE LA ENTREVISTA	RESULTADOS OBTENIDOS
Juan José Ferrada	Jefe departamento de Montaña, Municipalidad Lo Barnechea	Lo Barnechea	Oportunidad Lo Barnechea	Piensa que la primera implementación concreta debe ser un parque "prueba de concepto" integral de lo que se está gestando, para que las municipalidades logren ver su potencial. Ve una oportunidad de trabajo en conjunto, en el mediano plazo
Guillermo Ready	Jefe división Medioambiente Municipalidad Las Condes	Las Condes	Oportunidad Las Condes	Percepción positiva, sin embargo no tenía claro aún cómo trabajar en conjunto.
Federico Errazuriz	Políticas públicas agua	SNA	Visión desde políticas públicas del agua	Evaluar embalses multipropósito y sistemas de recarga acuífera para gestión efectiva del agua en cuenca del Maipo.
Gaston Dusillant	Monitoreo caudales	Capta Hydro	Herramientas tecnológicas de medición de caudales	Analizar tecnologías de medición de caudales en cauces naturales considerando requisitos de autorización de organismos pertinentes.
Pablo Silva	Gestión de recursos hídricos	Formation Environmental	Enfoque multidisciplinario y experiencias internacionales sobre proyectos de diseño, ejecución y monitoreo de estrategias de gestión hídrica	Identificar brechas entre suministro y demanda hídrica mediante evaluación integral con estrategias de gestión a largo plazo.
Felipe Garrido	Hidraulica e Hidrologia	Consultora MTR y Cia	Visión desde el punto de vista técnico hidráulico / hidrológico sobre SbN	Comparar la efectividad de soluciones basadas en la naturaleza considerando escalas necesarias para un impacto real en seguridad hídrica.
Melissa Vargas	Planificación recursos hídricos	Aguas Andinas	Identificar métricas respecto a caudales y abastecimiento de agua potable	Aplicar estrategias de largo plazo basadas en datos públicos y proyectos de gran escala como Lo Barnechea.
Carlos Rivas	Jefe Operaciones parque AR	APC	Resumir actividades y planes desarrollados por APC en torno a SbN y planes de manejo	Crear planes de manejo como herramienta central para traducir proyectos conceptuales en beneficios tangibles y sostenibles.
Juan Pablo Rubilar y Cia	Conservación	TNC	Entender el rol y expertise que puede aportar TNC a los proyectos de SbN de APC	Comprender la adaptación territorial de soluciones basadas en la naturaleza con acuerdos a largo plazo en terrenos privados.
Regina Massai y Cia	Conservación y certificaciones	FSC	Presentación de proyectos previos desarrollados con APC y recomendaciones respecto a certificaciones de conservación	Validar colaboración técnica y certificación externa en proyectos de zanjas de infiltración para sostenibilidad a largo plazo.

NOMBRE ENTREVISTADO	ÁREA DE EXPERIENCIA DEL ENTREVISTADO	INSTITUCIÓN ENTREVISTADO	OBJETIVO INICIAL DE LA ENTREVISTA	RESULTADOS OBTENIDOS
Cedric Little	Arquitecto con experiencia en SbN	Consultora Conati	Estudiar el piloto de zanjas de infiltración desarrollado en Aguas de Ramon	Destacó la importancia de variables determinantes en el éxito de zanjas de infiltración : ubicación, diseño y mantención.
Felipe Sanchez	Suministro agua sanitaria	Aguas Andinas	Entender la visión de AA respecto a la escasez hídrica y el rol de las SbN.	Sintetizar el efecto específico de soluciones basadas en la naturaleza sobre disponibilidad hídrica y resiliencia ecosistémica.

5.4

Atributos para zonificación

ESTRATEGIA	MEDIDAS / OBRAS	PENDIENTE (%)	ALTITUD (M.S.N.M)	USO DE TIERRA CONAF*	CERCANÍA DE CAMINOS	CERCANÍA A SENDEROS
AUMENTO Y MEJORAMIENTO DE LA COBERTURA VEGETAL	Reforestación	0 - 100	N/A	8 -10	1 km	Restringido a caminos vehiculares
	Siembra (Dron)	0 - 100	N/A	8 -10	N/A	N/A
	Siembra - Hidrosiembra	0 - 100	N/A	8 -10	2 km	1 km
MEDIDAS NATURALES DE INTERVENCIÓN DIRECTA DEL SUELO	Zanja de infiltración	15 - 45	N/A	4 y 6 - 10	1 km	500 m
	Limanes	5 - 15	N/A	4 y 6 - 10	1 km	500 m
	Surcos de medialuna	15 - 45	N/A	4 y 6 - 10	1 km	500 m
	Fajinas	15 - 45	N/A	4 y 6 - 10	1 km	500 m
	Canales de infiltración y/o desviación de aguas sin impermeabilización (Acequias de Careo / amunas)	N/A	>1500	1, 2, 9 y 10	N/A	N/A
GESTIÓN PARA LA CONSERVACIÓN	Restauración /mantención de senderos y caminos	N/A	N/A	N/A	100 m	100 m
	Restauración y conservación de zonas ribereñas	N/A	N/A	3 - 9	Buffer de 30m sobre los cursos de agua	
	Manejo y conservación forestal	N/A		3 - 7	N/A	N/A
	Optimización del pastoreo	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

**Clasificación de usos de tierra según CONAF. Categoría 1: Afloramientos Rocosos, Ciudades, Pueblos, Zonas Industriales; Categoría 2: Vegas, Estepa Andina Central; Categoría 3: Bosque Nativo Renoval Semidenso, Bosque Nativo Renoval Denso; Categoría 4: Bosque Nativo Renoval Abierto, Bosque Nativo Renoval Muy Abierto; Categoría 5: Matorral-Pradera Denso, Matorral Arborescente Denso; Categoría 6: Matorral Arborescente Semidenso; Categoría 7: Matorral-Pradera Semidenso, Matorral Semidenso; Categoría 8: Matorral Arborescente Muy Abierto, Matorral Arborescente Abierto; Categoría 9: Matorral Muy Abierto, Matorral Abierto; Categoría 10: Otros sin Vegetación, Matorral-Pradera Abierto, Matorral-Pradera Muy Abierto.*

5.5

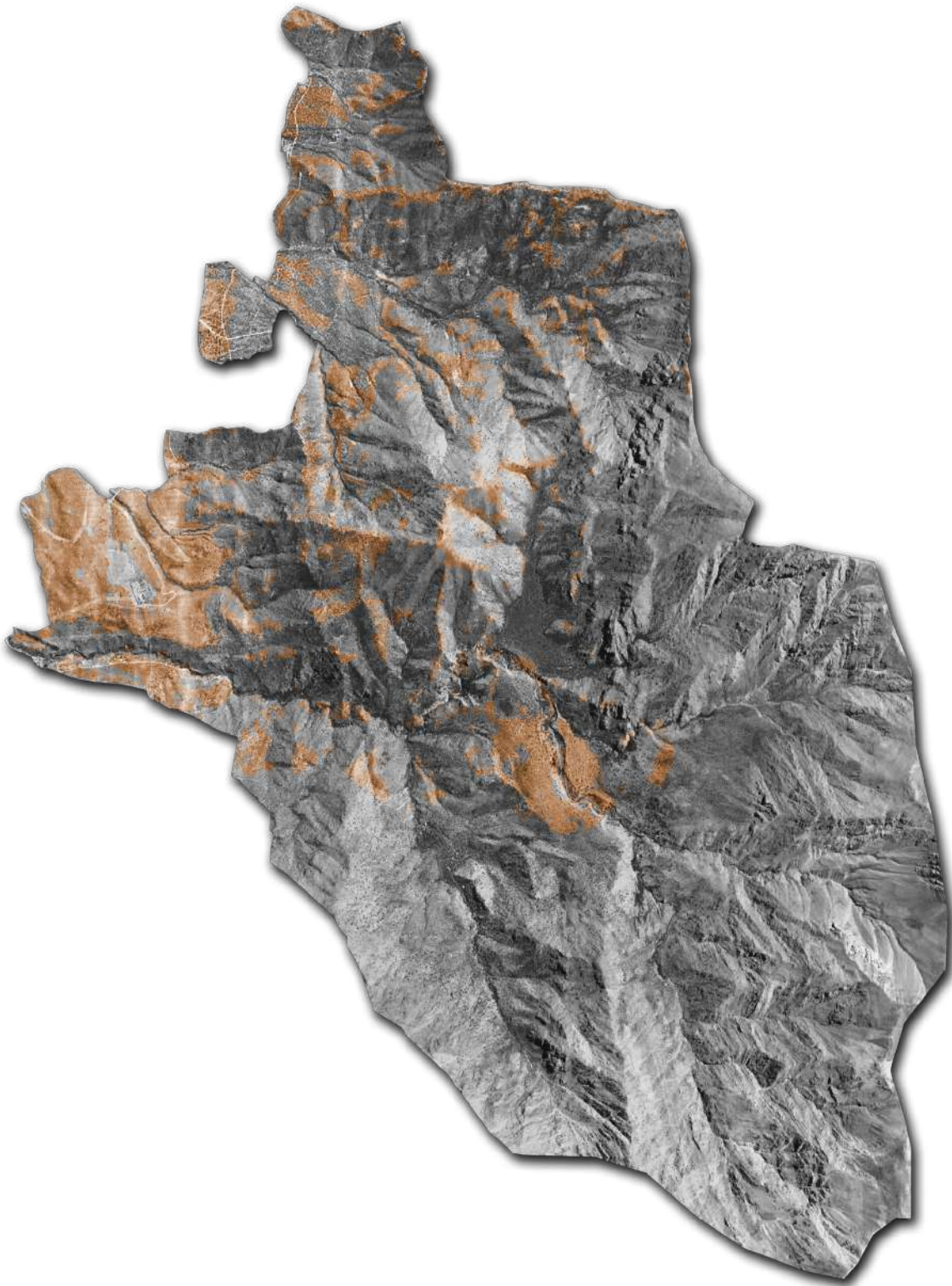
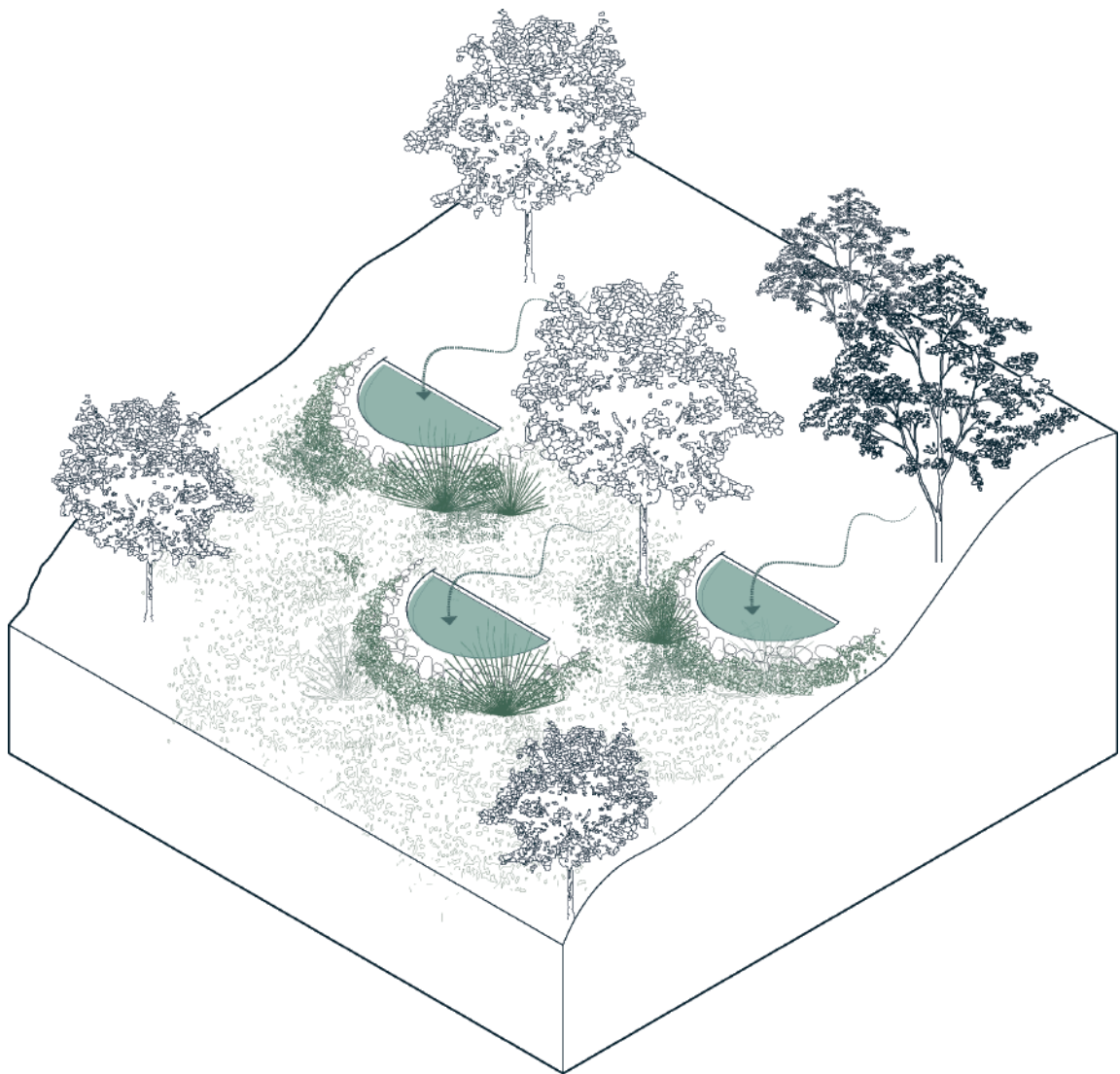
Zonificación y obras de SbN

Zonificación potencial SbN propuestas

OBRAS DE CONSERVACIÓN DE SUELO Y AGUA

Las obras de conservación de suelo y agua son técnicas que capturan agua lluvia y reducen la escorrentía mediante excavaciones y estructuras de contención. Incluyen zanjas de infiltración, obras semicirculares y en media luna con muros de tierra o rocas, gaviones cilíndricos y lagunas de recolección ancestrales. Estas medidas favorecen la infiltración del agua, capturan sedimentos y previenen la erosión al disminuir la velocidad de escorrentía. Sus dimensiones varían según las condiciones del sitio, desde zanjas de 2-6m hasta obras semicirculares de 14-20m de diámetro. Son sistemas efectivos para la conservación hídrica y control de procesos erosivos en diferentes tipos de terreno.

13% de la superficie del área de estudio (692,9 ha)
Caudal base +3250 m3 anuales
Costo de implementación: 23,4 UF/ha

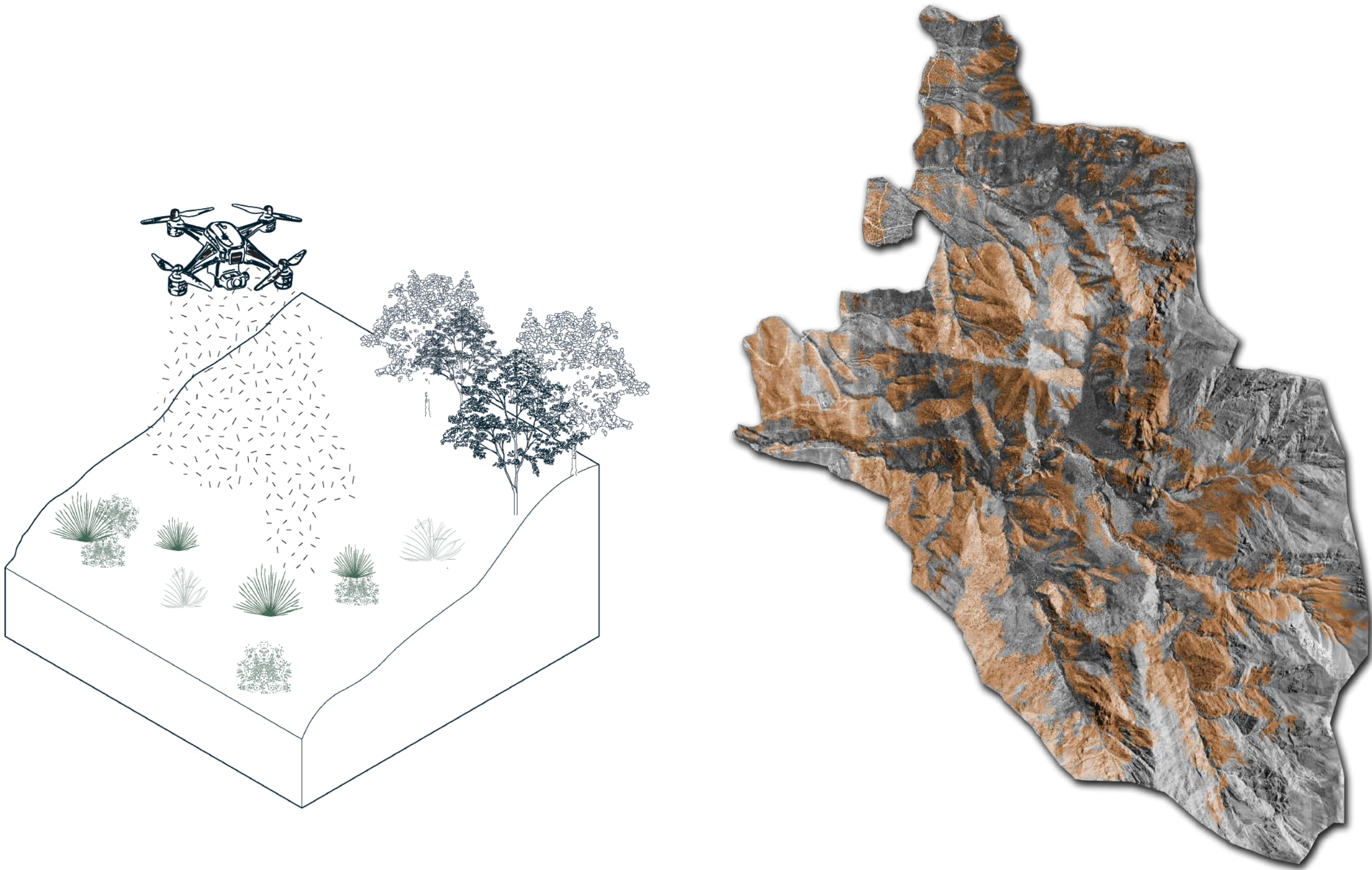


Zonificación potencial SbN propuestas

SIEMBRA

Siembra de plantas herbáceas mediante distintas técnicas (drones, hidrosiembra, siembra directa, entre otros) que permite establecer cobertura vegetal para proteger el suelo de la erosión y mejorar la estabilidad del terreno. Estas técnicas facilitan la germinación y establecimiento de especies nativas o adaptadas que contribuyen a la retención de sedimentos y reducción de la escorrentía superficial. La siembra puede realizarse con equipos especializados, métodos manuales o tecnologías avanzadas según las condiciones topográficas y de acceso del sitio. Las especies seleccionadas varían según el clima, tipo de suelo y objetivos específicos de restauración ecológica.

40% de la superficie del área de estudio (2.119,6 ha)
Caudal base + 3700 m3 anuales
Costo de implementación: 127 UF/ha

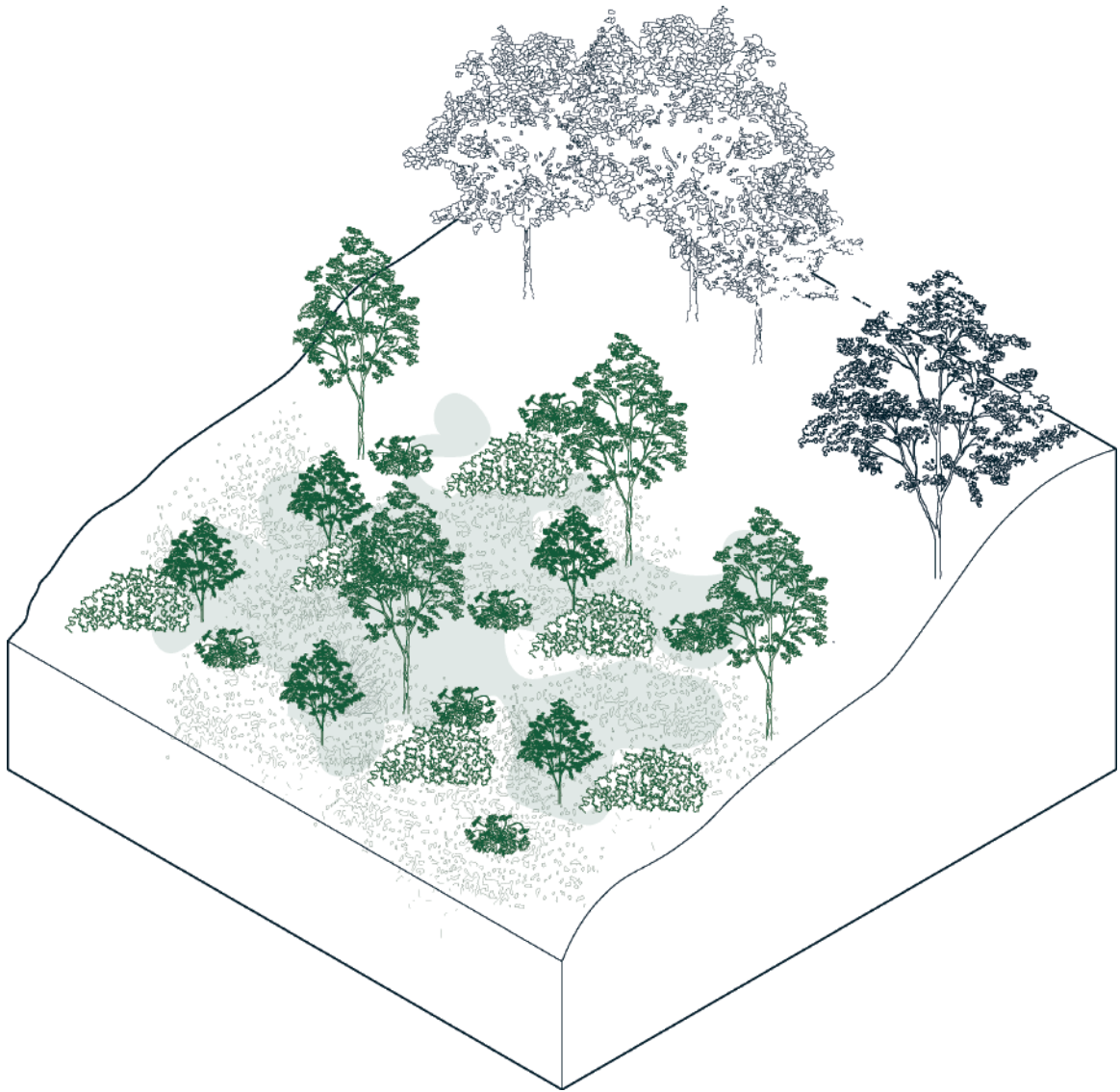


Zonificación potencial SbN propuestas

REFORESTACIÓN

Establecimiento de cobertura vegetal mediante distintas técnicas (plantación de especies arbustivas y leñosas, siembra de precisión con drones, entre otros) que permite restablecer la vegetación en áreas degradadas y controlar procesos erosivos. Estas medidas incluyen la reforestación tradicional con especies adaptadas climáticamente y tecnologías avanzadas que utilizan inteligencia artificial para seleccionar micrositios óptimos de siembra. Los objetivos varían según la ubicación: reducir escorrentía en laderas o aumentar infiltración en áreas planas, siempre buscando la rehabilitación de formaciones vegetales de matorral o bosque.

3,2% de la superficie del área de estudio (170,8 ha)
Caudal base + 3250 m3 anuales
Costo de implementación: 560 UF/ha

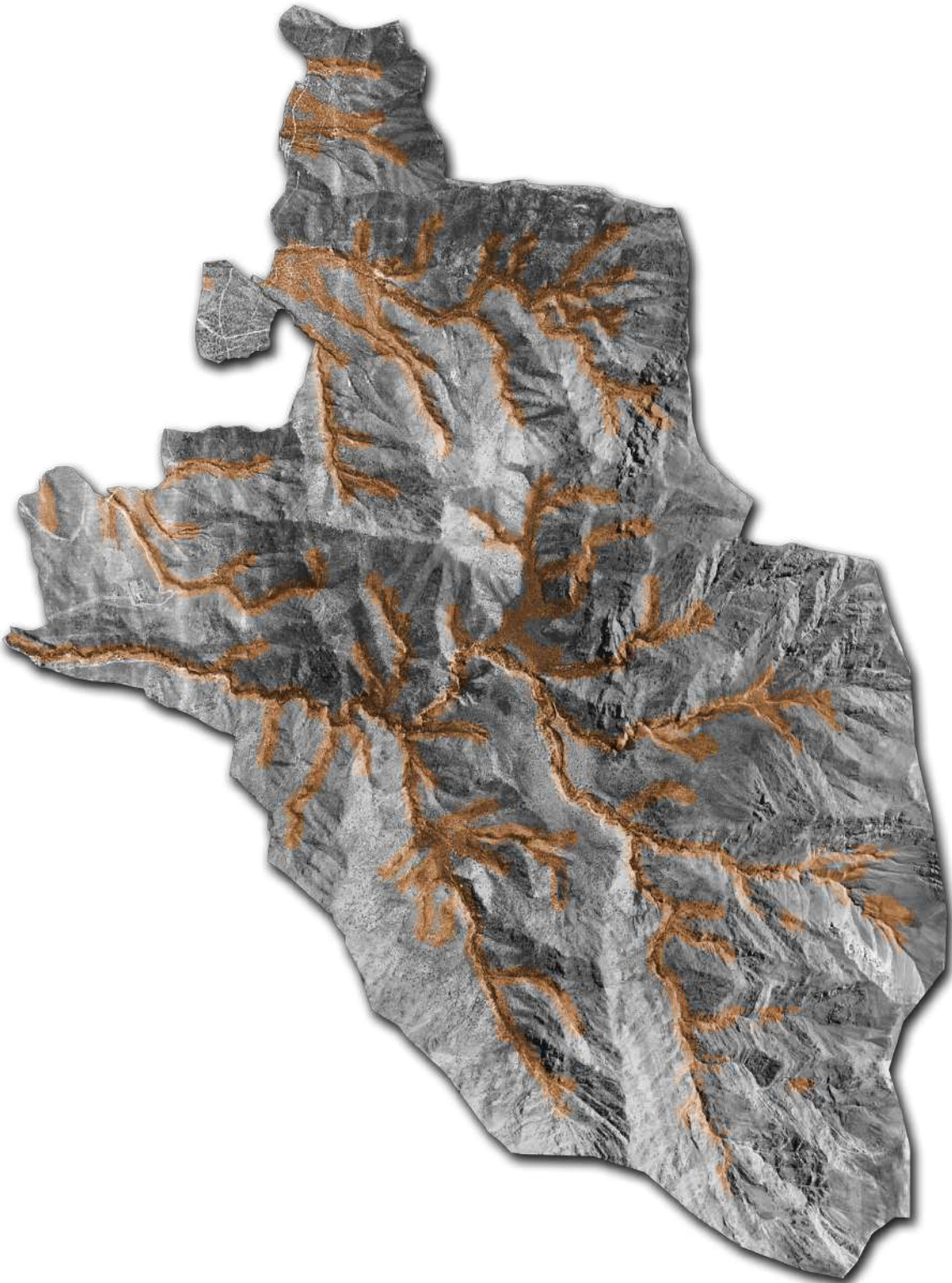
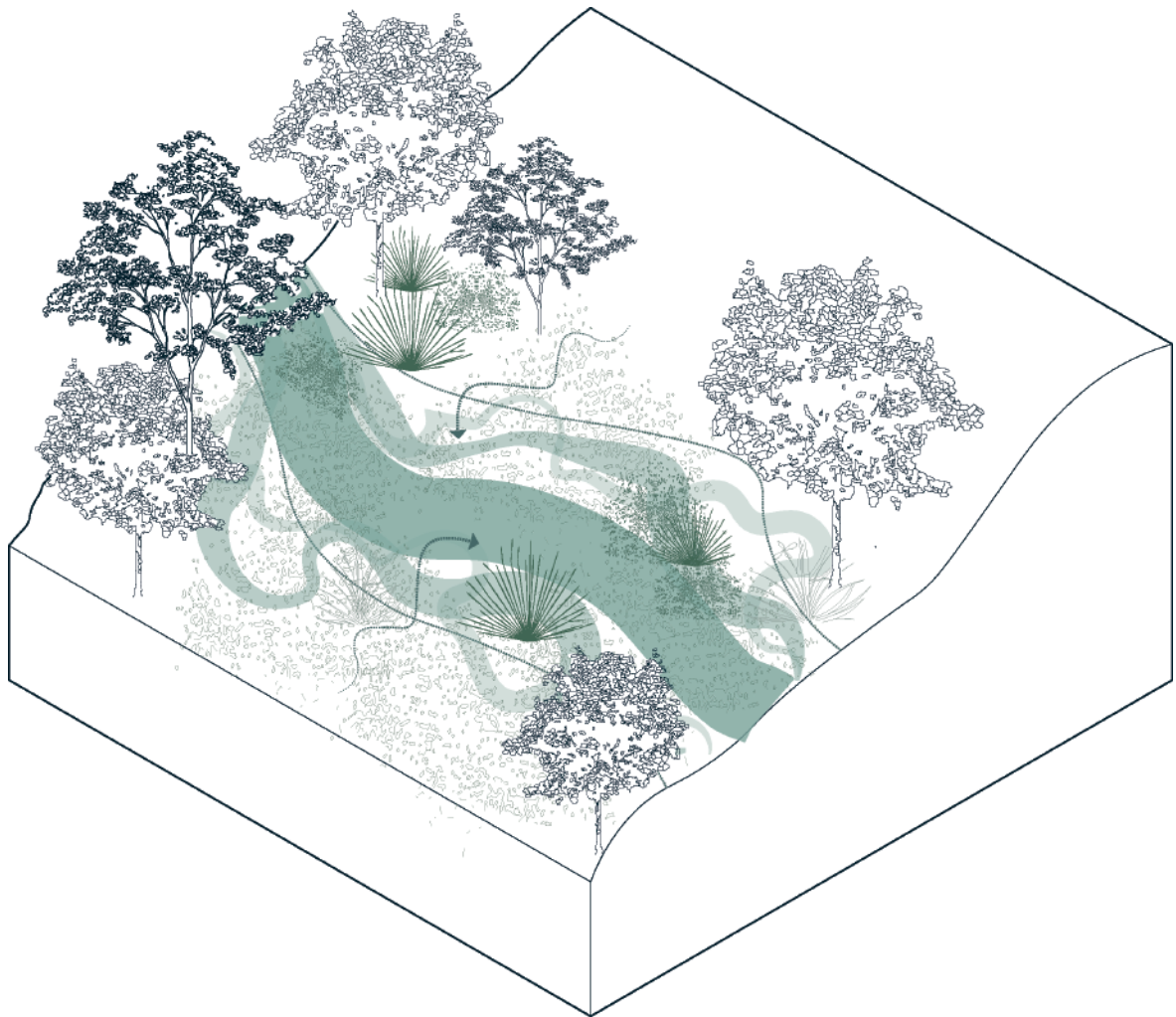


Zonificación potencial SbN propuestas

RESTAURACIÓN / CONSERVACIÓN
DE ZONAS RIBEREÑAS

Establecimiento de cobertura vegetal mediante distintas técnicas (plantación de especies arbustivas y leñosas, siembra de precisión con drones, entre otros) que permite restablecer la vegetación en áreas degradadas y controlar procesos erosivos. Estas medidas incluyen la reforestación tradicional con especies adaptadas climáticamente y tecnologías avanzadas que utilizan inteligencia artificial para seleccionar micrositios óptimos de siembra. Los objetivos varían según la ubicación: reducir escorrentía en laderas o aumentar infiltración en áreas planas, siempre buscando la rehabilitación de formaciones vegetales de matorral o bosque.

21% de la superficie del área de estudio (1.115,9 ha)
Caudal base + 2400 m3 anuales
Costo de implementación: 2,3 UF/ha

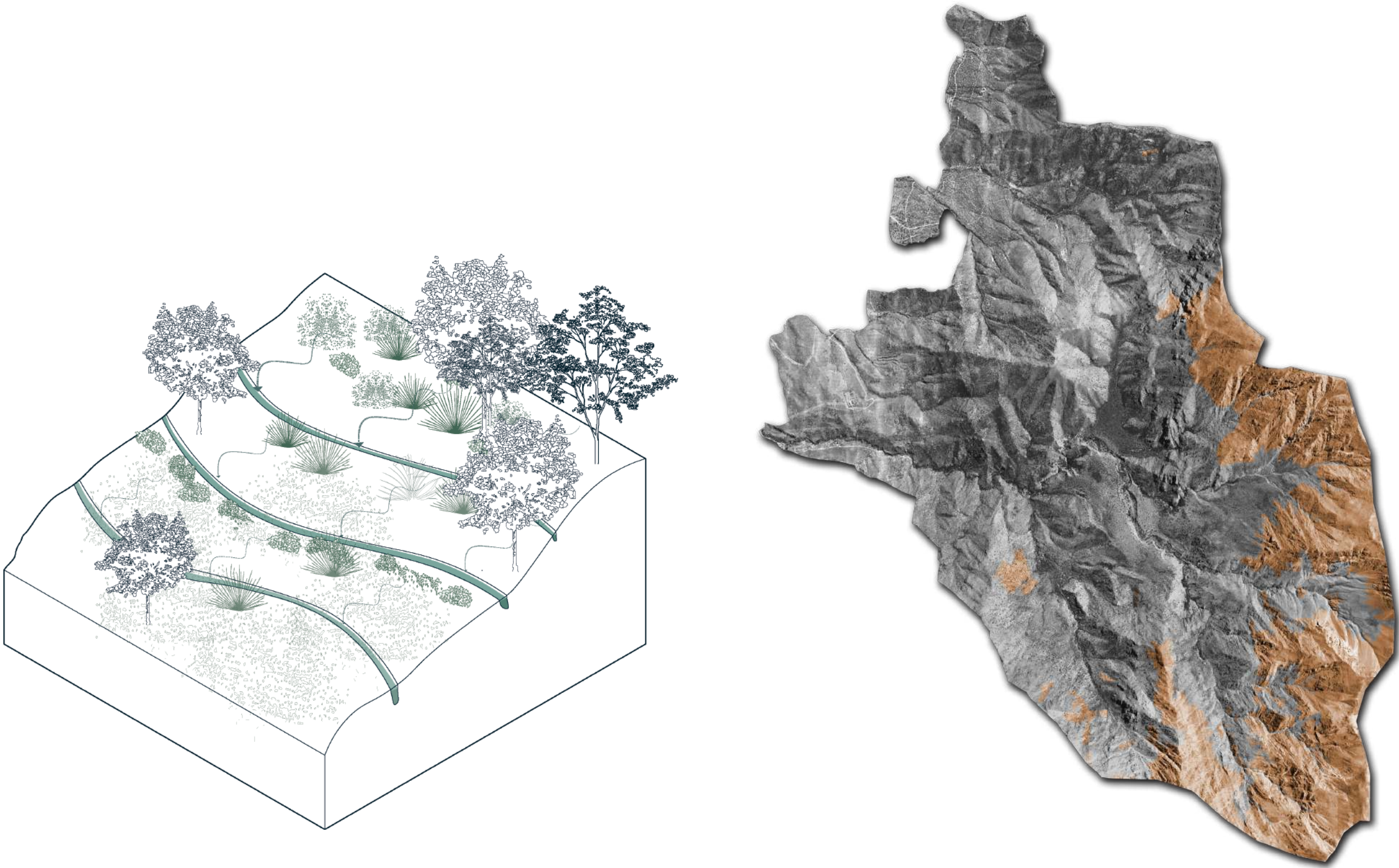


Zonificación potencial SbN propuestas

ACEQUIAS DE CAREO / AMUNAS

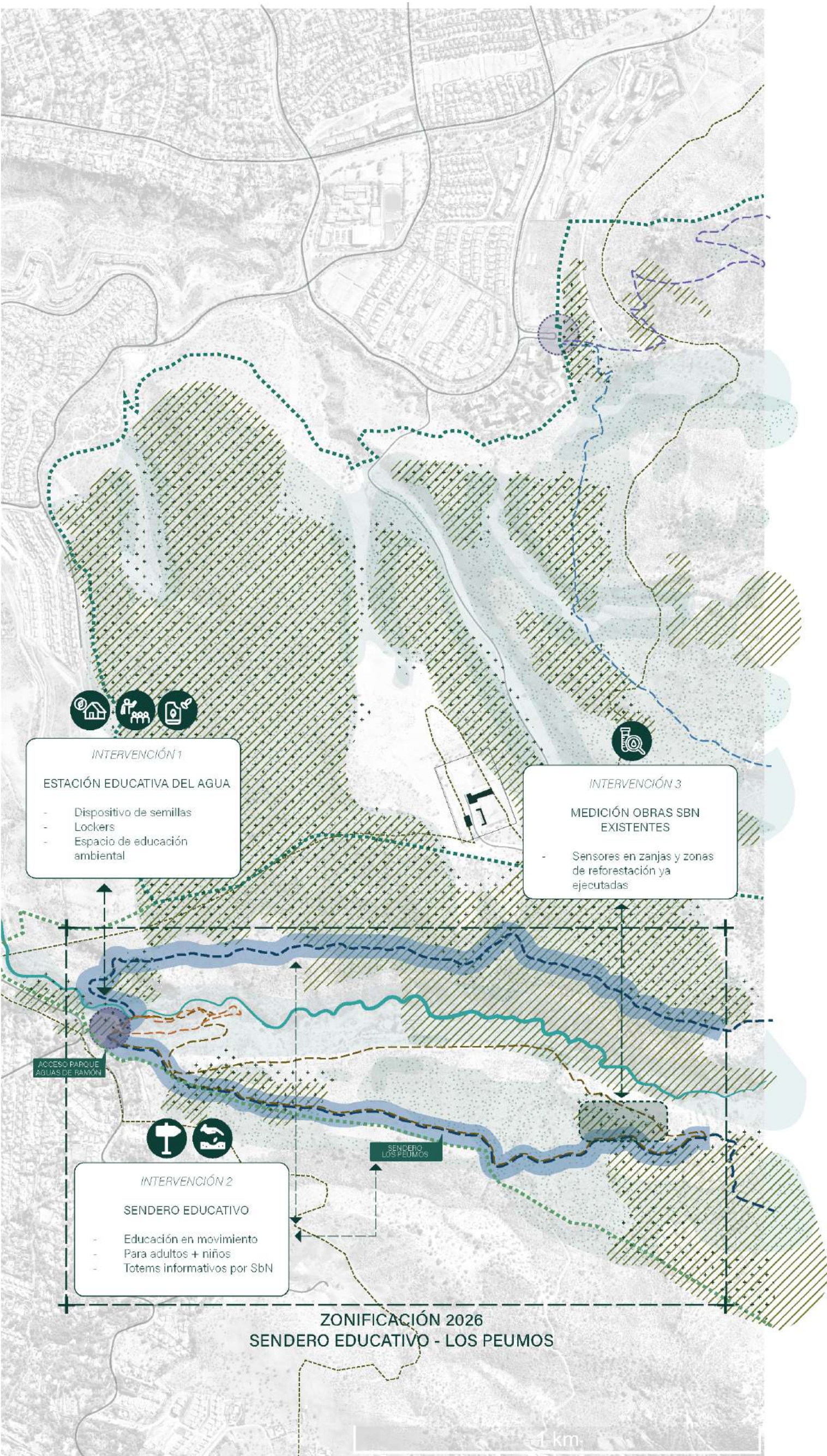
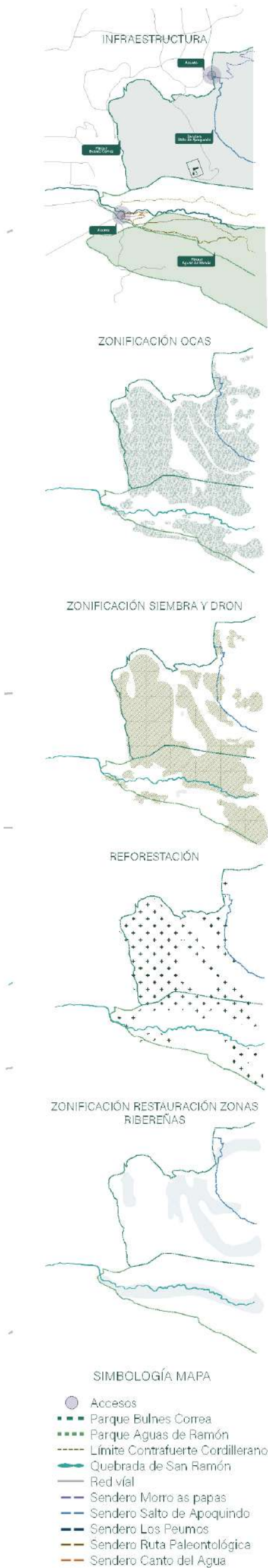
Construcción de canales de infiltración y desviación mediante técnicas de excavación manual no impermeabilizada (acequias de careo/Amunas) que permiten capturar y redistribuir agua proveniente de lluvias, deshielo o escorrentía superficial. Estos sistemas ancestrales de montaña desvían parte del caudal hacia zonas específicas de alta infiltración, favoreciendo la recarga de acuíferos y la redistribución hídrica a lo largo del canal. La construcción manual sin impermeabilización permite la infiltración gradual del agua en el perfil del suelo durante su transporte hacia áreas designadas. Son medidas tradicionales efectivas para el manejo sostenible del recurso hídrico en ecosistemas de montaña y la conservación de agua subterránea.

- 22% de la superficie del área de estudio (1.181,6 ha)
- Percolación + 30 – 40%
- Costo de implementación: 1460 UF/ha
- Costo mantención: 500 UF/año



5.6

Propuesta de sendero educativo en Zona Aguas de Ramón



ESTRATEGIA DE RETENCIÓN HÍDRICA