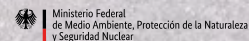


Contribuyendo a la Seguridad Hídrica desde la Sierra de Lima

Acciones, actores y
retornos proyectados



Fomentado por el:



en virtud de una resolución del Parlamento de la República Federal de Alemania





**Contribuyendo a la Seguridad Hídrica
desde la Sierra de Lima:
Acciones, actores y retornos proyectados**

Con el apoyo de:

Coca Cola Perú
Arca Continental – Lindley
Federal Ministry for the Environment,
Nature Conservation and Nuclear Safety
Alianza Latinoamericana de Fondos de Agua

Fotografías:

Alfredo Salinas Castro– The Nature Conservancy
Aldo Cardenas – The Nature Conservancy
Fondo de agua para Lima y Callao - AQUAFONDO
Jair Guillén Schwarz
Javier Bellina Mellet

Editado por:

Viviana Mellet Carrera

Coordinación General:

Javier Bellina Mellet

Diseño y Diagramación:

Adrian Pérez Eguren

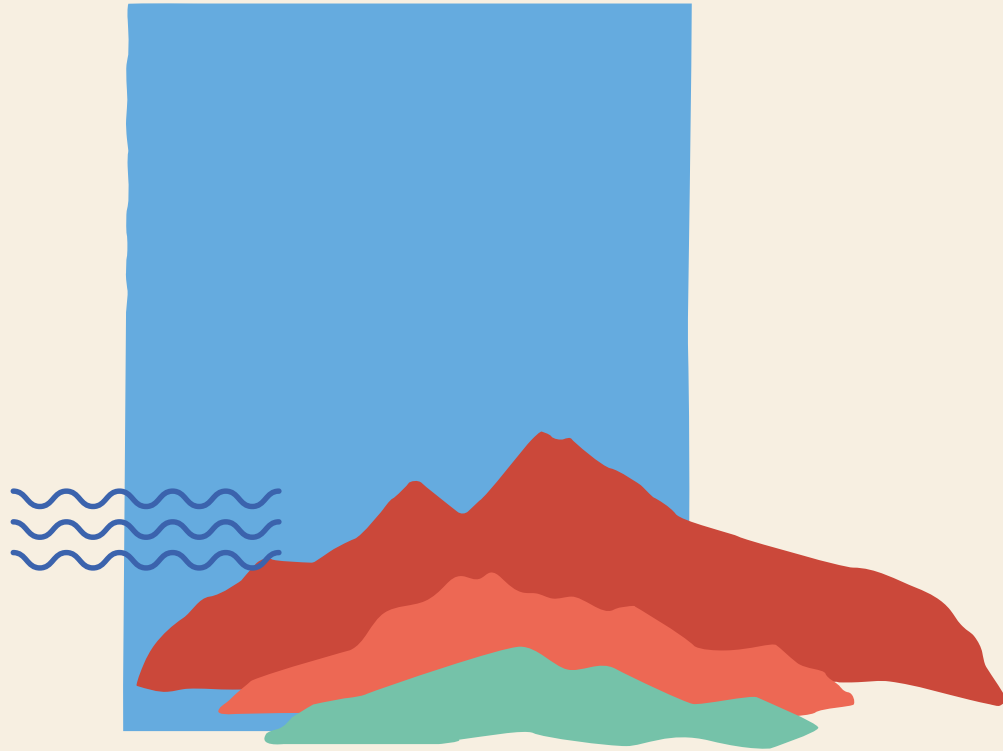
Co Autoría:

Alfredo Salinas Castro
Aldo Cardenas Panduro

Información de Contacto:

The Nature Conservancy
Aldo Cárdenas Panduro
Water Fund Coordinator – Perú
Av. Alfredo Benavides 1180 Dpto. 1102, Miraflores
Tel. +51 7190770
e-Mail: aldo_cardenas@tnc.org

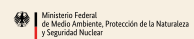




Contribuyendo a la Seguridad Hídrica desde la Sierra de Lima



Fomentado por el:



en virtud de una resolución del Parlamento de la República Federal de Alemania

ÍNDICE



	Prólogo y Agradecimientos	
	INTRODUCCIÓN	11
I.	LOS MECANISMOS DE RETRIBUCIÓN POR SERVICIOS ECOSISTÉMICOS HÍDRICOS (MERSEH)	15
II.	LIMA Y LA SEGURIDAD HÍDRICA	21
	La Cuenca del río Rímac	
	La Subcuenca Santa Eulalia	
III.	DIAGNÓSTICO HÍDRICO RÁPIDO (DHR)	38
	Microcuenca Curicocha	
	Microcuenca Llamacochoa	
	Microcuenca Cashapampa	
	Definición de indicadores y monitoreo para evaluar el impacto	
IV.	EL USO DEL SUELO: CLAVE PARA ENFRENTAR LOS DESAFÍOS DE LA SEGURIDAD HÍDRICA	117
	Efectos del cambio del uso y cobertura del suelo en el régimen hidrológico del río Santa Eulalia, río Blanco y Marcacochoa	
V.	EVALUACIÓN DE LA INVERSIÓN EN MEDIDAS DE INFRAESTRUCTURA NATURAL - MILLOC	143
VI.	CONCLUSIONES	163
VII.	BIBLIOGRAFÍA	165



PRÓLOGO Y AGRADECIMIENTOS



La seguridad hídrica es una preocupación global que ha venido ganando relevancia con el crecimiento de la población urbana. En el mundo, Latinoamérica ostenta una de las mayores tasas, con el 80% de sus habitantes viviendo en las urbes y una expectativa de alcanzar el 90% para el 2050.

En Lima, capital del Perú, vive el 70% de la población nacional -en su mayoría concentrada en la zona urbana- y se desarrolla la mayor parte de las actividades económicas. Ubicada en la cuenca del Pacífico y abasteciéndose de alrededor del 2% del agua superficial disponible en el país, su seguridad hídrica es un tema de importancia vital. Cada vez existe mayor conciencia sobre el hecho de que el agua no es un recurso infinito y de que su calidad es altamente vulnerable. El agua para Lima proviene de la sierra y, desde su punto de origen más distante hasta la ciudad, hace un recorrido de 160 km. En ese trayecto, el agua se alimenta de ecosistemas como nevados, lagunas, bofedales, pastizales y matorrales y, gracias a una serie de represas, canales y túneles, llega hasta la planta de tratamiento ubicada en la ciudad. Debido a las actividades antrópicas y el cambio climático, estos ecosistemas vienen sufriendo graves estragos. Además, en su recorrido hasta la planta, el agua pierde considerablemente su valor natural debido a la gran cantidad de contaminantes que se encuentran principalmente en las cuencas de los ríos Rímac y Chillón. Solo en el caso de la cuenca del río Rímac, existen al menos 722 fuentes contaminantes por vertimientos de aguas residuales industriales y municipales sin autorización, vertimientos de aguas residuales de origen mineros, agrícola, agroindustrial, desmonte de mina, botadero de residuos sólidos, y tuberías conectadas al cauce¹. Cómo darle seguridad hídrica a una ciudad que crece continuamente y que debe lidiar con estos desafíos? Existen varios proyectos de inversión en cartera que buscan traer agua más allá del horizonte, como construir más presas y

túneles; sin embargo, el sistema de inversión hace que estos proyectos demoren más de 20 años en hacerse realidad.

Sin duda son necesarias estas obras a fin de satisfacer la demanda, pero es necesario tomar en cuenta que es indispensable que este tipo de infraestructura vaya acompañada de inversiones en el cuidado de los ecosistemas y en infraestructura natural.

The Nature Conservancy (TNC) promueve el desarrollo de la infraestructura natural para contribuir a la reducción de los riesgos de abastecimiento de agua potable en las ciudades con mayor riesgo hídrico de América Latina, como Lima. Ello implica fortalecer las acciones de conservación en lagunas, pajonales de puna, bosques y bofedales. Estos ecosistemas cumplen una función ecológica vital al brindar beneficios como retención de sedimentos, filtración de contaminantes y regulación hídrica, sin los cuales se encarece la operación de la infraestructura “gris” como presas, plantas de tratamiento, tuberías, túneles, entre otras.

En septiembre de 2018 TNC, con apoyo del BID, contrató los servicios de la Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC) para la “Formulación de un portafolio de actividades para la conservación y restauración de infraestructura verde localizada entre las cuencas de Chillón, Rímac, Lurín y Alto Mantaro, de manera que se maximice la oferta de servicios ecosistémicos hidrológicos, y la elaboración de fichas de inversiones”. Durante la elaboración del trabajo, y con la finalidad de afinar los productos a entregar, se mantuvo una estrecha y continua coordinación con el principal beneficiario, la empresa prestadora de servicios de agua, SEDAPAL. Finalmente, se acordó presentar tres productos: i) tres fichas de proyectos de inversión pública, con la justificación técnica y económica; ii) modelamiento hidrológico en tres microcuencas priorizadas por SEDAPAL; y iii) estimación del retorno de inversión (ROI) en uno de los proyectos de servicios ecosistémicos a implementarse por SEDAPAL.

El producto de mayor interés para SEDAPAL y el que demandó mayor tiempo de elaboración, -casi un año- fue el que contiene las fichas de inversión, debido a que son las primeras fichas en servicios ecosistémicos que se hacen bajo el nuevo sistema “invierte.pe”. Hay que considerar, sin embargo, que el estudio que aporta el sustento técnico a las fichas es el Diagnóstico Hídrico Rápido (DHR). Esta



herramienta fue de gran importancia porque nos permitió entender mejor los procesos hidrológicos en las microcuencas y caracterizar los servicios ecosistémicos hídricos. Asimismo, el modelamiento hidrológico con la herramienta SWAT fue importante para conocer el impacto de las intervenciones en la cantidad de agua adicional que se almacena en los ecosistemas. Finalmente, el análisis de retorno de inversión ROI del proyecto “Recuperación del servicio ecosistémico de regulación hídrica de la Microcuenca Milloc en la comunidad de Carampoma”, por su ubicación en una zona de interés de SEDAPAL, nos permitió evaluar y justificar económicamente la implementación de estos proyectos con los recursos tarifarios recaudados por la empresa SEDAPAL.

Este libro tiene como objetivo dar a conocer cómo se viene abordando el tema de la infraestructura natural para la seguridad hídrica de Lima. Se ha logrado importantes avances en la implementación de la tarifa de agua para servicios ecosistémicos en otras regiones como Cusco y Ayacucho, los que pueden servir de modelo también para Lima. Si bien el documento hace referencia a la cuenca de los ríos Chillón, Rímac, Lurín y Alto Mantaro como principales aportantes de agua para Lima, existen otras cuencas, como la del río Chilca, ubicada al sur de Lima, en las que TNC también viene trabajando con apoyo del sector privado. En la cuenca del río Chilca, se viene implementado intervenciones en campo que pueden servir de referencia para la empresa de agua de Lima, SEDAPAL, a fin de incluirlas en sus inversiones como parte de la tarifa por mecanismos de retribución.



1 Autoridad Nacional del Agua. Informe Técnico de Resultados del Primer Monitoreo Participativo de la Calidad de Agua Superficial de la Cuenca del Río Rímac. Lima, Diciembre, 2015.





INTRODUCCIÓN



El Perú es un país rico en diversidad de ecosistemas. Sus 68'422,585 ha² de bosques lo ubican entre los 10 países con mayor superficie forestal en el mundo y en el segundo lugar en América Latina y al menos 8 millones de hectáreas de nueve tipos de humedales se cuentan a nivel nacional⁵. Ambos ecosistemas, de crucial importancia para el suministro de agua, se ven amenazados y, con ellos, el suministro de agua para la población. 2'284,888 ha de bosques se han perdido en el Perú entre 2001 y 2018⁴, y los humedales constituyen el ecosistema más susceptible a la degradación: entre 64 a 71% de humedales han desaparecido globalmente en el siglo XX⁵. Añadido a ello, el Perú ha sido considerado como el tercer país más vulnerable a los efectos del cambio climático en el mundo, después de Bangladesh y Honduras⁶. Los fenómenos hidrometeorológicos aumentaron más de seis veces entre 1997 y 2006 y los eventos climáticos extremos como huaicos, inundaciones, heladas y el fenómeno de El Niño han incrementado su frecuencia e intensidad. Estos factores colocan a la seguridad hídrica del Perú en una situación crítica.

El Estado Peruano, consciente de la alta vulnerabilidad de la seguridad hídrica en el Perú, aprueba la Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos - Ley N° 30215 (MINAM 2014) como marco normativo para la promoción de la inversión pública y privada en la conservación, recuperación y uso sostenible de los ecosistemas que proveen los diversos servicios de los que se beneficia la población urbana y rural.





En este contexto, The Nature Conservancy – TNC, comprometida con la conservación de la tierra y el agua, ha formulado tres proyectos de inversión pública en el marco de los MERESEH. Estos proyectos se ubican en el ámbito de tres áreas priorizadas en la microcuenca del río Pillihua, tributaria de la cuenca Rímac, de la que depende principalmente el suministro de agua para la ciudad de Lima: las microcuencas Curicocha, Llamacocha y Cas-hapampa, todas pertenecientes a la Comunidad de San Juan de Iris.

Para el efecto, se llevó a cabo un Diagnóstico Hídrico Rápido (DHR) y, complementariamente, un análisis SWAT para determinar el aporte hídrico de diversos usos del suelo y un análisis proyectado del retorno de la inversión (ROI).

Esta publicación detalla los resultados de los estudios que sustentan técnicamente las intervenciones proyectadas y los escenarios que demuestran su factibilidad financiera.



2 <http://geobosques.minam.gob.pe/geobosque/view/perdida.php>, al 2018, consultado el 14/12/2019

3 <https://www.sernanp.gob.pe/documents/10181/104923/0HUMEDALES+%284%29.pdf/fa45aa19-1670-401f-91f6-ac667eaaf513>, consultado 14/12/2019

4 <http://geobosques.minam.gob.pe/geobosque/view/perdida.php>, consultado el 14/12/2019

5 Minam, "La Ana y la Conservación de Humedales", <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2019/03/La-ANA-y-la-conservaci%C3%B3n-de-humedales.pdf>

6 The Tyndall Center (2014)



I. LOS MECANISMOS DE RETRIBUCIÓN POR SERVICIOS ECOSISTÉMICOS HÍDRICOS (MERESEH)



El 20 de julio de 2016, el Estado Peruano, a través del Decreto Supremo N° 009-2016-MINAM, aprueba el reglamento de la Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos-MERESE. Este reglamento destaca el artículo 67° de la Constitución Política del Perú mediante el cual se establece que el Estado determina la Política Nacional del Ambiente y promueve el uso sostenible de los recursos naturales. Asimismo, destaca el artículo 94° de la Ley General del Ambiente - Ley N° 28611 mediante el cual se reconoce que los recursos naturales y demás componentes del ambiente cumplen funciones que permiten mantener las condiciones de los ecosistemas y del ambiente, generando beneficios que se aprovechan sin que medie retribución o compensación, por lo que el Estado establece mecanismos para valorizar, retribuir y mantener la provisión de dichos servicios ambientales, procurando lograr la conservación de los ecosistemas, la diversidad biológica y los demás recursos naturales.

Los MERESE constituyen, en la práctica, instrumentos e incentivos para generar, canalizar, transferir e invertir recursos económicos, financieros y no financieros, a través de acuerdos voluntarios entre los contribuyentes y retribuyentes al servicio ecosistémico. En ese escenario, el contribuyente se define como la persona, natural o jurídica, pública o privada, que a través de acciones técnicamente viables favorece a la conservación, recuperación y uso sostenible de las fuentes de los servicios ecosistémicos; y el retribuyente se define como la persona, natural o jurídica, pública o privada, que, obteniendo un beneficio económico, social o ambiental, retribuye a los contribuyentes por el servicio ecosistémico. De esa manera, se fomenta y garantiza la conservación, recuperación y uso sostenible

de las fuentes de los servicios ecosistémicos, los cuales son beneficios económicos, sociales y ambientales que se obtienen del buen funcionamiento de los ecosistemas.

Los servicios ecosistémicos que pueden formar parte de un MERESE son: la regulación hídrica, el mantenimiento de la biodiversidad, el secuestro y almacenamiento de carbono, la belleza paisajística, el control de la erosión de suelos, la provisión de recursos genéticos, la regulación de la calidad del aire, la regulación del clima, la polinización, la regulación de riesgos naturales, la recreación y ecoturismo, el ciclo de nutrientes y la formación de suelos.

En ese contexto, los Mecanismos de Retribución Económica por Servicios Ecosistémicos Hídricos (MERESEH), son aquéllos orientados a acciones que mejoran la calidad, cantidad y oportunidad del servicio ecosistémico hídrico para uso poblacional, de riego y para la generación de energía, entre otros.

Con la aprobación de la Ley de Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento - Decreto Legislativo N°1280, de fecha 28 de diciembre de 2016, y su reglamento, se establece que las empresas prestadoras (EPS) pueden reservar en una cuenta intangible un porcentaje de sus ingresos para la implementación de MERESEH, así como se

las faculta a formular, evaluar, ejecutar y asumir los costos de operación y mantenimiento de los proyectos de inversión pública destinados a las acciones de conservación, recuperación y uso sostenible de las fuentes de los servicios ecosistémicos. Ello es complementado con la Directiva de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento – SUNASS sobre Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos Hídricos implementados por las Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento, aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N° 039-2019-SUNASS-CD, de fecha 20 de noviembre de 2019. Las intervenciones de los MERESEH son complemen-

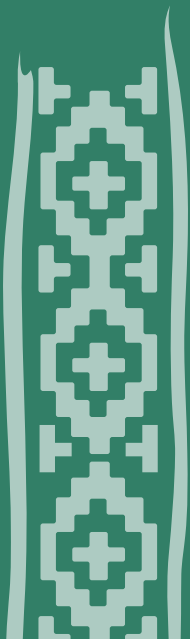




tarias a los demás proyectos de inversión considerados por la EPS en sus fuentes de captación y pueden insertarse en el marco de las medidas de adaptación al cambio climático y de gestión de riesgos de desastres. Asimismo, los recursos recaudados por concepto de MERESEH pueden ejecutarse a través de las modalidades de proyectos de inversión pública, transferencia a los contribuyentes o convenios y/o contratos con entidades especializadas en manejo de los fondos ambientales debidamente conformadas por la ley. Finalmente, las intervenciones pueden comprender una o más cuencas, microcuencas, cabeceras de cuenca o fuentes de agua.

Entre otros requisitos establecidos, el primer paso para el diseño de un proyecto MERESEH, es la elaboración de un Diagnóstico Hídrico Rápido (DHR) siguiendo las pautas metodológicas de la “Guía de DHR”, que pueden ser complementadas con otras que se consideren relevantes.

El Estado Peruano, reconociendo que las intervenciones de infraestructura natural son cruciales para la seguridad hídrica, da un gran paso adelante en los esfuerzos para enfrentar los enormes desafíos que el cambio climático, el crecimiento demográfico y los cambios en la utilización de la tierra representan para la seguridad hídrica y la construcción de la resiliencia del Perú.



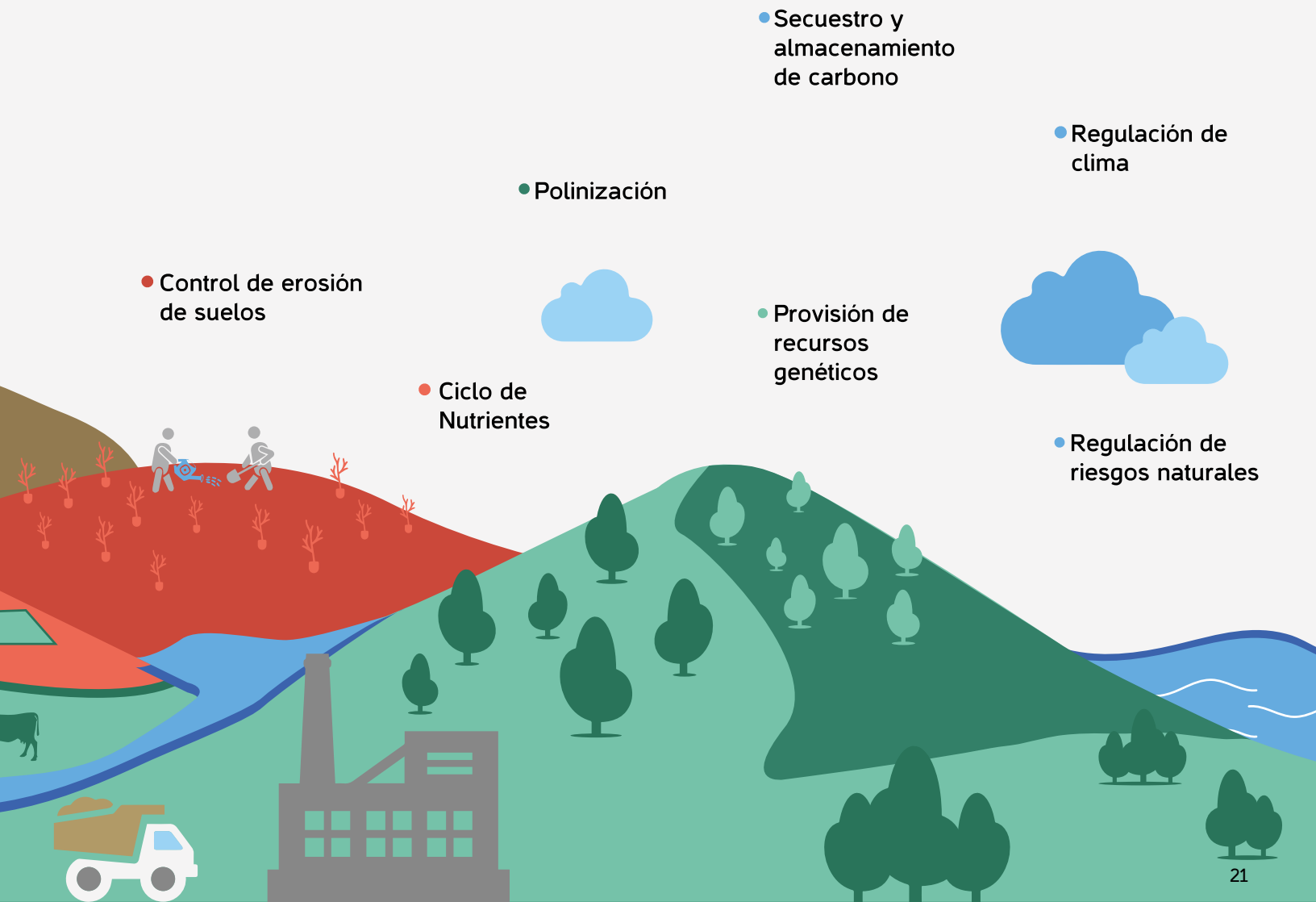
Servicios Ecosistémicos que forman parte de los MERESE reconocidos en el Reglamento de la Ley N° 30215

- Belleza Paisajística
- Recreación y Ecoturismo
- Regulación de la calidad de aire
- Mantenimiento de la Biodiversidad

Regulación Hídrica



Beneficios económicos, sociales y ambientales, directos e indirectos, que las personas obtienen del buen funcionamiento de los ecosistemas



II. LIMA Y LA SEGURIDAD HÍDRICA



La ciudad de Lima, cuya población bordea los 10 millones de habitantes, concentra casi un tercio de la población nacional y es la segunda mayor metrópolis ubicada en una zona árida después de El Cairo en Egipto. Aunado a ello, su situación actual con respecto a la disponibilidad del agua se encuentra en un estado crítico debido al incremento poblacional, la rápida expansión urbana, su uso ineficiente, la falta de instrumentos adecuados para su gestión y la grave degradación ambiental de sus cuencas hidrográficas.

Lima, la capital del Perú, está situada en medio del desierto costero en la zona central del país, a orillas del océano Pacífico, y se extiende sobre los valles de los ríos Chillón, Rímac, Lurín y Chilca. Según las proyecciones del Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI a partir del censo de 2017, la población de Lima es de aproximadamente 10 millones de habitantes, lo que representa alrededor del 30% de la población peruana y la hace la ciudad más poblada del país. Lima Metropolitana se encuentra en una situación preocupante con respecto a su provisión de agua a futuro, ya que es considerada una de las 20 grandes ciudades en el mundo en situación de estrés hídrico⁷ y se han identificado riesgos que amenazan su provisión de agua, relacionados con las variaciones de temperatura y precipitación producto del cambio climático⁸. Estas condiciones se combinan con la expansión poblacional de la capital peruana, que presiona con una mayor demanda de agua para usos consuntivos y la degradación de los ecosistemas de zonas altoandinas, determinantes para la provisión de servicios ecosistémicos hidrológicos. Considerando la capacidad de estos ecosistemas de contribuir con la provisión de agua y regulación hídrica, se hace imperativo atender su deterioro mediante estrategias de recuperación y uso sostenible.

Fuentes de agua para Lima

El abastecimiento de agua para Lima, tanto para consumo humano como para las actividades productivas, depende de las cuencas conformadas por los ríos Chillón, Rímac, Lurín, Chilca y Alto Mantaro.

La Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento de Lima y Callao (EPS SEDAPAL), dispone de 3 puntos de captación de agua superficial para realizar el abastecimiento de la ciudad de Lima: La PTAP La Atarjea y la

PTAP Huachipa, para captación de las aguas del Rímac, y la PTAP Chillón para captación de las aguas del río Chillón.

7 McDonald et al., 2014

8 Senamhi, 2016

Gráfico 1:

Fuentes de agua para Lima -
Elaboración propia (PMO Sedapal,
Plan Maestro 2014)

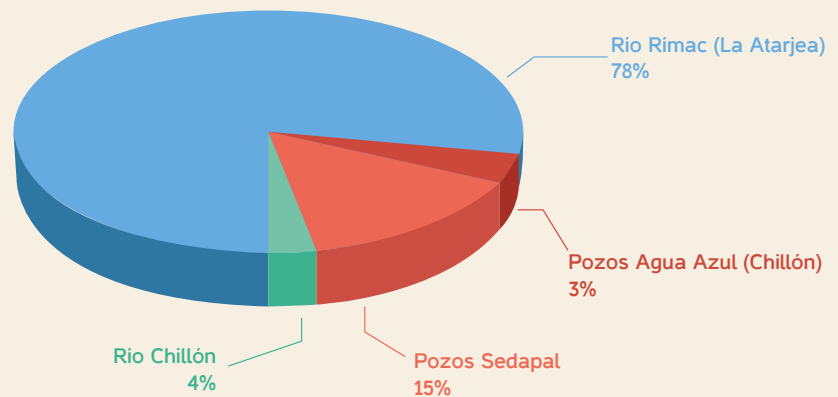


Gráfico 1.1:

19 lagunas reguladas y 3 represas permiten almacenar hasta 331 millones de m³ de agua.

Fuente: Informe de sostenibilidad Sedapal 2018

Mapa 1:

Sistema hidráulico de las cuencas Chillón, Rímac, Lurín y Alto Mantaro



Fuente: OA-CHIRILU (ANA, 2019)⁹

Las fuentes subterráneas provienen de los acuíferos de los ríos Rímac, Chillón y Lurín y en conjunto aportan un aproximado de 18%, mientras que un 82% del agua para Lima proviene de las fuentes superficiales del río Chillón y el río Rímac, siendo este último el mayor aportante del recurso hídrico.

⁹ <http://observatoriochirilulu.ana.gob.pe/>

La Cuenca del río Rímac

La cuenca del río Rímac aporta el 78% del agua para abastecer a la ciudad de Lima. Tiene su nacimiento en el nevado Paca, en la vertiente occidental de la cordillera de los Andes, a una altitud aproximada de 5,508 metros sobre el nivel del mar. Se extiende desde el noreste de Lima para desembocar en el océano Pacífico, en el Callao, tras un recorrido de alrededor de 170 kilómetros. El área total de captación es de 3,132 km², que

incluye aquélla de sus principales tributarios, Santa Eulalia (1,097.7 km²) y Río Blanco (193.7 km²). Tiene en total 191 lagunas, de las cuales sólo 89 han sido estudiadas. Está considerada como la más poblada a nivel nacional. Si bien el 99,7% de la población habita en centros poblados considerados urbanos, en la parte alta de esta cuenca se encuentran 382 centros poblados con menos de 100 habitantes por centro poblado¹⁰.

El uso principal del agua es para consumo humano y generación de energía: en la cuenca del Rímac se ubican 6 de las más importantes centrales hidroeléctricas del país. Además, sus aguas satisfacen la demanda de uso agrícola de las áreas cultivables del valle.

¹⁰ PNUD, 2009



Mapa 2:

Demanda de agua superficial en el ámbito de las cuencas Chillón, Rímac y Lurín



Fuente:
OA - Chirillu (ANA 2019)

De acuerdo a los volúmenes otorgados por derechos de uso de agua superficial vigentes al 2017, el uso energético es el de mayor demanda; si bien no es consuntivo, puede llegar a modificar drásticamente la dinámica del caudal del río a través de la infraestructura hidráulica constituida por represas, trasvases, túneles, entre otros. Esto puede generar conflictos por la oportunidad del uso durante las épocas secas. En segundo lugar, se encuentra el uso poblacional que supera al uso agrario, considerando la gran cantidad de habitantes que abastecer, así como el cambio de uso de las tierras agrícolas a zonas urbanas a lo largo de los últimos años.



3073

Gráfico 2:
Derechos de uso de agua
superficial de las cuencas
Chillón, Rímac y Lurín

767

- Energético
- Poblacional
- Agrario
- Industrial
- Minero

95

28

13

Rímac

94

65

38

38

2

Chillón

45

0.40

Lurín

Fuente:

OA - Chirillu

*Expresado en hm³ (millones de m³)

■ Fuentes del río Rímac

Lagunas represadas, lagunas naturales, manantiales, presas, quebradas y ríos, conforman las 630 fuentes superficiales que aportan sus aguas al río Rímac para el abastecimiento de la ciudad de Lima. En el gráfico se detalla las subcuencas y sus respectivas microcuencas, cuyas aguas discurren hacia el cauce principal de la cuenca del río Rímac para posteriormente ser captadas por la EPS para su distribución a la ciudad de Lima.

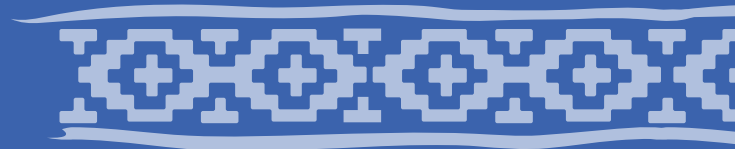


Gráfico 3:

Inventario de fuentes superficiales de aporte al Río Rímac







La Subcuenca Santa Eulalia

En la Subcuenca Santa Eulalia se concentran 336 fuentes de agua, que contribuyen con el 53% del volumen anual disponible del río Rímac. En la parte alta, un conjunto de lagunas represadas aporta un total de 77 millones de metros cúbicos, además de conducir

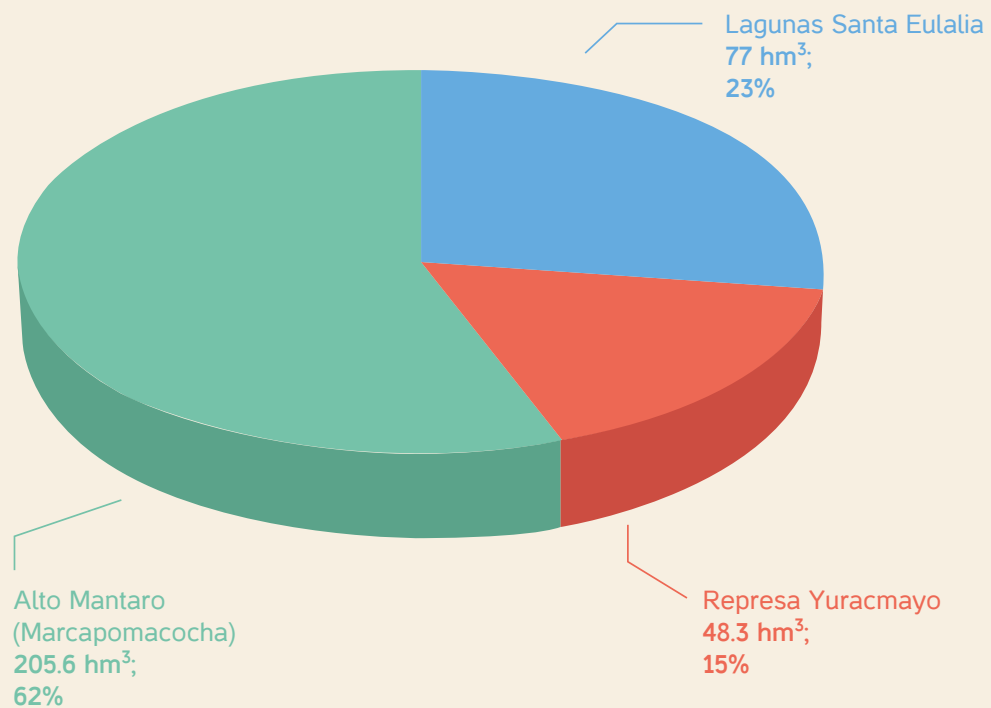
las aguas trasvasadas del Alto Mantaro (205.05 millones de m³).

Si bien los trasvases de la vertiente del Atlántico son una gran fuente adicional de agua para la cuenca del río Rímac, existe una brecha de 3,300 l/s entre oferta y demanda de agua en la época de

estiaje. Más grave aún, en Lima existe una brecha de demanda de agua pendiente de satisfacer: con un déficit de 7.3% de cobertura en la red de agua potable, la que alcanza sólo el 93.66% y en promedio tiene una continuidad de 22 horas al día.

Fuente:
Informe de Sostenibilidad SEDAPAL, 2017, RDC - SUNASS 2015.

Gráfico 4:
Distribución de aportes de las fuentes de agua de la Cuenca Rímac



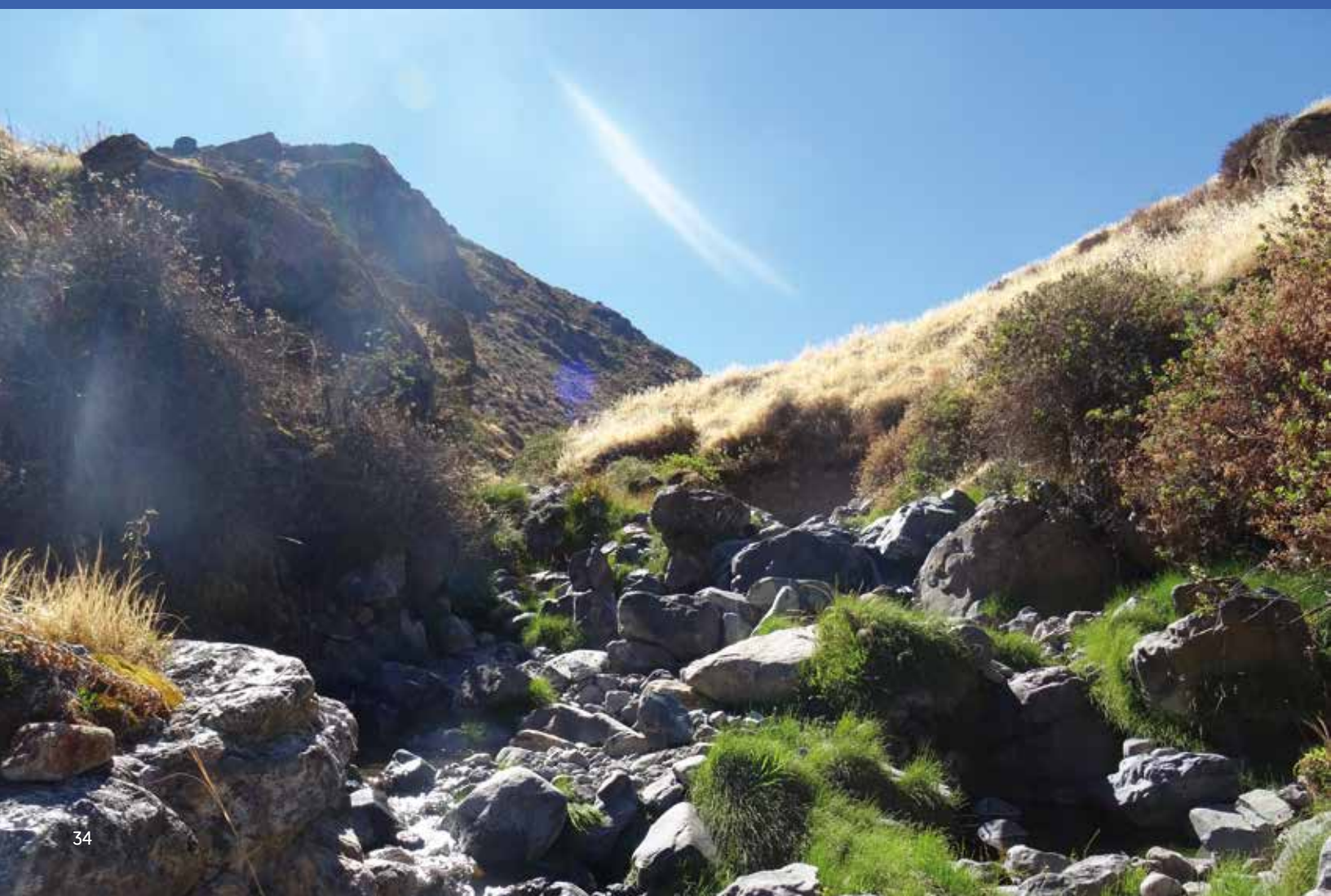
Fuente:
Elaboración propia (TNC 2019)

Los distritos más afectados son San Juan de Lurigancho, Lurigancho – Chosica y Villa El Salvador, los cuales han tenido un proceso de crecimiento poblacional y expansión urbana durante los últimos años. Esto significa que, actualmente, alrededor de 800,000 personas carecen de acceso a agua potable lo que las obliga, en muchos casos, a acceder a ella a través de medios informales, como camiones cisternas, con todos los riesgos para la salud que esto acarrea.

Por otro lado, diversos estudios, entre ellos el de vulnerabilidad climática realizado en las cuencas Chillón, Rímac, Lurín y parte alta del Mantaro (SENAMHI, 2016), aseguran que estas fuentes no serán suficientes para los próximos años. Esto ha sido ya experimentado durante el Fenómeno de El Niño Costero en 2017, cuando la concentración de sedimentos excedió la capacidad de tratamiento instalada y se evidenció la falta de capacidad de reserva para atender la

demanda de la población ante situaciones de emergencia.

Entre ellas, la cuenca Pillihua, perteneciente a la cuenca Santa Eulalia, ha sido objeto de estudio como contribución a las acciones que viene desarrollando SEDAPAL en el marco de los MERESEH.





Problemática

Sedapal identifica como el problema central para la seguridad hídrica de Lima la “disminución progresiva de la oferta natural en cantidad y calidad de agua para consumo humano en las ciudades de Lima y Callao”¹¹.

En su diagnóstico general de las cuencas Chillón, Rímac, Lurín y Alto Mantaro, para el programa “Sembramos Agua” (SEDAPAL, 2018), se ha graficado los problemas, a manera de árbol, organizados en función de las causas y efectos del problema principal y se acompaña del árbol de medios y fines, de acuerdo al CEPAL (2005), que contiene los medios y las alternativas que serán implementados para la resolución del problema y obtención de los objetivos del programa. (Ver Gráfico 5 y Gráfico 6).

11 Sedapal, Programa Sembramos Agua”, https://www.sunass.gob.pe/MRSE/2y3nov2017/d1_sedapal.pdf



Gráfico 5:
Árbol de causas y efectos de la problemática en las cuencas Chillón, Rímac, Lurín y Alto Mantaro

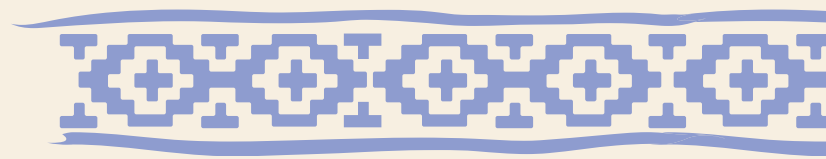


Fuente:
Programa Sembramos Agua (SEDAPAL, 2018)

Gráfico 6:
Árbol de medios y fines de las
soluciones en las cuencas Chillón,
Rímac, Lurín y Alto Mantaro



Fuente:
Programa Sembramos Agua (SEDAPAL, 2018)



Problema	Causas	Relación con el estado de conservación de la cuenca
Sobrecostos en el proceso de filtración y tratamiento bioquímico.	Alta carga de sedimentos durante la época húmeda.	La degradación de la cobertura vegetal de la cuenca genera un proceso de erosión hídrica durante la época de lluvias, lo que traslada sedimentos al río.
Disminución de la disponibilidad de agua superficial.	Reducción del caudal base en épocas de estiaje.	Disminución de la capacidad de almacenaje de agua de la cuenca durante las épocas de avenidas para su liberación en épocas de estiaje.
Disminución de la disponibilidad de agua subterránea.	Disminución del caudal base aguas abajo de los puntos de captación de Sedapal, reduciendo la infiltración longitudinal en el cauce.	La pérdida de regulación hídrica de la cuenca disminuye la cantidad y tiempo de disponibilidad del caudal base a lo largo del año.
Peligro de escasez hídrica a futuro.	Variabilidad del ciclo hidrológico producto del cambio climático. La lluvia es más intensa, con menor duración y frecuencia.	La cuenca no ha sido manejada integralmente para su afianzamiento hídrico; su capacidad de regulación hídrica es baja y ha perdido gran parte de sus glaciares.

A partir del análisis de la problemática organizada por la EPS, y para fines del DHR, se hizo una selección de aquellos problemas cuyas causas tienen relación directa con el estado de conservación de la cuenca y que afectan, directa e indirectamente, el abastecimiento de agua para la ciudad de Lima.

De esta forma, se pudo conocer cuáles son los servicios ecosistémicos que se necesita priorizar y recuperar¹², en base a los cuales se formulan las propuestas específicas de intervención en la cuenca, orientadas a su recuperación, con el fin de generar beneficios al sistema hídrico:

- Servicio de provisión de agua
- Servicio de regulación de agua
- Servicio de regulación de la erosión
- Servicio de purificación del agua y tratamiento de aguas de desecho
- Servicio de regulación de riesgos naturales

¹² En correspondencia con la categorización de The Millenium Ecosystem Assessment

III. DIAGNÓSTICO HÍDRICO RÁPIDO (DHR)

Antecedentes

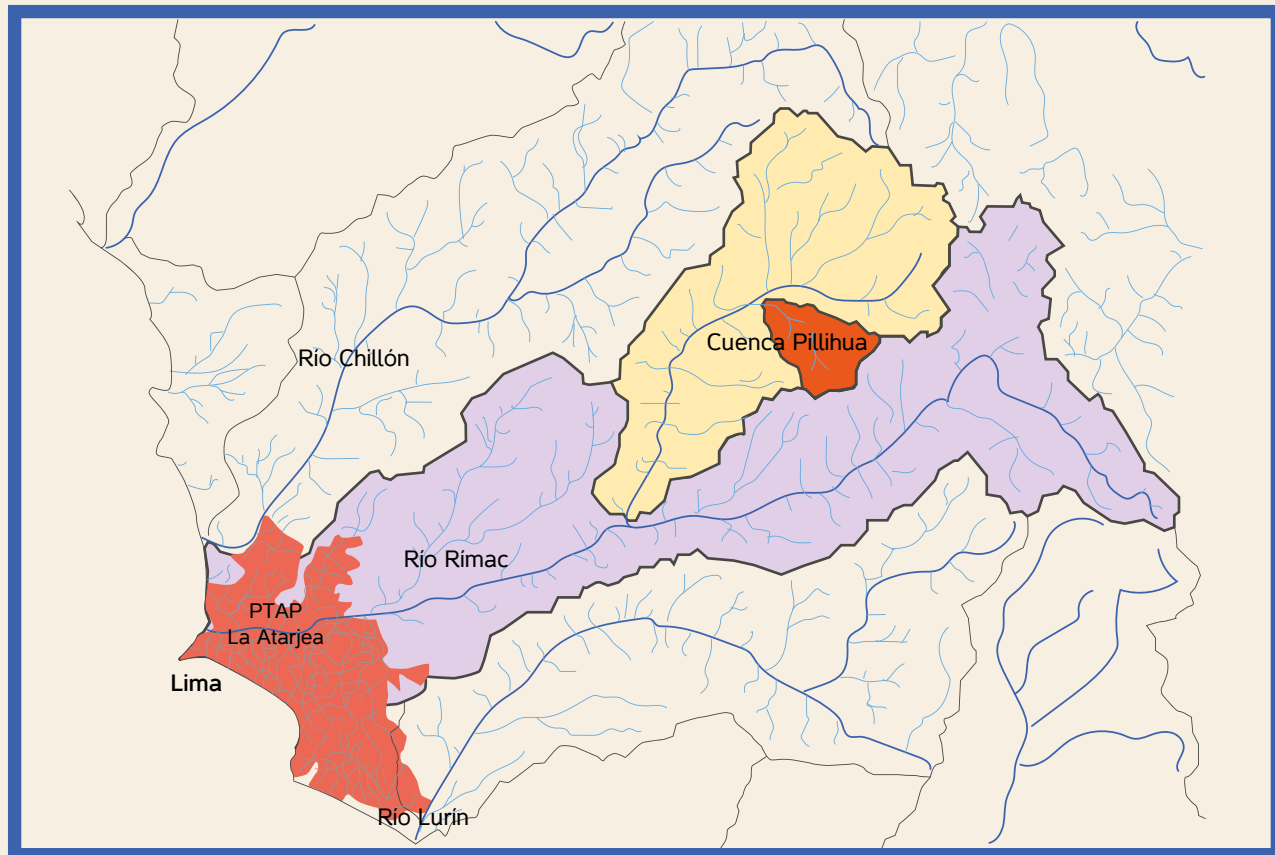
La cuenca del río Pillihua, aportante a la cuenca del río Santa Eulalia, ha sido incluida entre las áreas priorizadas por el EGASE de Sedapal para el desarrollo de acciones de recuperación y conservación en el marco de los MERESEH. En ese contexto, se realizó el Diagnóstico Hídrico

Rápido - DHR, primer paso para la elaboración de un Proyecto de Inversión Pública (PIP) MERESEH.

Existe una gran cantidad de usuarios aguas arriba del río Rímac que se benefician directa e indirectamente de las aguas

que aporta el río Santa Eulalia, después de recibir las aguas de la cuenca Pillihua. Entre los diferentes usos de esas aguas están el poblacional, agrario, industrial, minero y energético (no consuntivo).

Mapa 3:
Relación entre la cuenca Pillihua y el área de abastecimiento de La Atarjea



Metodología

■ Tabla 1

Ficha Metodológica	
Autores	Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC), a través del Centro de Investigación y Tecnología del Agua (CITA).
Fecha	Junio 25, 2019
Ámbito del DHR	Microcuencas Curicocha, Llamacochoa y Cashapampa en la subcuenca Pillihua.
Fuentes	<p>Fuentes secundarias:</p> <ul style="list-style-type: none">• Mapa de cobertura vegetal de las cuencas Chillón, Rímac, Lurin y Alto Mantaro (SEDAPAL, 2018)• Mapa nacional de ecosistemas (MINAM, 2019).• Google Earth¹³.• Imágenes satelitales de alta resolución de Planet Explorer¹⁴. <p>Fuentes primarias:</p> <p>a. 1era visita en campo:</p> <ul style="list-style-type: none">• Establecimiento de relaciones de confianza con las autoridades locales.• Reconocimiento y validación de los ecosistemas existentes.• Recolección de muestras de suelo y agua.• Levantamiento de imágenes de dron. <p>b. 2da visita en campo:</p> <ul style="list-style-type: none">• Taller participativo para explorar la dinámica territorial de la comunidad de San Juan de Iris y su relación con el estado actual de los ecosistemas. (mayor información en el Informe de sistematización CITA, 2019).• Utilización de la información recopilada en campo para evaluar la fertilidad del suelo y la calidad del agua en las lagunas y quebradas. <p>c. 3era visita en campo:</p> <ul style="list-style-type: none">• Devolución de información a la comunidad.
Actualización	Se utilizó el índice NDVI para aproximar los límites de la cobertura vegetal actual, debido a las variaciones espaciales de los ecosistemas alto-andinos a lo largo del año según el régimen hidrológico de la cuenca.

13 <https://www.google.com/intl/es/earth/>

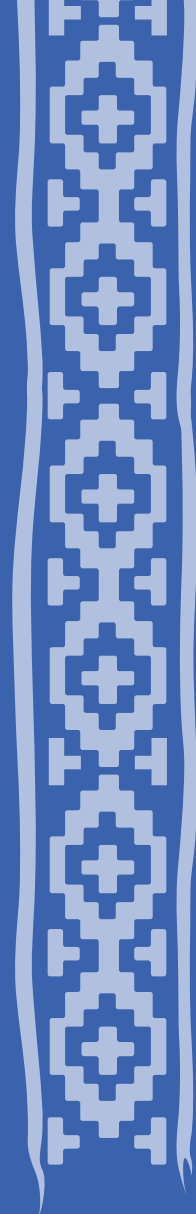
14 <https://www.planet.com/explorer/>

Para la elaboración del DHR, se siguieron los lineamientos de la guía prevista para esos efectos.

La estimación del estado de conservación de los ecosistemas es un paso fundamental, particularmente complejo para aquéllos cuyo funcionamiento depende mucho de su interacción con el ciclo hidrológico de la cuenca. Es el caso de los ecosistemas alto andinos: existe poca investigación sobre sus procesos y efectos. Por ello, se organizó un taller participativo con la comunidad de San Juan de Iris a fin de explorar la dinámica territorial y su relación con el estado actual de los ecosistemas.

La oportunidad de recorrer las áreas priorizadas y sus áreas de influencia con los comuneros permitió identificar de manera más precisa el estado de conservación de los ecosistemas así como las causas y las posibles intervenciones para su recuperación. Igualmente se hizo de manera participativa el inventario de las acciones de conservación, restauración y/o uso sostenible de los ecosistemas a nivel general en toda la cuenca Pillihua y a nivel detallado para cada área priorizada de intervención que será aprovechada, restaurada o mejorada para su revalorización y aprovechamiento sostenible con fines productivos. Además, esta interacción fue propicia para la sensibilización respecto a la importancia de los ecosistemas para el desarrollo local.

En la exploración realizada en campo se encontró que la zona de andenes y terrazas -una de las tres priorizadas por Sedapal- los ecosistemas han sido modificados: donde se había identificado pajonales, matorrales, bosques y pastizales, se halló que ahora existe actividad agrícola y reforestación con especies exóticas como el eucalipto y el pino. Se evaluó con la comunidad dos zonas alternativas de intervención: el sector de Shullo en la microcuenca Patacancha, de pastoreo libre, y el sector de pastoreo rotativo (“moya”) de Cashapampa. En la zona de Shullo existe una gran cantidad de bofedales o “champales” -como se les conoce localmente- así como extensos pastos naturales, muy utilizados por su calidad y cantidad. En la zona de Cashapampa, más bien, existen pocos champales, ubicados en fuertes pendientes, acompañados de matorrales y extensos pastos naturales de buena calidad y cantidad cuando se dejan descansar durante los meses de febrero a junio. Se realizó un muestreo de los suelos para comparar y evaluar su potencial de fertilidad y se realizó un



análisis comparativo de ambas propuestas, identificando las necesidades y oportunidades para recuperar los ecosistemas, así como los mejores resultados y efectos secundarios que contribuyan con el servicio de regulación hídrica y el mejoramiento de la actividad agropecuaria de la comunidad de San Juan de Iris. Tras este proceso, se eligió el sector de Cashapampa como alternativa a la zona originalmente elegida por Sedapal.



■ Priorización de acciones

Con el fin de seleccionar las acciones que mejor se adapten a los objetivos de conservación, recuperación y uso sostenible de los ecosistemas en la microcuenca Pillihua, las propuestas de la comunidad se correlacionaron con las 30 alternativas de intervención por MERSEH de Sedapal (SEDAPAL, 2018). Las medidas priorizadas, resultado de dicho análisis, se enmarcan en 5 componentes que buscan abordar la problemática de forma integral, considerando intervenciones no sólo estrictamente estructurales, sino que también involucren el mejoramiento de las capacidades y habilidades de la población y sus autoridades para dirigir su desarrollo local.

(Ver Tabla 2 y Tabla 3)



Tabla 2

Alternativas de intervención	
Componente	Actividades Estratégicas
<p>A. Restauración y Conservación de ecosistemas</p> <p>Objetivo específico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Incremento de la capacidad de regulación hídrica de los ecosistemas. <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> • Superficie intervenida por ecosistema terrestre (has). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Construcción de cercos de exclusión de ganado doméstico y recuperación de drenajes naturales asociados a bofedales y otros pastos naturales. 2. Construcción de cercos de exclusión y manejo de ganado para la restauración de bosques relictos. 3. Recuperación de áreas degradadas a través de la reforestación y forestación con especies nativas. 4. Restauración de ríos y riberas utilizando especies nativas e infraestructura natural. 5. Desarrollo de modelos de manejo de pastos para reducir la carga animal mediante pastoreo rotativo y mejoramiento de pastos. 6. Establecimiento de fajas contra incendios forestales en áreas de mayor probabilidad o incidencia de quemas o incendios. 7. Desarrollo de prácticas extractivas sostenibles de champa, leña, y otros recursos naturales. 8. Manejo de vicuñas silvestres y mejoramiento de camélidos domésticos. 9. Creación y gestión de áreas naturales para conservación.
<p>B. Calidad de agua</p> <p>Objetivo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reducción de la contaminación antrópica del agua por debajo de los niveles máximos permitidos. <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> • Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Concentración de metales pesados. 	<ol style="list-style-type: none"> 10. Construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, industriales y de aguas provenientes de pasivos ambientales. 11. Descontaminación de los cuerpos de agua y suelos con técnicas físico, químicas o biológicas. 12. Cambio del uso de fertilizantes y plaguicidas por medio de alternativas naturales y degradables. 13. Implementación de infraestructura agrícola que disminuya la erosión del suelo. 14. Establecimiento de barreras de retención de sedimentos, revegetación de canales para control de sedimentos.

Alternativas de intervención	
Componente	Actividades Estratégicas
<p>C. Infraestructura hídrica</p> <p>Objetivo</p> <ul style="list-style-type: none"> Recuperación de la infraestructura ancestral y adecuada infraestructura moderna. <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> Longitud de infraestructura recuperada (amunas, canales, otros) en km. Capacidad de almacenamiento de agua de manera natural en M³. Superficie de suelos agrícola intervenido (andenes, terrazas, otros) en ha. 	<p>15. Recuperación y reutilización de “amunas” que incrementen la infiltración de agua superficial.</p> <p>16. Construcción de zanjas de infiltración del agua superficial.</p> <p>17. Recuperación de andenes para mejorar la infiltración del agua.</p> <p>18. Construcción de micro reservorios para almacenamiento e infiltración de agua de lluvia.</p> <p>19. Construcción de pequeños diques de mampostería para infiltración y control de sedimentos.</p>
<p>D. Gobernanza</p> <p>Objetivo</p> <ul style="list-style-type: none"> Mejora de la articulación en la gestión del recurso hídrico. <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> Número de organizaciones involucradas en el programa para la gestión de los recursos hídricos. 	<p>20. Desarrollo y actualización de Planes de Desarrollo Concertado y Planes de Vida con enfoque de manejo integral de recursos humanos a nivel de cuencas.</p> <p>21. Desarrollo de modelos de manejo sostenible de los recursos de los ecosistemas y paisajes.</p> <p>22. Fortalecimiento de espacios participativos de articulación para la gestión de los recursos hídricos de las cuencas.</p> <p>23. Acompañamiento y asesoría técnica a las comunidades en el desarrollo de proyectos de inversión y otras modalidades de gestión de recursos financieros.</p> <p>24. Apoyo para la elaboración de planes de ordenamiento territorial a nivel de subcuenca con énfasis en los recursos hídricos.</p> <p>25. Apoyo en procesos de certificación de productos orgánicos y el fortalecimiento de la cadena de valor hacia el mercado nacional e internacional.</p>

Alternativas de intervención	
Componente	Actividades Estratégicas
<p>E. Gestión del Conocimiento</p> <p>Objetivo</p> <ul style="list-style-type: none"> Mejora de la gestión del conocimiento entre los actores de la cuenca <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> Número de publicaciones desarrolladas en servicios ecosistémicos hídricos en el ámbito de las cuencas del Chillón, Rímac, Lurín y parte alta del Mantaro. 	<ol style="list-style-type: none"> 26. Difusión de información técnica y científica actualizada relacionada con los servicios ecosistémicos hídricos. 27. Apoyo en la generación de información básica y aplicada. 28. Sistematización, difusión e intercambio de experiencias respecto a buenas prácticas del manejo del agua. 29. Sensibilización para el manejo sostenible de los recursos hídricos y los servicios ecosistémicos. 30. Apoyar iniciativas de educación ambiental para estudiantes de escuelas locales y miembros de Comunidades Campesinas.



■ Tabla 3

Objetivos de los componentes del programa “Sembramos Agua”	
Componente	Objetivo
Componente 1 Restauración y conservación de ecosistemas	Conservar y recuperar los ecosistemas naturales prioritarios para la provisión de servicios ecosistémicos hídricos.
Componente 2 Calidad de agua	Mejorar la calidad del agua de las fuentes disponibles en las cuencas.
Componente 3 Infraestructura hídrica	Incrementar la oferta de agua disponible.
Componente 4 Gobernanza	Fortalecer la gobernanza en los aspectos relacionados a la gestión sostenible del agua.
Componente 5 Gestión del Conocimiento	Fortalecer la gestión del conocimiento entre los diversos actores relacionados a la gestión del agua.

Fuente:
FuenteElaboración propia

El DHR contempla que cada intervención estructural vaya acompañada de una medida para el fortalecimiento de las capacidades en los habitantes de la comunidad como talleres técnicos, pasantías y charlas informativas. Asimismo, se han priorizado las actividades correspondientes a los ecosistemas disponibles como lagunas y champales, considerando que éstos son los que proveen la mayor cantidad y diversidad de servicios ecosistémicos hídricos. Se puede afirmar que, aparte de las lluvias, éstos son la fuente

principal de agua de los demás ecosistemas.

Finalmente, se realizó una preselección de las intervenciones a realizar en las 3 áreas priorizadas de Curicocha, Llamacocha y Cashapampa que han sido clasificadas de acuerdo con su factibilidad e impacto en los servicios ecosistémicos hídricos prioritarios para la EPS, así como su periodo de ejecución y grado de complementariedad. La selección de las intervenciones se realizó bajo los criterios de priorización de acciones de los lineamientos

del DHR (SUNASS, 2019), principalmente el criterio de primero conservar, restaurar y mejorar lo que ya existe, para posteriormente complementar con otras medidas que contribuyan con los resultados obtenidos.





Tabla 4:
Criterios de priorización de acciones

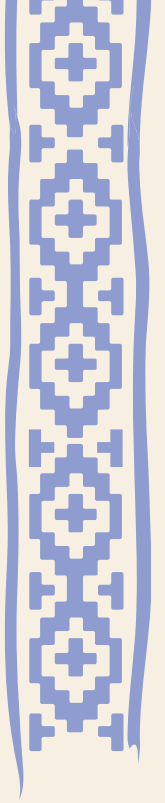
<p>Criterios Generales</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Siempre es más costo – efectivo CONSERVAR lo que está conservado, que RESTAURAR lo que está degradado. • Siempre es más costo – efectivo RESTAURAR un ecosistema con su cobertura vegetal natural, que RESTAURAR el ecosistema con una cobertura vegetal exótica.
<p>Criterios para priorizar acciones directas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Acciones con efectividad comprobada. Que tengan base científica en cuanto al beneficio para el servicio ecosistémico priorizado y/o hayan sido previamente probadas. • Acciones cuya factibilidad de implementación sea técnica, económica y socialmente viable. • Acciones con las que actores locales involucrados ya han demostrado su capacidad. • Acciones que puedan ser implementadas a corto y mediano plazo.
<p>Criterios para priorizar acciones indirectas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Que se pueda condicionar a la conservación y/o restauración de los servicios ecosistémicos hídricos priorizados. • Que tenga un mejor costo de oportunidad, respecto a las actividades productivas que se realizan dentro del ecosistema que buscamos conservar y/o restaurar. • Que sea una actividad de interés para los pobladores que usufructúan el ecosistema. • Que sea factible de implementar técnica, económica y socialmente. • Que puedan articularse fácilmente a otros procesos y financiamientos. • Acciones que puedan ser implementadas a corto y mediano plazo.

Fuente:
Directiva MERESE – DHR (SUNASS, 2017)

Cada área priorizada ha sido analizada técnica y detalladamente utilizando la información propia recopilada y sistematizada, así como la de referencia, con el objetivo de determinar la mejor combinación de acciones buscando su afianzamiento hídrico independientemente de que contribuya a la cuenca Pillihua. Si bien las microcuencas Curicocha y Llamacocha presentan ecosistemas similares, su tratamiento para la recuperación y manejo sostenible no es el mismo por los diferentes factores que condicionan su uso.

Asimismo, se ha buscado que las acciones propuestas generen múltiples beneficios, tanto de regulación hídrica y conservación de los ecosistemas, como de aprovechamiento sostenible contribuyendo al desarrollo de la actividad agropecuaria de la comunidad. Ello permitirá estimular mayor interés en la población para la operación y mantenimiento de las intervenciones realizadas, garantizando su sostenibilidad y óptimo funcionamiento. El objetivo es que la comunidad adopte las intervenciones como suyas y sean administradas por sus comités, con la intención de generar iniciativa propia para la gestión de más acciones. De la misma manera que se realiza la champería para su sistema hidráulico principal, se podría celebrar una faena para el mantenimiento de la infraestructura construida en las áreas priorizadas.





Con respecto al diseño y los procedimientos para la construcción de la infraestructura natural en cada área priorizada, así como las acciones vinculadas al fortalecimiento de capacidades, estas medidas se ejecutarán de acuerdo con las especificaciones técnicas compiladas de diferentes fuentes como instituciones públicas, organizaciones internacionales, publicaciones de consultores independientes, entre ellas:

- Especificaciones Técnicas para la construcción de diques de tierra realizado por el programa Sierra Azul. 2018
- Especificaciones Técnicas para el manejo de pajonales realizado por la institución Soluciones Prácticas con el apoyo de la Unión Europea. 2014
- Publicaciones de pastizales realizadas por diversos especialistas en ecología y manejo de pastizales. Enrique Flores y Godofredo Mamani. 2016
- Especificaciones Técnicas para la ejecución de medidas detalladas en la Ficha Simplificada de Servicios Ecosistémicos de Regulación Hídrica (SERH). MEF, 2018
- Fichas de Diagnóstico a Nivel de Microcuenca. Ant. Fánel Guevara Guillén. 2018



Identificación de actores y su relación con la gestión del agua



La gestión del agua es un proceso complejo que involucra la participación concertada de múltiples actores para una óptima toma de decisiones que produzca beneficios equitativos. Considerando la magnitud del ámbito de estudio de las cuencas Chillón, Rímac, Lurín y Alto Mantaro, la participación activa por parte de todos los actores involucrados es de gran importancia para asegurar la disponibilidad del agua en el futuro. Por ello, el programa “Sembramos Agua” ha visto conveniente la

implementación de plataformas multisectoriales, convenios interinstitucionales y asociaciones internacionales para garantizar que la toma de decisiones sea la mejor posible.

Por un lado, el programa lidera el Grupo de Trabajo de Conservación de Agua e Infraestructura Natural de las Cuencas del Chillón, Rímac, Lurín y Chilca, creado en el marco del Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Interregional Chillón - Rímac – Lurín mediante Decreto Supremo

N° 007-2016-AG, como un espacio de concertación con la finalidad de planificar y coordinar el aprovechamiento sostenible del agua en la cuenca.

Por otro lado, el programa también forma parte del Grupo de Trabajo del Programa Agua, Clima y Desarrollo, coordinado por Global Water Partnership – GWP, que viene trabajando en la sub cuenca del río Santa Eulalia y es llamado a participar en mesas o grupos de trabajo relacionados a los servicios ecosistémicos.

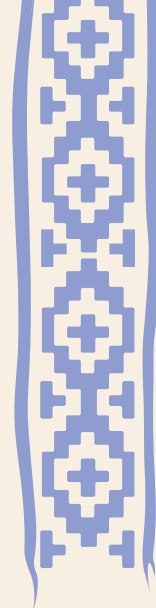


Tabla 5:

Actores involucrados con la gestión del agua de las cuencas Chillón, Rímac, Lurín y Alto Mantaro

Principales Actores	Relación con la gestión del agua
SEDAPAL (Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima y Callao)	<ul style="list-style-type: none"> • Cobro de la tarifa de agua para la RSE. • Implementación de proyectos considerados en la RSE. • Monitoreo de la ejecución y el impacto de las acciones • Difusión del MRSE.
Organismos del Estado: MINAM, SUNASS, MVCS, ANA, AGRORURAL, INGEMMET, Municipalidad de Lima	<ul style="list-style-type: none"> • Rectoría sectorial que orienta y promueve la implementación de acciones de conservación, recuperación y uso sostenible en un modelo MRSE, acorde a las necesidades del territorio. • Promueven, regulan y supervisan la implementación de acciones, intercambio de experiencias, capacitación y fortalecimiento.
Consejo de Recursos Hídricos CHIRILU	<ul style="list-style-type: none"> • Participación en la planificación, coordinación y concertación del aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos en su ámbito.
Organismos Internacionales: BID, USAID	<ul style="list-style-type: none"> • Financiamiento de actividades relacionadas con este campo de acción.
ONGs: TNC, AQUAFONDO, GGGI, Alternativa, SPDA, GWP, GIZ, Forest Trends, CONDESAN, Helvetas, Apinam, entre otros.	<ul style="list-style-type: none"> • Asesoría técnica e investigación, complementada con asesoría organizacional y capacitación. Financiamiento de actividades relacionadas con este campo de acción.
Universidades Nacionales e Internacionales como PUCP, UNALM, UTEC, KIT- Alemania	<ul style="list-style-type: none"> • Asesoría técnica, complementada con asesoría organizacional y capacitación.
Iglesia: Patronato de la Reserva Paisajística Nor Yauyo Cochas, Patronato del Rímac	<ul style="list-style-type: none"> • Apoyo en la gestión de las actividades de desarrollo integral de las localidades rurales y urbanas.
Sector privado: Unacem, Backus, Arca Continental, Coca Cola, Nestle, entre otros	<ul style="list-style-type: none"> • Financiamiento de actividades relacionadas con este campo de acción. • Asesoría técnica e investigación complementada con asesoría organizacional y capacitación.
Junta de Usuarios del Sector Hidráulico del Río Rímac	<ul style="list-style-type: none"> • Administran el uso agrícola del agua a través de múltiples captaciones en el río Santa Eulalia y río Rímac.
Comité Técnico: ANA, AQUAFONDO, CONDESAN, GGGI, HELVETAS, MINAM, GWP, PUCP, SUNASS, TNC, UNACEM y SEDAPAL	<ul style="list-style-type: none"> • Asesoría técnica, complementada con asesoría organizacional y capacitación.
2030 Water Resources Group	<ul style="list-style-type: none"> • Apoyo en la gobernanza en el uso sostenible del agua en el Perú.





Retribuyentes

Los potenciales retribuyentes son aquéllos que hacen uso directo de las aguas del río Pillihua, tales como la central hidroeléctrica de Huinco (reservorio de Sheque), así como los que hacen uso indirecto a través de captaciones en el río Santa Eulalia y el río Rímac.

Tabla 6:
Relación de retribuyentes

Principales Actores	Relación con el MERESE
SEDAPAL (Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima)	<ul style="list-style-type: none">• Cobro de la tarifa de agua para la RSE.• Implementación de proyectos considerados en la RSE.• Monitoreo de la ejecución y el impacto de las acciones• Difusión del MRSE
ENEL Perú (Empresa Privada de Generación Eléctrica)	<ul style="list-style-type: none">• Uso directo del agua a través de un canal derivador del río Pillihua a la represa de la C.H. Huinco.• Uso indirecto del agua a través de captaciones en el río Santa Eulalia y río Rímac.
Junta de Usuarios del Sector Hidráulico del Río Rímac	<ul style="list-style-type: none">• Uso indirecto del agua a través de captaciones en el río Santa Eulalia y río Rímac.
UNACEM (Cementera)	<ul style="list-style-type: none">• Uso indirecto del agua a través de las redes de distribución de SEDAPAL.



Contribuyentes

La cuenca del río Pillihua abarca una pequeña parte del distrito de Carampoma y gran parte del distrito de San Juan de Iris, ambos en la provincia de Huarochirí. Existen en ese territorio dos comunidades campesinas: La Comunidad Campesina Santiago de Carampoma, titulada, ocupa una pequeña extensión de la cabecera izquierda del río Pillihua. La

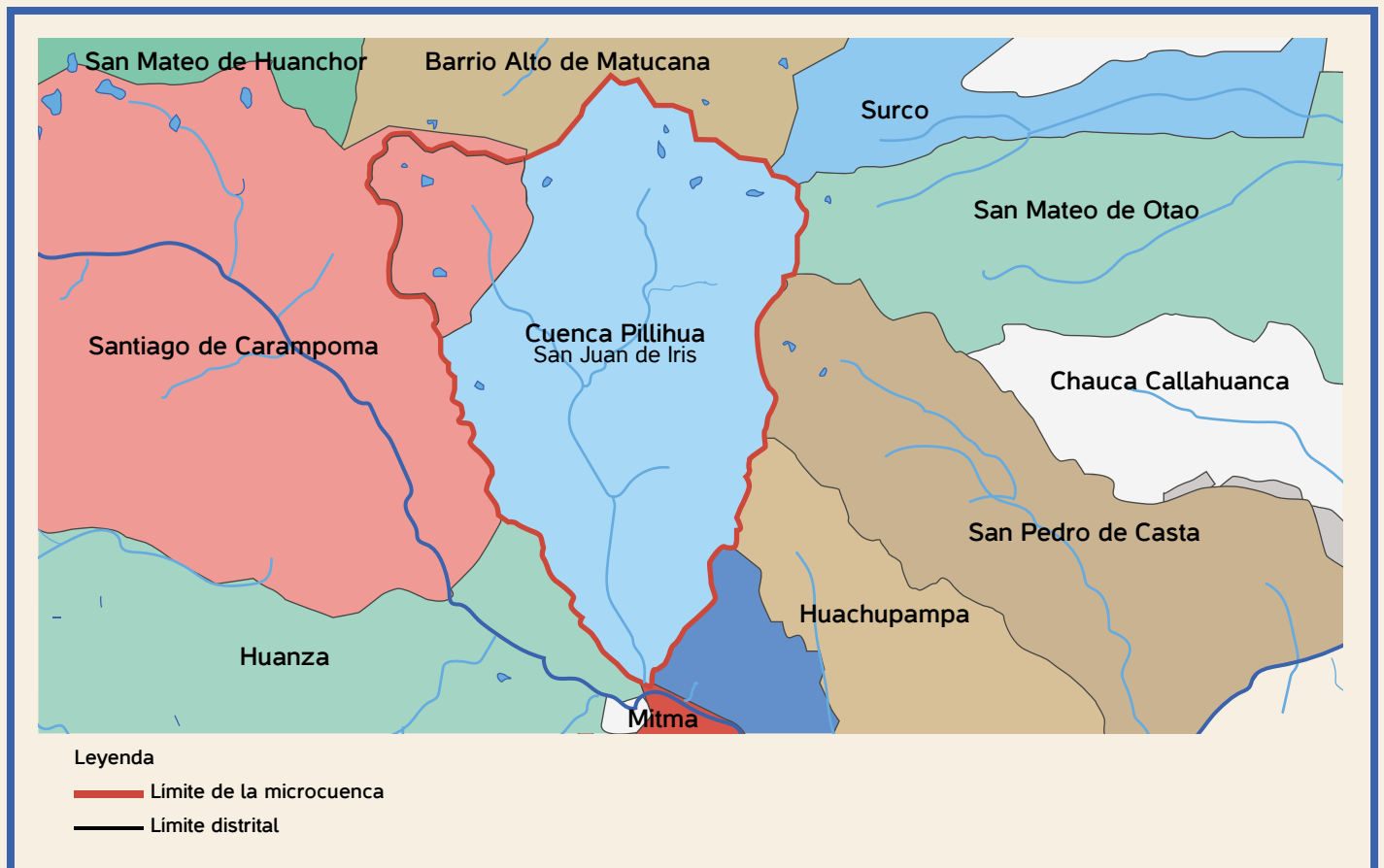
otra es la Comunidad Campesina San Juan de Iris, reconocida mas no titulada, que abarca la mayor extensión de la cuenca Pillihua (ver Mapa 4). El distrito de San Juan de Iris se encuentra a una altitud media de 3413 msnm, sobre un territorio de 124.31 km² y su población asciende a 1772 habitantes, de los cuales 925 son hombres y 847 son mujeres

(PALCC, 2018). Esta población incluye comuneros que se dedican a la agricultura y ganadería, y no comuneros.



Mapa 4:

Límites de las comunidades campesinas y la cuenca Pillihua

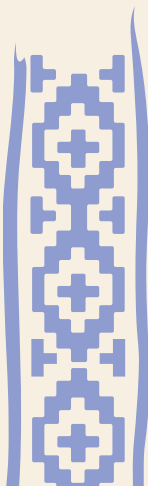




Ecosistemas presentes en la microcuenca Pillihua

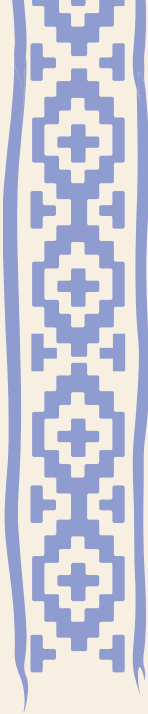
En el ámbito de la cuenca Pillihua se encuentra una gran diversidad de ecosistemas característicos de la zona altoandina del Perú, los que albergan especies de fauna silvestre como venados, vicuñas, zorros, patos huachua, truchas, vizcachas, buitres, cóndores, cernicalos, entre otros.

- **Bofedal:** Ecosistema andino hidromórfico con vegetación herbácea de tipo hidrófila, que se presenta en los Andes sobre suelos planos, en depresiones o ligeramente inclinados; permanentemente inundados o saturados de agua corriente (mal drenaje), con vegetación densa y compacta siempre verde, de porte almohadillado o en cojín; la fisonomía de la vegetación corresponde a herbazales de 0,1 a 0,5 metros. Los suelos orgánicos pueden ser profundos (turba). Este tipo de ecosistema es considerado un humedal andino.



- **Bosque relicto Altoandino:** Ecosistema forestal constituido por bosque relicto altoandino dominado por asociaciones de “queñua” (*Polylepis* spp.), que se extienden por más de 0,5 hectáreas, con árboles de una altura superior a 2 metros y una cubierta del suelo superior al 10%; comúnmente restringidos a laderas rocosas o quebradas; distribución actual en parches o islas de vegetación.
- **Césped de puna:** Ecosistema altoandino con vegetación herbácea constituida principalmente por céspedes dominados por gramíneas de porte bajo. Ocupa terrenos planos u ondulados o colinas de pendiente suave a moderada. Comúnmente llamados pastizales o pastos naturales. Presenta una cobertura de 35-50 % y su altura generalmente no supera los 30 cm. Son los de mayor uso para el pastoreo del ganado.





- **Lagunas Altoandinas:** Superficies saturadas o cubiertas de agua, de régimen natural o artificial, quietas/estancadas (sin circulación continua) o corrientes (movimiento continuo en una misma dirección), permanentes o temporales (al menos un mes de inundación), dulces, salobres o saladas. Son reguladas por factores climáticos y en constante interrelación con los seres vivos que la habitan. El agua es el principal factor controlador del medio y la vida vegetal y animal asociada a éste. Humedales andinos (lagos y lagunas, manantiales o puquios, sistemas kársticos).
- **Matorral Andino:** Ecosistema andino con distribución amplia a nivel nacional que abarca tres tipos de matorrales: Matorral montano, Matorral de puna seca y Matorral andino, con rango altitudinal de 1500 hasta 4500 msnm. Se caracteriza por la presencia de vegetación leñosa y arbustiva de composición y estructura variable, con una cobertura de suelo superior al 10% que se extiende por más de 0,5 ha, y cuya altura sobre el suelo no supera los 4 metros. En el Matorral de puna seca se aprecian áreas extensas de “tola” (*Parastrephia* spp.), así como *Lepidophyllum quadrangulare*, *Baccharis* spp. y otras especies; en el Matorral montano se aprecian arbustos esclerófilos y arbolillos de hasta 2 metros y presencia de epífitas; y en el matorral andino, propiamente dicho, dominan matorrales con árboles de manera dispersa y cactáceas.





- **Pajonal de puna húmeda:** Ecosistema altoandino con vegetación herbácea constituida principalmente por céspedes dominados por gramíneas de porte bajo y pajonales dominados por gramíneas que crecen amacolladas, dispersas, de tallo y hojas duras, y algunas asociaciones arbustivas dispersas, intercalándose vegetación saxícola en los afloramientos rocosos. Puede ocupar terrenos planos u ondulados o colinas de pendiente suave a moderada. Presenta una cobertura de 35-50% y su altura generalmente no supera 1,5 metros. Una comunidad notable está conformada por los rodales de Puya Raimondi.
- **Zona periglacial:** Ecosistema altoandino, generalmente ubicado encima de los 4 500 msnm. Suelos crioturbados y descubiertos con abundantes quebradillas (producto de deshielo), con presencia en determinadas áreas de vegetación crioturbada y dinámica (frecuentemente sucesional). Vegetación baja y dispersa (generalmente no supera los 30 o 40 cm), representada por escasas gramíneas, asteráceas, líquenes, plantas almohadilladas, entre otras. Existen zonas periglaciares que en la actualidad ya no están asociadas a glaciares.

A los subtipos hallados a partir de la inspección en campo, debido a su variabilidad según ubicación, topografía, geología, geomorfología y climatología, se les ha asignado una clasificación propia considerando sus características físicas básicas: estructura, espaciamiento, forma:

Clasificación física de subtipos de ecosistemas en la parte alta de la cuenca Pillihua:

- **Bofedal blando:** Aquél cuya vegetación se encuentra en un proceso de crecimiento; presenta una estructura débil por estar muy saturada superficialmente. Se presenta en pendientes medianas, asociado a pequeñas quebradas y manantiales. Usualmente asociado a afloramientos rocosos.
- **Bofedal duro:** Es aquél cuya vegetación presenta una estructura bastante uniforme y resistente a la pisada, similar a un césped de espinas y en forma de almohadillas. Se presenta en pendientes bajas y medianas, asociado a cuerpos de agua como lagunas, quebradas, ríos y grandes manantiales.





- **Pajonal alto - seco:** Es aquél cuya distribución está más espaciada y se encuentra más expuesto al resecamiento y erosión. Se encuentra principalmente en las laderas sobre las fuentes de agua como los bofedales y lagunas. Se presenta en pendientes moderadas y fuertes, a partir de los 4500 msnm, asociados siempre a afloramientos rocosos.
- **Pajonal chato - denso:** Es aquél cuya distribución presenta espacios pequeños de separación. Se caracteriza por la presencia de especies de ichu de corta estatura y/o césped andino. Usualmente se presenta en pendientes bajas – moderadas y en cotas máximas de 4500 msnm aproximadamente.





Estado de la cobertura vegetal en la cuenca Pillihua

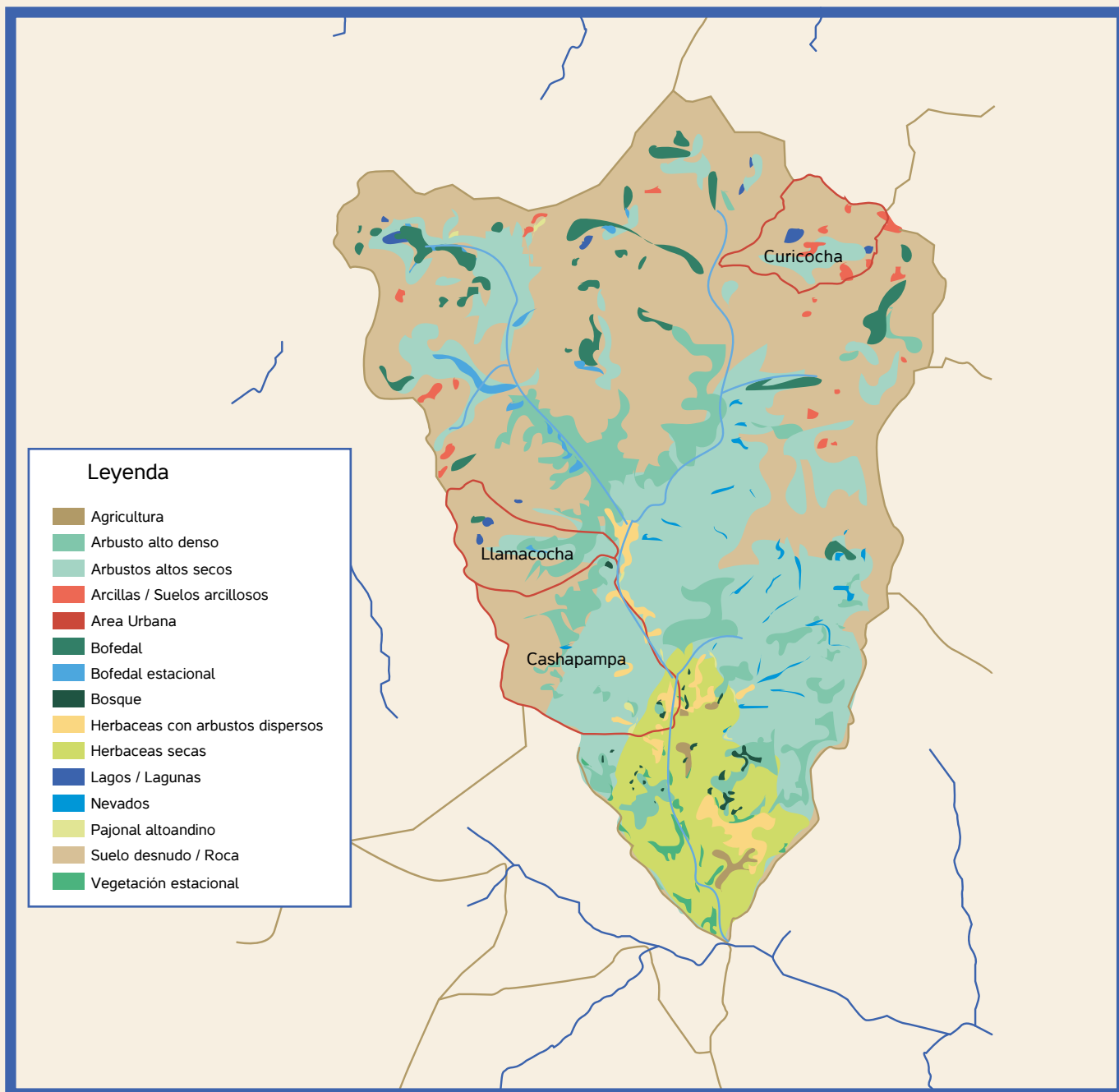
La mayor concentración de pajonales y pastos naturales, aunque distintos entre sí, se encuentra en la parte media y baja de la cuenca Pillihua, mientras que la mayor distribución y extensión de bofedales o “champales” se ubica en la zona alta, cerca de las cumbres y lagunas. El óptimo manejo de los recursos disponibles en la zona media y baja permitirá disminuir paulatinamente el uso de los ecosistemas más frágiles en la zona alta.

Cada ecosistema tiene diferentes propiedades físicas, químicas y biológicas que le permiten brindar determinados servicios ecosistémicos; los de regulación hídrica, los de mayor interés para la seguridad hídrica de Lima, están entre ellos. De acuerdo a ello se priorizan las intervenciones para obtener los mejores resultados.



Mapa 5:

Mapa de cobertura vegetal de la cuenca
Pillihua y áreas prioritizadas para intervenciones



Fuente:

Elaboración propia. Fuente: Mapa de cobertura vegetal de las cuencas Chillón, Rimac, Lurin y Alto Mantaro (SEDAPAL, 2018)

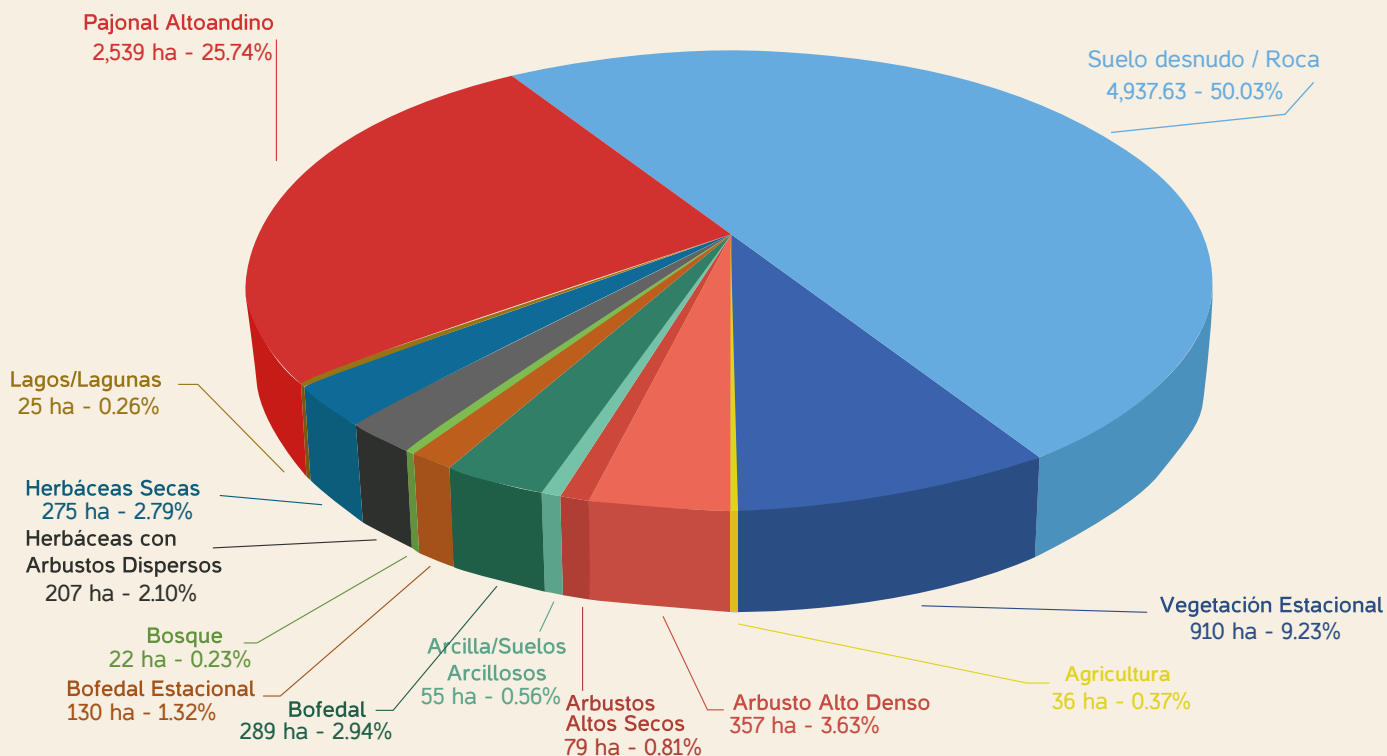
Se identificaron y clasificaron los ecosistemas existentes en las áreas priorizadas de las microcuencas Curicocha y Llamacocho, así como Cashapampa, en reemplazo de la zona de terrazas y andenes, con el objetivo de diferenciar sus propiedades de regulación hídrica, prioridad de intervención y posibles intervenciones a realizarse.

Es importante reconocer cómo es la distribución típica de los ecosistemas a lo largo de toda la cuenca, considerando como factores principales la altitud, pendiente y existencia de fuentes de agua. De igual forma, se debe superponer estos criterios con el uso actual que le da la población. Ello permitirá realizar un correcto manejo de los recursos

naturales corrigiendo los conflictos de uso de suelo y elaborando un plan de acondicionamiento territorial en base a la capacidad de su uso mayor, mejorando las actividades agropecuarias de la localidad.

Gráfico 7:

Total de áreas de cobertura vegetal en la cuenca Pillihua



Fuente:

Elaboración propia. Mapa de cobertura vegetal de las cuencas Chillón, Rimac, Lurín y Alto Mantaro (SEDAPAL, 2018)

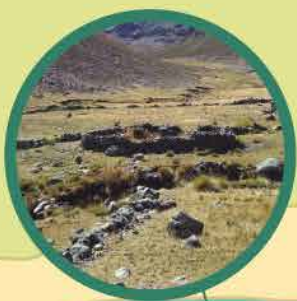




Ecosistemas presentes en microcuenca Pillihua

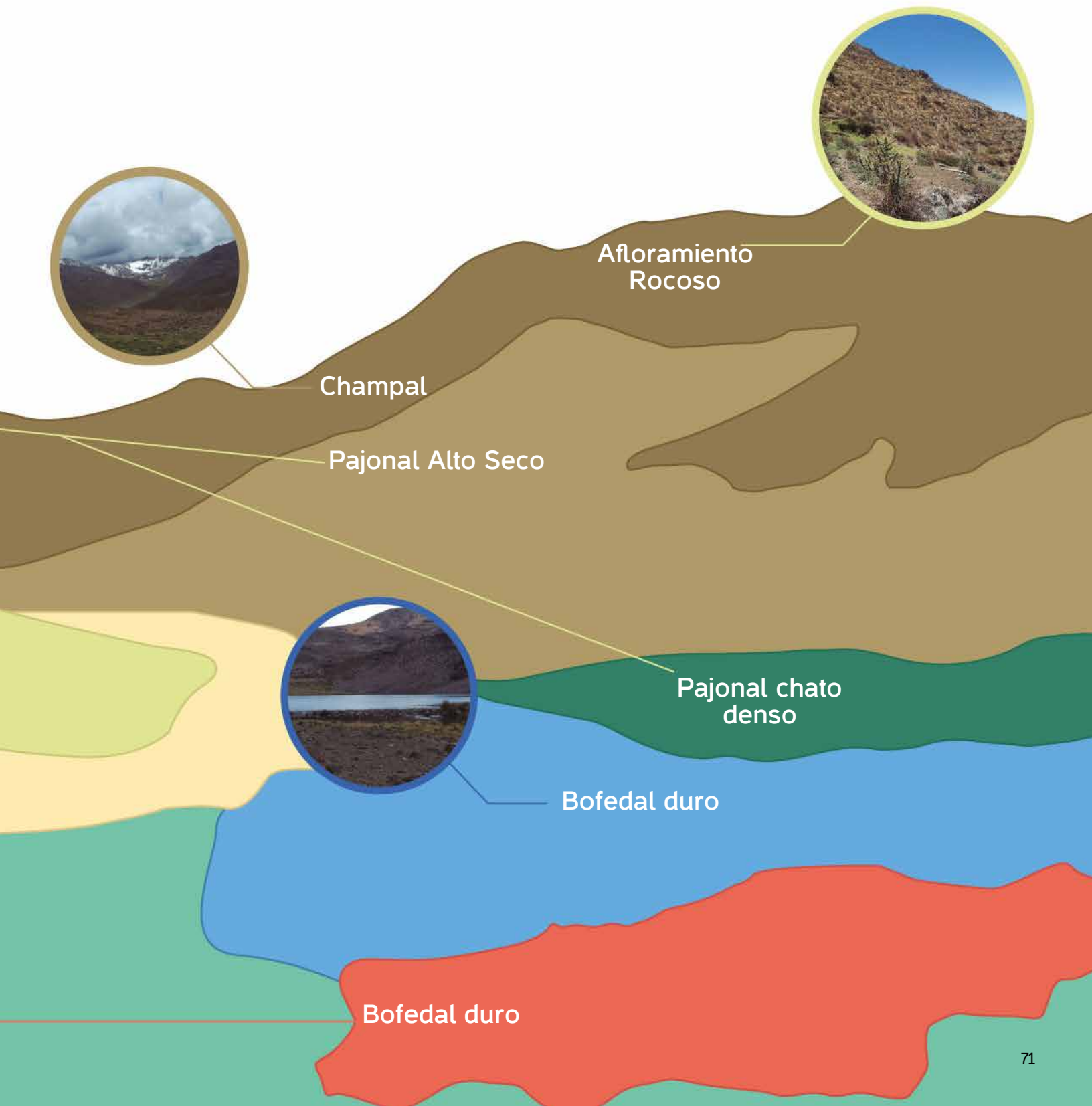


Pajonal Alto Seco



Césped de Puna





Afloramiento
Rocoso

Champal

Pajonal Alto Seco

Pajonal chato
denso

Bofedal duro

Bofedal duro



MICROCUENCA CURICOCHA



Los principales ecosistemas identificados en la microcuenca de Curicocha son: Lagunas, pajonales de puna húmeda, pastizales y champales. A criterio de la población, los ecosistemas se encuentran en estado de regular a bueno. Sin embargo, reconocen que se ha perdido parte de la biodiversidad debido a perturbaciones antrópicas como la matanza de vicuñas, el pastoreo libre sin prácticas sostenibles y la invasión de animales de otras comunidades, así como por los cambios en el ciclo hidrológico.

Tras el estudio de suelo realizado en los pastos de la parte baja, considerados por los comuneros como regulares, se halló que éste presenta una excelente concentración de materia orgánica y buena capacidad de intercambio catiónico (CIC), lo que le da un alto potencial de fertilidad para la siembra.

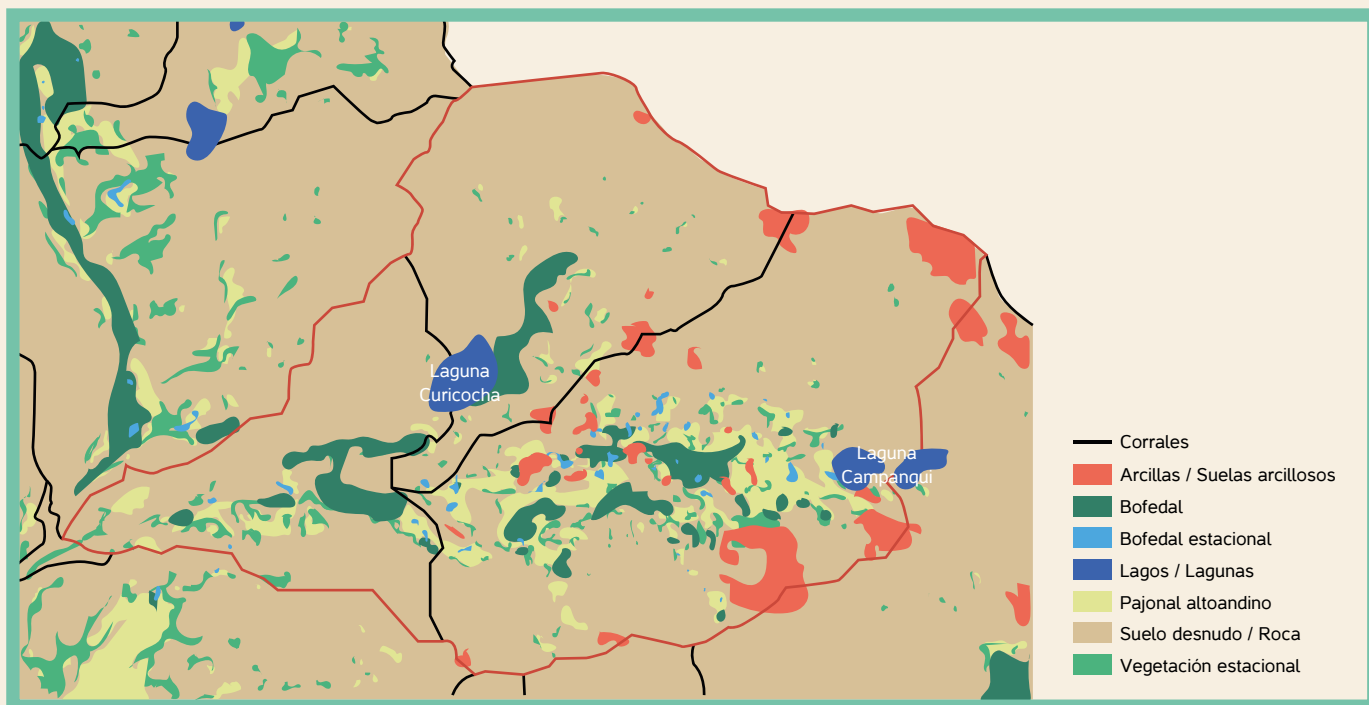
Estado de conservación de ecosistemas prioritizados, causas y acciones de conservación practicadas por la comunidad en Curicocha

Tabla 7:
Estado de conservación de ecosistemas prioritizados, causas y acciones de conservación practicadas por la comunidad en Curicocha

Ecosistemas Priorizados	Estado	Causas	Acciones de Conservación
Lagunas	<ul style="list-style-type: none"> Sólo la laguna Curicocha: represada con pirca y con poca capacidad de almacenamiento. El resto de lagunas, en estado natural. 	<ul style="list-style-type: none"> Pérdida de cobertura glaciar por cambio climático. Deterioro gradual de ecosistemas asociados (bofedales y pajonales). Inadecuada operación del agua almacenada a través de un sifón en épocas de estiaje. 	<ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento mínimo del pircado Descarga continua de la laguna durante las épocas secas a través de una manguera a modo de sifón.
Pajonales (húmedos, parte alta)	En buen estado, aunque se pastorean eventualmente y son objeto de invasión de ganado ajeno a la comunidad.	<ul style="list-style-type: none"> Pastoreo ocasional: <ul style="list-style-type: none"> -De ganado de la comunidad sin prácticas sostenibles -De ganado ajeno, sin control. Erosión hídrica profunda en zonas de fuerte pendiente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Penalización con multas a los dueños del ganado invasor de comunidades ajenas.
Pastizales (parte baja)	Sometidos a pastoreo constante de ovinos, tanto en corrales como al menos 200 cabezas en libertad.	<ul style="list-style-type: none"> Pastoreo ocasional: <ul style="list-style-type: none"> -De ganado de la comunidad, sin prácticas sostenibles y con infraestructura inadecuada. -De ganado ajeno, sin control. 	<ul style="list-style-type: none"> - Construcción rústica de corrales para el manejo del ganado.
Champales	Relativamente extensos y saturados por la presencia de lagunas; en estado de regular a bueno, excepto en la parte baja, con mayor exposición al pastoreo.	<p>Parte Alta: Pastoreo ocasional de ganado propio y ajeno (invasión).</p> <p>Parte Baja: Sobrepastoreo en el área de amortiguamiento del champal y cambios de uso a pastizales.</p>	



Mapa 6:
Cobertura Vegetal de la
microcuenca Curicocha

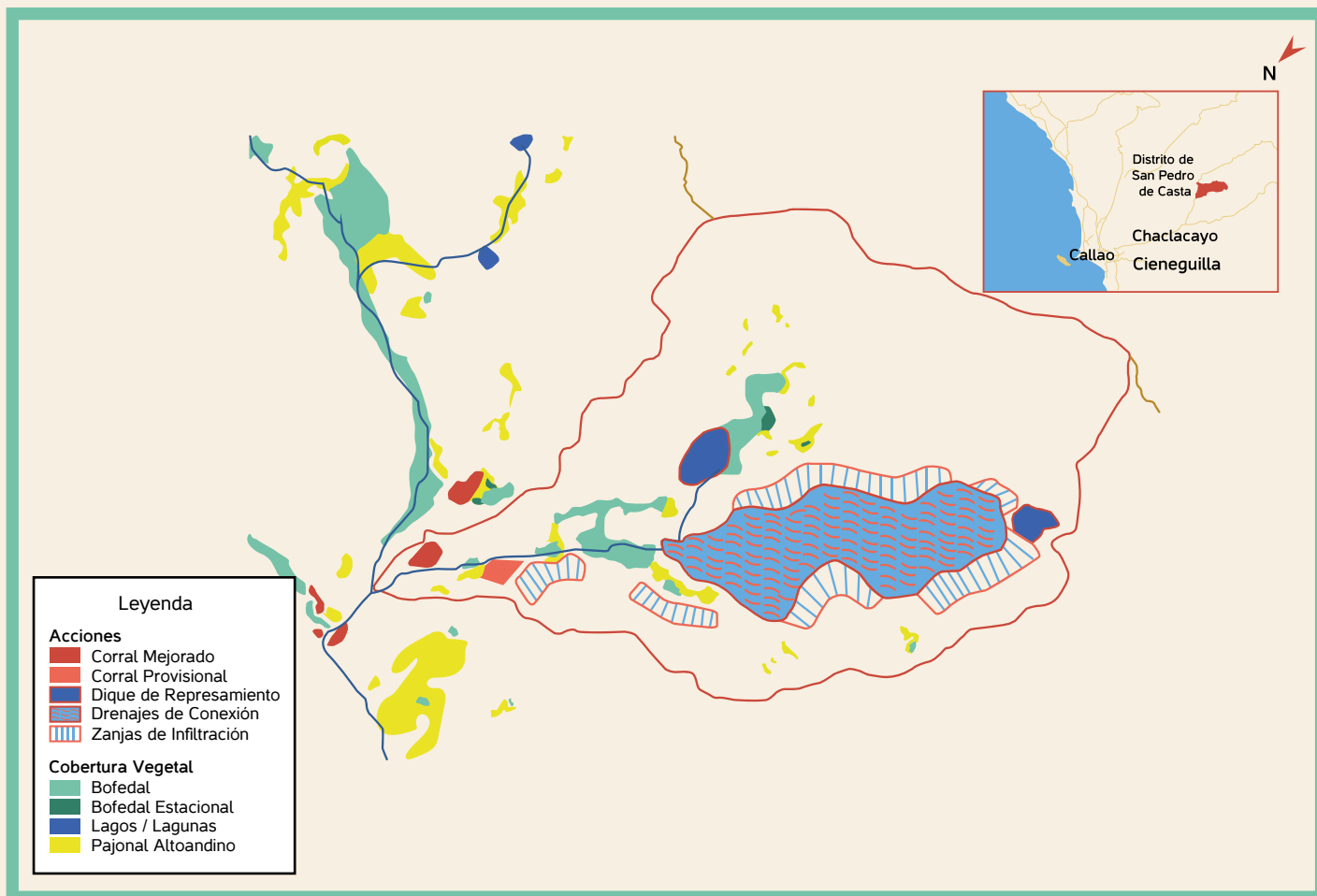


Fuente:
Elaboración propia



Mapa 7:

Mapa de las áreas de intervención en la microcuenca Curicocha



Fuente:

Elaboración propia



Definición de objetivos y acciones de conservación, recuperación y aprovechamiento sostenible en Curicocha

Tabla 8:
Definición de objetivos y acciones de conservación, recuperación y aprovechamiento sostenible en Curicocha

Objetivos	Intervenciones
<p>Lagunas Mejorar la capacidad de almacenamiento y regulación de la laguna durante la época seca. Aumentar la disponibilidad de agua para la población y los ecosistemas.</p>	<p>A corto plazo: -Represamiento de la laguna Curicocha con la construcción de un dique de tierra. A mediano plazo: -Construcción de pequeños reservorios aguas abajo. -Represamiento de una de las lagunas Campanqui, con la construcción de un dique de tierra.</p>
<p>Pajonales Conservar los pajonales altoandinos que constituyen una importante cobertura vegetal para la infiltración de las lluvias y la protección de los suelos ante la erosión hídrica.</p>	<p>A corto plazo: -Implementar un sistema de vigilancia para la detección temprana de animales invasores. -Construir zanjales de infiltración para conservar más la humedad en épocas secas. -Construir corrales en áreas específicas para control del pastoreo provisional tanto del ganado de la comunidad como del ajeno a ella. -Limitar el uso de los pajonales en las zonas altas asociados a champales. -Cercar las líneas de cumbres con muros de piedra o alambres para impedir el paso de animales invasores. -Cercar los pajonales existentes que están expuestos al pastoreo. -Resembrar especies nativas.</p>

Objetivos	Intervenciones
<p>Pastizales: Mejorar el uso de los pastos nativos que protegen los suelos de la erosión hídrica y sirven como una fuente importante de alimento para las actividades ganaderas de la comunidad.</p>	<p>A corto plazo: -Restaurar y construir corrales manejados (toma, riego, bebederos, pastos mejorados) en áreas específicas para un pastoreo controlado.</p> <p>A mediano plazo: - Limitar el uso de pastos nativos en las zonas altas asociados a champales -Utilizar áreas específicas de los pajonales de las zonas bajas para sembrar más pastos disponibles para la comunidad.</p>
<p>Champales: Proteger los champales en las partes altas asociados a los pajonales y lagunas. Restaurar los champales en las partes medias y bajas.</p>	<p>A corto plazo: -Restaurar y reconectar con drenajes el champal más grande en la zona alta, expuesto a actividades de pastoreo y fragmentación. -Restaurar los champales en la zona media y baja que han sufrido perturbación antrópica y cambios de uso a pastizales. -Implementar bebederos en corrales, a través de la derivación de champales con condiciones óptimas de saturación asociados a la quebrada.</p> <p>A mediano plazo: -Resiembra de champales -Cercar el champal más grande en proceso de restauración uniendo los espacios vacíos entre las zanjas de infiltración.</p>

Especificaciones generales de las acciones prioritizadas

A. LAGUNAS

La acción prioritizada para estos ecosistemas es el represamiento mediante la construcción de un dique de tierra en la boca de la salida. Se ha identificado la zona de cimentación y el material de préstamo disponible para la construcción, entre el que se encuentra gran cantidad de rocas de diferentes tamaños y yacimientos de arcillas. También se cuenta con un muestreo de suelo en la zona de represamiento para determinar su textura y sus posibles propiedades mecánicas. Los procedimientos adecuados de excavación para la cimentación y compactación del suelo en la construcción del dique con el material disponible (arcillas) serán la garantía del óptimo funcionamiento y la duración de la vida útil de la infraestructura. La

necesidad de utilizar maquinaria pesada con este fin, amerita el trazo preliminar de una ruta para facilitar el acceso. Para ello, se dispone de una trocha carrozable perteneciente a la comunidad de San Pedro de Casta que llega hasta la laguna represada de Chanicocha que se debe tomar en cuenta.

Esta intervención se realizará de acuerdo a las especificaciones técnicas elaboradas por el programa Sierra Azul que tiene una amplia experiencia en la construcción de dichas estructuras a nivel nacional. Dentro de las especificaciones se detalla la construcción de zanjas en la cabecera de la laguna para evitar su sedimentación y aumentar la retención de humedad.

El área y volumen del embalse que se obtendría con el represamiento de la laguna, se estimó utilizando herramientas SIG y la topografía a detalle construida con las imágenes de dron levantadas en campo. Dado que no se conoce la batimetría de la laguna ni la profundidad de cimentación en el eje del dique rústico, se ha asumido una cota base de referencia correspondiente al espejo de agua. Se realizó el modelamiento para una altura del dique de 1.5 m por encima del eje del dique rústico, con el fin de estimar el volumen adicional de 51,373 m³.



B. PAJONALES

El principal objetivo para este ecosistema es evitar el pastoreo en la parte media-alta donde se encuentra una gran cantidad de champales distribuidos y fragmentados. Para ello, se prevé llevar a los animales hacia las zonas bajas donde el pastoreo se puede realizar de forma controlada.

Entre las acciones priorizadas para la conservación de los pajonales, está la de mejorar el control y vigilancia del pastoreo, tanto del ganado de la comunidad como del que procede de otras comunidades. Igualmente, se considera la construcción de corrales provisionales en áreas específicas de la parte media-baja para el pastoreo.

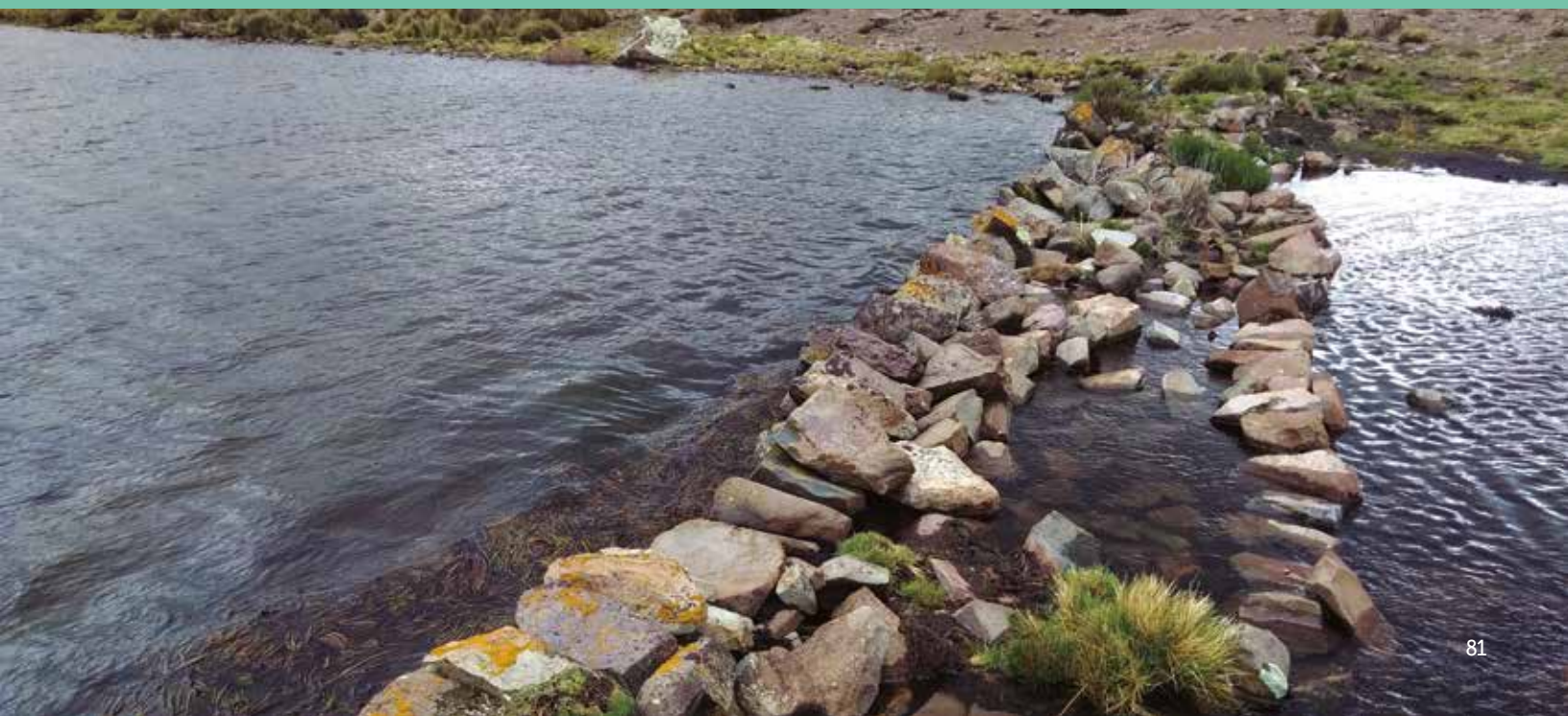
Adicionalmente, se propone la construcción de zanjas de infiltración para mejorar el rendimiento de los servicios ecosistémicos tanto de los pajonales como de los champales fragmentados, favoreciendo su reconexión.

Posteriormente, se podría complementar estas medidas con la prohibición definitiva del pastoreo en las zonas medias y altas, y construir cercos que conecten los espacios libres entre las áreas de zanjas de infiltración.

Actualmente, se realiza la vigilancia de los animales que ingresan de otras comunidades y se impone multas de 20 a 30 soles por cabeza. Esta actividad

debe fortalecerse dotando a los vigilantes con equipos y herramientas básicas como binoculares, cámaras fotográficas, entre otras, que permitan realizar una vigilancia más eficiente.

En cuanto a actividades propuestas por la comunidad, como cercar las líneas de cumbres con muros de piedra o alambres para impedir el paso de animales invasores o cercar los pajonales existentes que están expuestos al pastoreo, se considera que estas medidas resultan bastante costosas y no garantizan la protección definitiva dado que pueden ser vulnerados en puntos específicos haciendo inútil todo el esfuerzo.



C. CHAMPALES

Además de mejorar el control y vigilancia del pastoreo de ganado, tanto de la comunidad como ajeno a ella, la restauración y reconexión del champal más grande que se encuentra fragmentado, son acciones prioritizadas para la conservación de los champales. La propuesta es utilizar la laguna represada de Campamqui para regar el champal a través de acequias de drenaje que irán conectando los parches de champal. Se aprovechará las zanjas de infiltración en los pajonales para mejorar la humedad. Posteriormente, se podría complementar con medidas de ampliación de los champales cuando se mejore la retención de humedad, a través de la resiembra de champas y la clausura total de esta área con la construcción de cercos en puntos específicos.

La construcción de bebederos en los corrales mejorados es de gran importancia para evitar el tránsito de los animales a los champales para tomar agua, lo que produce su degradación y fragmentación.

Por otro lado, existen algunos champales de la parte baja asociados a pastos naturales que han sido invadidos y cercados para aprovechar sus propiedades hídricas y conservar la humedad del forraje para su aprovechamiento durante todo el año. Estos champales necesitan ser restaurados para recuperar su servicio ecosistémico que pueda ser aprovechado sosteniblemente para el pastoreo.



D. PASTIZALES

Los pastizales, pastos naturales o césped de puna es el ecosistema que más se utiliza como fuente de alimento para la ganadería. Éstos se forman en zonas planas o de baja pendiente y son muy vulnerables a la escasez de agua. Por ello, las acciones priorizadas para estos ecosistemas involucran una combinación de medidas que permitan su aprovechamiento sostenible durante todo el año.

La primera medida es proveerles de una fuente de agua para su riego por gravedad, pudiendo construir acequias derivadoras y hasta reservorios artificiales en el mediano plazo. También se podría limitar a futuro el uso de los pastos nativos en las zonas altas asociados a los pajonales dado que brindan más servicios ecosistémicos que los pastos naturales en las zonas bajas.

Son estos los que usualmente se utilizan como último recurso ante la escasez de alimento dado que conservan su humedad durante las épocas de estiaje, perjudicándose también los ecosistemas asociados como los champales. Los pastizales asociados a pajonales ubicados entre la parte baja de Pallca y Chaccha podrían utilizarse como áreas de ampliación de pastoreo controlado viendo la demanda de alimentos y la capacidad de soporte de los pastizales naturales ya manejados. Es importante resaltar que el ganado vacuno requiere de mayor espacio para el pastoreo por lo que se debería restringir en las zonas altas donde escasean las áreas de pastos.

Conforme se vayan mejorando las zonas de pastoreo contro-

ladas, según la capacidad de soporte de los mismos, a través del manejo adecuado de los pastizales con prácticas sostenibles como la rotación, la siembra de semillas mejoradas y el riego por gravedad, se podría producir una mejor y mayor cantidad de alimento para el ganado reduciendo la necesidad de recurrir a otros espacios más frágiles que deberían ser conservados por sus servicios ecosistémicos. Cabe mencionar que el cercado de estos espacios se debe realizar con pircados, no solo por la abundancia de piedras, sino porque estas estructuras también protegen los cultivos de heladas muy comunes en estas zonas altas.









MICROCUENCA LLAMACOCHA



Similar a la microcuenca Curicocha, los principales ecosistemas identificados son: lagunas, pajonales de puna húmeda, matorrales y champales. A criterio de la población, los ecosistemas se encuentran en estado regular aunque han perdido parte de su biodiversidad por perturbaciones antrópicas como el pastoreo libre sin prácticas sostenibles, la invasión de animales de otras comunidades y los cambios en el ciclo hidrológico.

Tras el estudio del suelo realizado en los pastos asociados a pajonales de las laderas en la parte baja, éste presenta una buena concentración de materia orgánica y buena CIC, lo que le da un alto potencial de fertilidad e infiltración, considerando la presencia de afloramientos rocosos.

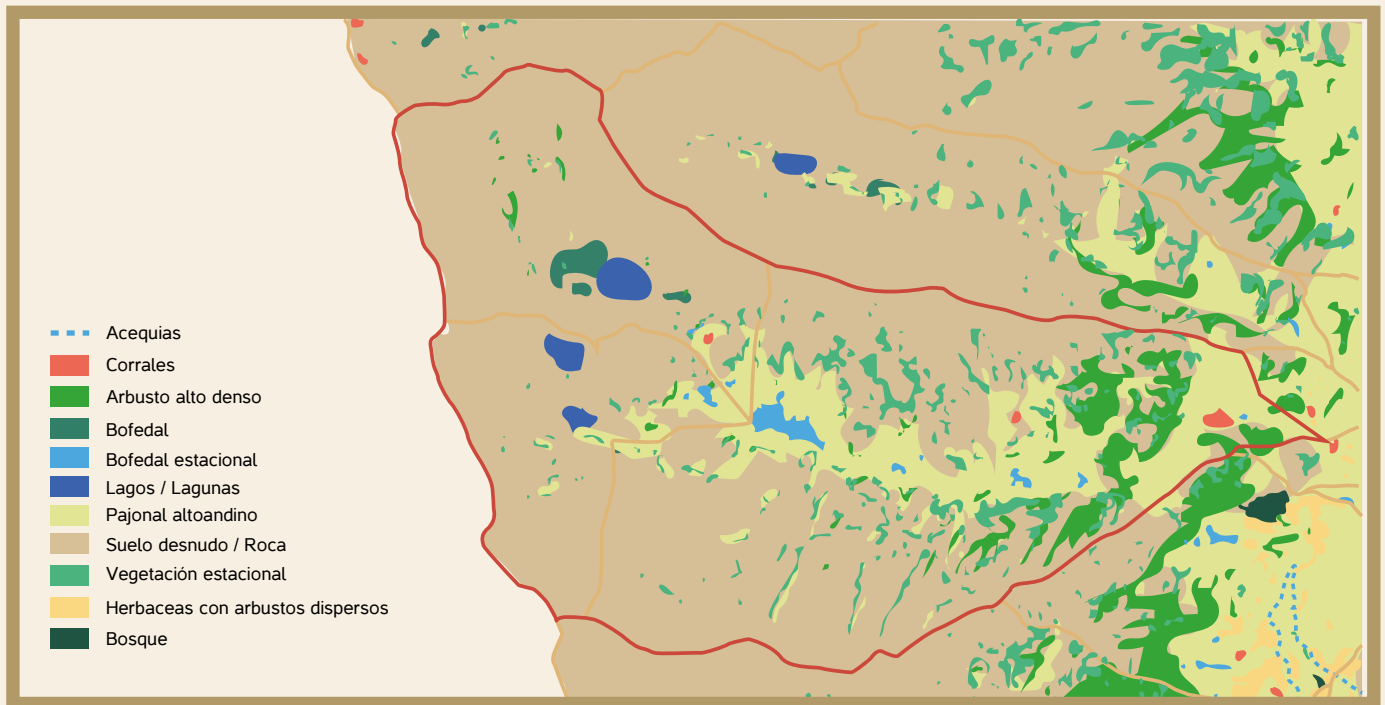
Estado de conservación de ecosistemas priorizados, causas y acciones de conservación practicadas por la comunidad en Llamacocha

Tabla 9:
Estado de conservación de ecosistemas priorizados, causas y acciones de conservación practicadas por la comunidad en Llamacocha

Ecosistemas Priorizados	Estado	Causas	Acciones de Conservación
Lagunas	Laguna Llamacocha, represada con dique de concreto armado, dañada, con fisuras profundas y muy baja capacidad de almacenamiento.	-Pérdida gradual de la cobertura glaciaria por los efectos del cambio climático. -Deterioro gradual de los ecosistemas asociados como bofedales y pajonales.	Represamiento de la laguna Llamacocha y la laguna vecina con diques de concreto.
Pajonales	Parte alta: pajonales húmedos en regular estado, sometidos a pastoreo libre e invasión de ganado ajenos a la comunidad durante los meses de agosto a febrero. Parte media: buena densidad, entre afloramientos rocosos.	Pastoreo frecuente de la comunidad sin prácticas sostenibles Pastoreo ocasional y sin control de ganado invasor de comunidades ajenas. -Erosión hídrica profunda en zonas de fuerte pendiente	Imposición de multas a los dueños del ganado invasor (comunidad de Carampoma).
Pastizales	Parte baja: sometidos a constante pastoreo, presencia de corrales. Parte media: (en laderas): presentes en combinación con matorrales y pajonales de tallo mediano.	Sometidos a pastoreo ocasional de la comunidad sin prácticas sostenibles e infraestructura adecuada; pastoreo ocasional y sin control de ganado ajeno.	Construcción rústica de corrales para el manejo del ganado. Imposición de multas a los dueños del ganado invasor (comunidad de Carampoma)
Champales	De poca extensión, excepto los adyacentes a las laguna. Zona baja: presión antrópica por pastoreo. Parte media y baja: considerados temporales.	-Parte Alta: Pastoreo ocasional de animales de la comunidad y animales invasores ajenos a la comunidad. -Parte Baja: Sobrepastoreo en el área de amortiguamiento del champal, fragmentación y cambios de uso a pastizales.	



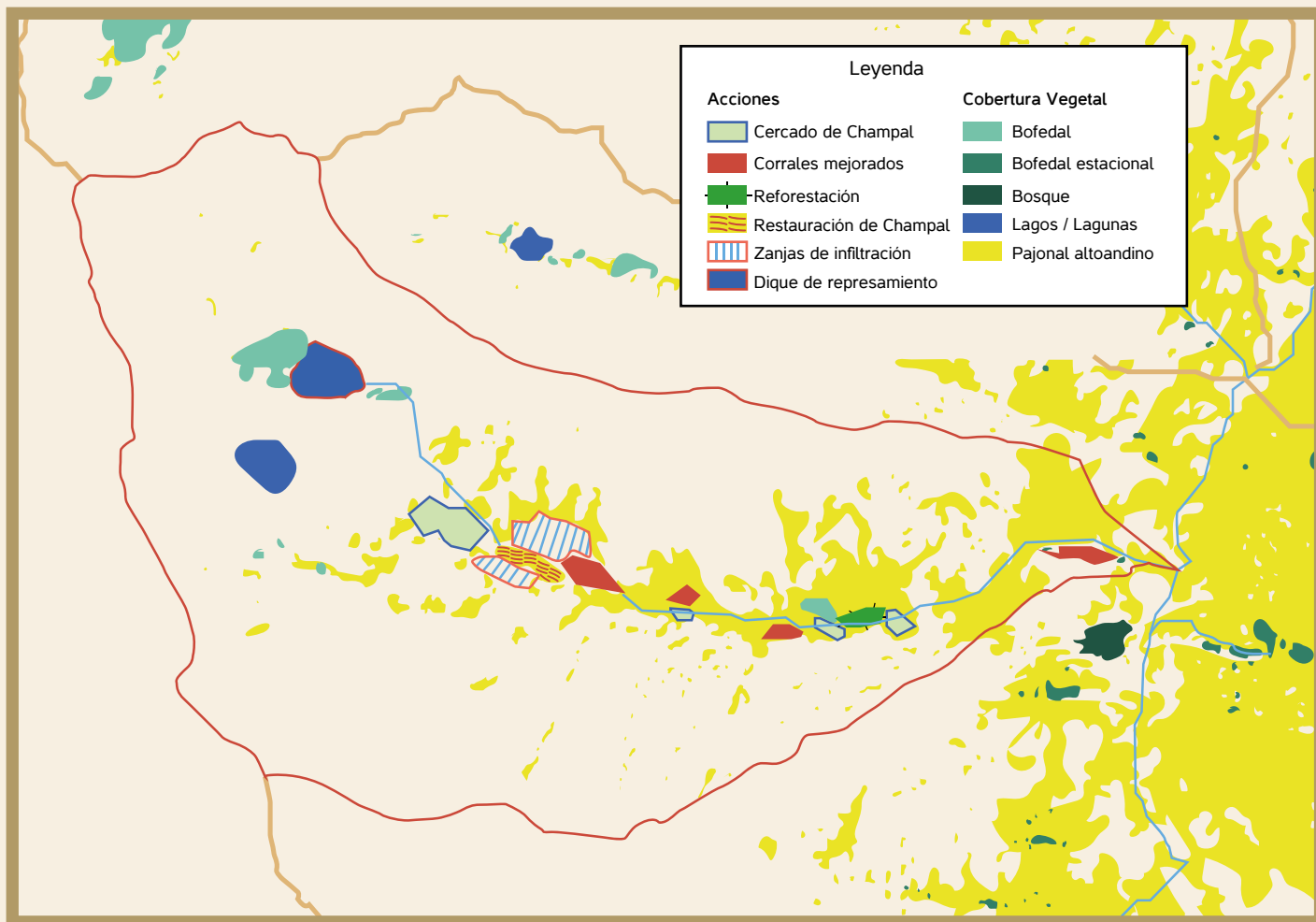
Mapa 8:
Cobertura Vegetal de la
microcuenca Llamacochoa



Fuente:
Elaboración propia



Mapa 9:
 Mapa de las áreas de intervención
 en la microcuenca Llamacochoa



Fuente:
 Elaboración propia



Definición de objetivos y acciones de conservación, recuperación y aprovechamiento sostenible en Llamacocha

Tabla 10

Objetivos	Acciones
<p>Lagunas Recuperar la capacidad de almacenamiento y regulación de la laguna Llamacocha Aumentar la disponibilidad de agua para la población y los ecosistemas.</p>	<p>A corto plazo: -Construcción de un dique de tierra para restaurar el represamiento de la laguna Llamacocha. A mediano plazo: -Construcción de pequeños reservorios aguas abajo para aumentar la capacidad de almacenamiento.</p>
<p>Pajonales Zona alta de laderas: Conservar los pajonales, importante cobertura vegetal para la infiltración de las lluvias y la protección de los suelos ante la erosión hídrica.</p>	<p>A corto plazo: -Implementar un sistema de vigilancia para la detección temprana de animales invasores. -Construir zanjas de infiltración para conservar más la humedad en épocas secas. A mediano plazo: -Limitar el uso de los pajonales en las zonas altas asociados a pastizales y matorrales.</p>
<p>Pastizales: Conservar los pastizales de la parte alta de las laderas asociados a los pajonales y pastizales de la parte media de las laderas que a su vez están asociados a matorrales que protegen los suelos de la erosión hídrica. Mejorar el uso de los pastos nativos de la parte baja que sirven como una fuente importante de alimento para las actividades ganaderas de la comunidad.</p>	<p>A corto plazo: -Restaurar y construir corrales manejados (toma, riego, bebederos, pastos mejorados) en áreas específicas para un pastoreo. A mediano plazo: -Limitar el uso de pastos nativos en las zonas altas asociados a champales, a mediano plazo. -Utilizar áreas específicas de los matorrales de las zonas bajas para sembrar más pastos disponibles para la comunidad.</p>
<p>Champales: Proteger los champales permanentes en la parte altas y temporales en la parte media asociados a las lagunas y pajonales, respectivamente; Restaurar los champales temporales en las partes medias y bajas.</p>	<p>A corto plazo: -Cercar los champales temporales existentes expuestos al pastoreo. -Restaurar los champales en las partes medias y bajas. A mediano plazo: -Resiembra de champales en zonas recuperadas y mejoradas.</p>

Especificaciones generales de las acciones prioritizadas para Llamacocha

A. LAGUNAS

Para el caso de la laguna Llamacocha, ya existe un dique de concreto armado que fue construido hace más de 20 años pero que hoy se encuentra asentado y bastante fisurado. La acción prioritizada para estos ecosistemas húmedos es el represamiento mediante la construcción de un dique de tierra en la boca de la salida. El trabajo de restauración consistirá en resanar las fisuras con materiales especializados, así como calzar la cimentación para evitar un mayor asentamiento. Posteriormente, se utilizará este muro como núcleo para un dique de tierra que se construirá a su alrededor con material compactado, geomembrana y espaldones de piedra. Esta intervención se realizará de acuerdo a las especificaciones técnicas elaboradas por el programa Sierra Azul que tiene una amplia experiencia en la

construcción de dichas estructuras a nivel nacional.

Considerando que la garantía del óptimo funcionamiento y larga vida útil de la infraestructura son los procedimientos de excavación para la cimentación y compactación del suelo para la conformación del dique con el material disponible en la zona como arcillas, la necesidad de utilizar maquinaria pesada amerita el trazo preliminar de una ruta para facilitar el acceso. Para este caso, se dispone de un camino comunal que inicia en el pueblo y recorre las laderas de la margen izquierda del río Pillihua hasta llegar a un puente en la zona de Lihuri. Este camino se continuará, cruzando el canal Mapano, hasta llegar a la parte baja de la microcuenca Llamacocha para posteriormente subir a la laguna bordeando su

ladera. A partir de este trabajo, no solo se podrá recuperar la capacidad de almacenamiento de la laguna Llamacocha sino que se habilitará una trocha carrozable que conectará el centro poblado de San Juan de Iris con sus sectores agrícolas y ganaderos, lo que dinamizará la producción agropecuaria. Dado que este camino rural atraviesa numerosas quebradas y champales a lo largo de su trayecto, que en la actualidad no disponen de cruces adecuados y se encuentran degradados por el continuo paso de animales, se deberá construir infraestructura adecuada que permita cruzar sin perturbar el flujo subsuperficial de estos ecosistemas evitando su fragmentación y generando mayores beneficios indirectos en el camino.



Se estimó el área y volumen del embalse que se obtendría con el represamiento de la laguna utilizando herramientas SIG y la topografía a detalle construida con las imágenes de dron levantadas en campo. Dado que no se conoce la batimetría de la laguna ni la profundidad de cimentación en el eje del dique fisurado, se ha asumido una cota base de referencia correspondiente al espejo de agua. Se realizó el modelamiento para una altura del dique de 1 m por encima del eje del dique ya construido, con el fin de estimar el volumen adicional de 19,648 m³. Cabe mencionar que esta estimación

es referencial y se debe realizar estudios detallados para una mejor determinación.

Durante la visita de campo realizada para la laguna Llamacocha, se pudo observar el material de préstamo disponible para la construcción del dique, encontrando gran cantidad de rocas de diferentes tamaños y algunos yacimientos de arcillas. También se realizó un muestreo de suelo cerca de la zona de represamiento con la finalidad de determinar la textura del suelo y reconocer posibles propiedades mecánicas.





B. PAJONALES

La conservación de los pajonales disponibles en la microcuenca de Llamacocha es de vital importancia puesto que estos ecosistemas junto con las lagunas son los que mantienen la humedad de los pastos disponibles y champales temporales.

El principal objetivo es evitar el pastoreo en la parte media donde se encuentra champales temporales que son bastante frágiles, llevando a los animales hacia las zonas bajas donde podrán pastorear de forma controlada. No es factible construir corrales en los pajonales de la zona alta de las laderas porque existe mucho afloramiento rocoso que es favorable para la infiltración de la lluvia.

Se ha considerado la mejora del control y vigilancia del pastoreo por parte de los animales de la comunidad y los ajenos, así como la construcción de zanjas de infiltración en áreas específicas para mejorar la retención de humedad y favorecer a los champales temporales.

En las zonas más altas existen ecosistemas resultantes de una combinación entre pajonales altos y césped de puna. Son estos los que usualmente se utilizan como recurso ante la escasez de alimento durante las épocas de estiaje perjudicándose su buena capacidad de infiltración por estar asociados a afloramientos rocosos. Por ello, se recomienda facilitar acuerdos

para que estos espacios, en el futuro, dejen de ser utilizados para pastoreo libre.

Con respecto a las otras actividades propuestas como cercar las líneas de cumbres con muros de piedra o alambres para impedir el paso de animales invasores o cercar los pajonales existentes que están expuestos al pastoreo, la primera resulta bastante difícil y arriesgada debido a las fuertes pendientes de la microcuenca que funciona como una defensa natural, mientras que la segunda resulta bastante costosa y no garantiza la protección definitiva dado que pueden ser vulnerados en puntos específicos haciendo inútil todo el esfuerzo.



C. CHAMPALES

El principal objetivo es evitar el pastoreo en la parte media y alta cerca a la quebrada, donde se encuentran estos ecosistemas frágiles, llevando a los animales hacia las zonas bajas y más alejadas de la quebrada donde podrán pastorear de forma controlada.

Para la conservación de los pocos champales permanentes y temporales existentes en la microcuenca Llamacocha es necesario mejorar el control y vigilancia del pastoreo por parte de los animales de la comunidad y ajenos a ella.

La construcción de bebederos en los corrales mejorados, con aguas derivadas de la quebrada

es otra medida que contribuye a la conservación del ecosistema al evitar el tránsito del ganado. Los corrales se han construido cerca de los champales más húmedos que favorezcan el desarrollo de los pastos asociados a estos. Sin embargo, se debe respetar un área de amortiguamiento de estos ecosistemas húmedos que muchas veces constituyen áreas de champales temporales.



D. PASTIZALES

Este ecosistema es el que más se utiliza como fuente de alimento para los animales pastoreados; se forma en áreas planas, de baja y mediana pendiente, asociado a los matorrales y pajonales. Las acciones priorizadas para estos ecosistemas involucran una combinación de medidas que permitan su aprovechamiento sostenible durante todo el año. La primera medida es proveerles de una fuente de agua para mantener su humedad, pudiendo construir zanjas de infiltración en las partes altas y pequeñas acequias derivadoras de la quebrada en puntos específicos.

Conforme se vayan ampliando las zonas de pastoreo mejoradas

a través del manejo adecuado de los pastizales con prácticas sostenibles como la rotación, la siembra de semillas mejoradas y el riego mejorado, se podría producir una mejor y mayor cantidad de alimento para el ganado reduciendo la necesidad de recurrir a otros espacios más frágiles que deberían ser conservados por sus servicios ecosistémicos. El cercado de estos espacios se debe realizar con pircados, no solo por la abundancia de piedras, sino porque estas estructuras también protegen los cultivos de heladas muy comunes en estas zonas altas.





MICROCUENCA CASHAPAMPA



El sector de Cashapampa corresponde a la “moya” principal de la comunidad y agrupa varios sectores de pastoreo rotativo que conforman una extensa área. Si bien se deja cinco meses en descanso, los siete meses restantes se encuentra bajo un uso intenso hasta su agotamiento, lo que obliga a recurrir a los pastos naturales en los sectores altos para la alimentación del ganado. En su ámbito hay muy pocos champales formados en las quebradas que lo dividen y tienen una pendiente fuerte. No hay presencia de lagunas, aunque los pobladores dan testimonio de pequeñas cochas existentes en el pasado. Además, se hallan pequeños bosques de queñuales.

De acuerdo al estudio de suelo -realizado durante la época de descanso en los pastos de la parte baja- éste presenta regular concentración de materia orgánica y buena capacidad de intercambio catiónico (CIC). En general, la población considera que los ecosistemas de esta zona se encuentran en regular estado, pero que los pastos resultan insuficientes para la totalidad del ganado por la falta de prácticas de manejo sostenible.

En la zona se dispone de una antigua acequia, actualmente abandonada, que servía como fuente de agua para la comunidad de Huanza. Ésta tiene un gran potencial de siembra de agua captada del río Pillihua aguas abajo de la toma del canal Mapano. Su restauración generará múltiples beneficios como la recuperación y afloramiento de manantiales, el mantenimiento del caudal base del río Pillihua y el mejoramiento de los pastos que, acompañados de buenas prácticas de manejo, permitirán reducir los usos de los pastizales en las zonas altas como Shullo donde se encuentran los champales más grandes.

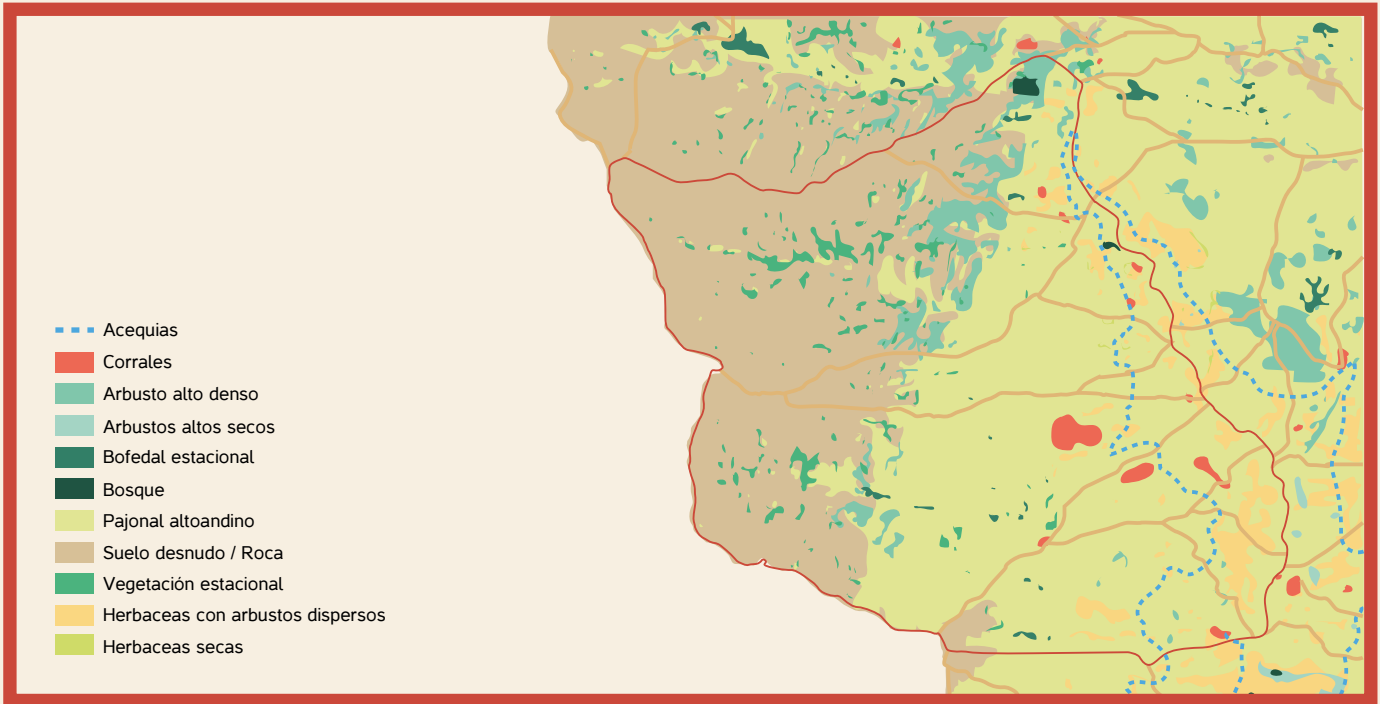
Estado de conservación de ecosistemas priorizados, causas y acciones de conservación practicadas por la comunidad en Cashapampa

Tabla 11

Ecosistemas Priorizados	Estado	Causas	Acciones de Conservación
Bosques	Pequeños grupos distribuidos en la parte baja en las márgenes del río Pillihua. En buen estado, con señales de reducción y fragmentación.	Manejo inadecuado, sin prácticas de conservación. Perturbación durante la construcción de infraestructura como corrales y acequias.	Práctica de rotación general de uso y descanso durante periodos acordados y respetados por los comuneros. Manejo del ganado, con construcción rústica de corrales. Existen muchas de acequias pequeñas preincas y una acequia antigua, todas abandonadas.
Pajonales	Se encuentran en la parte alta de las peñas; están acompañados de afloramientos rocosos, de regular a buen estado. Potencialmente expuesto a pastoreo alternativo.	Pastoreo ocasional durante el uso de la “moya” por parte de la comunidad. Pastoreo ocasional y sin control de animales invasores de otras comunidades.	
Pastizales	Abundantes, con buena calidad de semillas para su potencial resiembra y mejoramiento durante el descanso del pastoreo. Durante época de uso, expuestos a sobrepastoreo. Se secan rápidamente.	Sobrepastoreo durante el periodo de uso general sin prácticas sostenibles e infraestructura adecuada. Deterioro gradual de los ecosistemas asociados (pajonales y champales) que sirven de regulación hídrica.	
Champales	De poca extensión, fuerte pendiente y no permanentes. Dependen de la disponibilidad de lluvias en épocas húmedas. Expuestos a actividad ganadera intensiva durante el uso de la “moya”.	Parte Alta: Pastoreo ocasional de animales de la comunidad y animales invasores de otras comunidades. Deterioro de ecosistemas asociados como pajonales. Parte Baja: Pastoreo ocasional de animales de la comunidad. Deterioro de ecosistemas asociados (pastizales).	



Mapa 10:
Cobertura Vegetal de la
microcuenca Cashapampa.

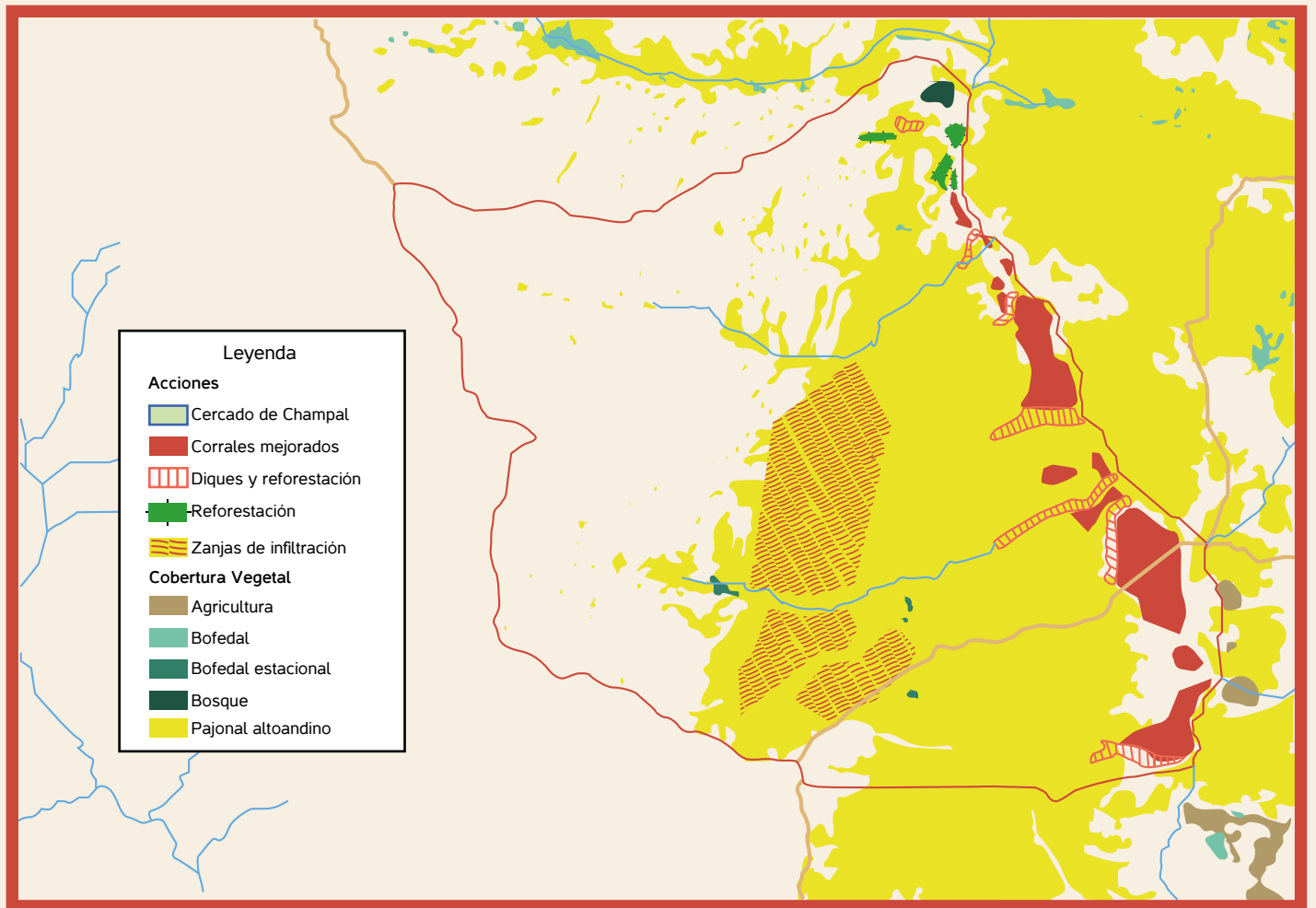


Fuente:
Elaboración propia



Mapa 11:

Mapa de las áreas de intervención en la microcuenca Cashapampa.



Fuente:

Elaboración propia



Definición de objetivos y acciones de conservación, recuperación y aprovechamiento sostenible en Cashapampa

Tabla 12

Objetivos	Acciones
<p>Bosques</p> <ul style="list-style-type: none"> -Conservar la capacidad de soporte de hábitats, regulación climática, control de erosión y aprovisionamiento de material para combustible, de los queñuales existentes -Recuperar la superficie de bosques fragmentados que se encuentran distribuidos en las márgenes del río Pillihua 	<p>A corto plazo: Instalar viveros forestales cercanos a las zonas de trabajo Reforestar con especies nativas en áreas específicas.</p> <p>A mediano plazo: Construir un corredor turístico.</p>
<p>Pajonales:</p> <p>Conservar los pajonales de la zona alta de las laderas, que constituyen una importante cobertura vegetal para la infiltración de las lluvias y la protección de los suelos ante la erosión hídrica.</p>	<p>A corto plazo: Implementar un sistema de vigilancia para la detección temprana de animales invasores.</p> <p>A mediano plazo: Limitar el uso de los pajonales en las zonas altas asociados a pastizales y matorrales.</p>



Objetivos	Acciones
<p>Pastizales</p> <p>Conservar los pastizales de la parte alta y media, asociados a matorrales que protegen los suelos de la erosión hídrica.</p> <p>Mejorar el uso de los pastos nativos de la parte baja que sirven como una fuente importante de alimento para las actividades ganaderas de la comunidad durante los meses de estiaje.</p>	<p>A corto plazo:</p> <p>Construir bocatoma y restaurar la antigua acequia de riego para sembrar agua.</p> <p>Restaurar y construir más corrales en áreas específicas para un pastoreo controlado y mejorado.</p> <p>Limitar el uso de pastos nativos en las zonas altas asociados a champales temporales.</p> <p>A mediano plazo:</p> <p>Utilizar áreas específicas de los matorrales de las zonas bajas para sembrar más pastos disponibles para la comunidad</p> <p>Construir andenes para mejorar la actividad ganadera con pastos mejorados</p> <p>Construir zanjas de infiltración en la zona media para conservar más la humedad en épocas secas</p>
<p>Champales</p> <p>Proteger los pequeños champales temporales muy esparcidos en la parte alta, media y baja que están expuestos a actividades de pastoreo, ya que constituyen una excelente cobertura vegetal de regulación hídrica.</p>	<p>A corto plazo:</p> <p>Cercar los champales temporales existentes expuestos al pastoreo.</p> <p>Restaurar los champales en las partes medias y bajas expuestos a pastoreo, fragmentación y cambios de uso a pastizales.</p> <p>Construcción de diques de contención en las quebradas para favorecer la retención de humedad y recuperar las cochas que existían asociadas a los champales temporales.</p> <p>A mediano plazo:</p> <p>Restaurar las acequias antiguas para mejorar la humedad de los champales temporales.</p> <p>Resiembra de champales en zonas recuperadas y mejoradas.</p>

Especificaciones generales de las acciones prioritizadas para Cashapampa

A. BOSQUES

Los bosques de Polylepis son recursos vitales para la conservación de la biodiversidad y funciones hidrológicas, las cuales se verán alteradas por el cambio climático a nivel mundial desafiando la sostenibilidad de las comunidades locales como San Juan de Iris. Estos ecosistemas andinos de gran altitud son cada vez más vulnerables debido a la presión antropogénica como la fragmentación, deforestación y el incremento en el ganado (ZUTTA et. al, 2012).

En la zona baja de Cashapampa, existen varios grupos de quebruales de diferentes tamaños que tienen el potencial de ser reforestados recuperando y mejorando sus servicios ecosistémicos. La instalación de un vivero

forestal cerca de la zona de trabajo es fundamental para impulsar el proceso de reforestación; a futuro, podría formar parte de un corredor ecoturístico. Se debe asegurar la protección de los plantones durante su crecimiento, a fin de evitar su perturbación por actividades antrópicas y del ganado.

La comunidad ha manifestado que existen problemas de deslizamientos que afectan la trocha hacia San Pedro de Casta y el canal Mapano en puntos críticos de cruces con las quebradas intermitentes. La reforestación de la parte alta del canal Huanza que será restaurado es importante para garantizar la seguridad del funcionamiento de la trocha durante las épocas de fuertes

lluvias en los meses de enero, febrero y marzo. Asimismo, la ventaja de ubicar los plantones en las quebradas favorecerá su crecimiento proveyéndoles de una fuente de agua. La comunidad ya ha tenido anteriormente un vivero con diferentes especies forestales como los quebruales, quishuar, sauces, pinos, cipreses, eucaliptos, entre otros, por lo que existe la experiencia para llevar a cabo esta propuesta.



B. PAJONALES

Los pajonales se encuentran distribuidos en las partes más altas asociados a pastos naturales y matorrales en la zona de peñas y afloramientos rocosos. Su servicio ecosistémico de regulación hídrica es de gran importancia para esta zona dado que no se dispone de lagunas y los campos presentan condiciones temporales. Por ello, la acción priorizada para la conservación de estos ecosistemas contempla mejorar el control y vigilancia del pastoreo por parte de los animales que llegan de otras comunidades así como la prohibición a futuro de su pastoreo por la comunidad

durante la época de apertura entre julio y enero, cuando los pastos bajos empiezan a agotarse. Cabe mencionar que por parte de los comuneros existe pleno respeto a su inutilización durante la época de descanso.



C. PASTIZALES

La “moya” de Cashapampa es una zona de pastoreo por excelencia. La gran extensión de estos ecosistemas en la parte alta, media y baja, es una gran fuente de buen alimento para el ganado. Por ello, la comunidad realiza la rotación general de su uso con una época de descanso que va desde febrero hasta junio aprovechando las lluvias para su crecimiento adecuado. Sin embargo, la falta de prácticas de manejo sostenible tales como la rotación interna dentro de la moya, la siembra de agua, construcción de bebederos, mejoramiento de pastos, entre otros, impide su aprovechamiento

eficiente. Es por ello que, después de su agotamiento, se recurre a los pastos en los sectores de las zonas medias y altas como Llamacocha, Sacsacocha, Patacancha, Shullo, Rai Rai, Chaccha Pallca y hasta Curicocha.

El aprovechamiento sostenible de estos ecosistemas generará múltiples beneficios directos para el desarrollo agropecuario de la comunidad (mejoramiento de animales y productos lácteos) y la regulación hídrica con la siembra de agua, así como indirectos a través de la reaparición de puquiales en las márgenes del río Pillihua (cosecha de agua)

y la disminución del uso de los pastos naturales en las zonas altas asociados a los champales más grandes como Shullo, Chaccha y Curicocha.

La principal medida, que desencadene las demás, será la restauración de 4331 m lineales de la acequia de riego que conducía las aguas del río Pillihua hacia la comunidad de Huanza, pero que en la actualidad pertenece a la comunidad de San Juan de Iris. Para ello se construirá una bocatoma de captación. Cabe mencionar que, debido a que San Juan de Iris es una comunidad reconocida mas no titulada,



es importante que se proceda con su formalización en los registros públicos, a fin de evitar futuros problemas de propiedad de tierras como los ya ocurridos con Huachupampa, Carampoma y la misma comunidad de Huanza. Una vez se disponga de una fuente de agua, se procederá a restaurar los corrales existentes y construir muchos más en la zona baja de la acequia con el objeto de generar un manejo de rotación dentro de la moya. Estas zonas de pastoreo dispondrán de sistemas de riego por gravedad que serán operados por el comité de riego. De igual

forma que el canal Mapano, se realizará su mantenimiento anual durante la celebración de la Champería. Es importante que la comunidad se comprometa a dejar de utilizar los pastos de la zona alta de Cashapampa asociados a los pajonales, ya que esta área será de regulación hídrica.

Posteriormente, con los resultados obtenidos, se podrán realizar mayores mejoras en esta zona con la finalidad de convertirla en un área agropecuaria altamente productiva y sostenible. Considerando los conocimientos

ancestrales de la comunidad que aún persisten en los adultos mayores para la construcción de infraestructura natural, se podrán construir sistemas agrícolas de andenería, zanjas de infiltración en la zona media-alta debajo de las peñas para favorecer la conservación de la humedad, restaurar las acequias amunadoras preincas existentes, y ampliar las zonas mejoradas de pastoreo continuando con la restauración de la acequia de Huanza hasta la zona de Yanama y Huayupampa donde se encuentran andenes comunales.



D. CHAMPALES

Las acciones priorizadas para la conservación de los pocos champales temporales que existen en la microcuenca de Cashapampa contemplan mejorar el control y vigilancia del pastoreo por parte de los animales de la comunidad y los que llegan de otras comunidades como Carampoma, así como el cercado y la restauración de aquéllos que muestren señales de degradación. El principal objetivo es evitar el pastoreo en la parte media y alta cerca a la quebrada, donde se encuentran estos ecosistemas frágiles con condiciones temporales, llevando

a los animales hacia las zonas bajas que serán mejoradas para un pastoreo controlado.

Por otro lado, la comunidad ha dado testimonio de la existencia de cochas distribuidas en las márgenes de las quebradas que estaban asociadas a los champales. Debido a los cambios en el régimen hidrológico y la falta de prácticas sostenibles para el manejo de estos ecosistemas, han desaparecido. Por ello, se propone la construcción de diques de contención en las quebradas que presenten buenas condiciones pudiendo restaurar

las cochas y disminuir la carga de sedimentos que llegue al río Pillihua. Posteriormente, se podrá complementar con la construcción de otras infraestructuras naturales como zanjas de infiltración para aumentar los servicios ecosistémicos que cada vez están disminuyendo más.





DEFINICIÓN DE INDICADORES Y MONITOREO PARA EVALUAR EL IMPACTO



Considerando que los proyectos de inversión en formulación involucran la restauración de ecosistemas complejos y sus servicios hídricos, se ha propuesto un horizonte de evaluación de 20 años, como mínimo, de acuerdo a las diversas experiencias de investigación que existen sobre procesos de restauración y los horizontes de referencia de la ficha simplificada SERH. Este trabajo debe complementarse como un monitoreo periódico y permanente de las intervenciones a mediano y largo plazo. Sin embargo, es importante mencionar que la buena ejecución de las actividades programadas, que han sido priorizadas por su impacto, y la adopción eficaz de la responsabilidad para su gestión por parte de la comunidad, podrán generar resultados a corto plazo.

El diseño del sistema de evaluación y monitoreo de los proyectos se basará en la gestión por resultados, enfoque orientado a mejorar el desempeño de las instituciones públicas, buscando una mayor eficiencia y efectividad en el uso de los recursos. Este proceso se basará en un conjunto de indicadores agrupado en dos niveles, el primero a nivel de productos donde se evaluará y monitoreará los resultados de cada proyecto en sus microcuencas respectivamente y el segundo donde se evaluarán y monitorearán los resultados del impacto final a nivel de la microcuenca Pillihua y su población contribuyente.

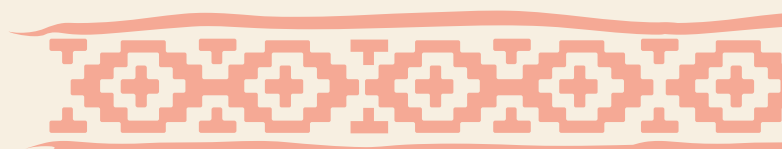
La selección de los indicadores óptimos para el monitoreo de los resultados de acuerdo con las intervenciones propuestas anteriormente en el presente DHR, tendrá como base el marco de referencia de los indicadores y brechas priorizados y/o propuestos por otros sectores, así como de iniciativas de organismos internacionales como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). Esto permitirá su articulación con los trabajos que ya vienen siendo realizados por los sectores a nivel nacional. A continuación, se muestra una tabla con los indicadores de referencia que se encuentran relacionados directa e indirectamente a la temática de los servicios ecosistémicos y al marco normativo de los MERESE.



Tabla 13:
Indicadores de referencia de otros sectores

Entidad	Indicadores
MVCS, SUNASS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Número de prestadores que incorporan en las tarifas MRSE. 2. Cobertura de tratamiento de aguas residuales en el área urbana. 3. Caudal base o caudal mínimo. 4. Coeficiente de escorrentía anual o caudal promedio. 5. Concentración de sedimentos en el agua.
MINAM	<ol style="list-style-type: none"> 6. Porcentaje de superficie de ecosistemas terrestres degradados que brindan servicios ecosistémicos que requieren de recuperación.
MINAGRI	<ol style="list-style-type: none"> 7. Porcentaje de productores agrícolas que realizan prácticas orientadas a minimizar los problemas de degradación de la tierra. 8. Porcentaje de superficie de bosques manejados. 9. Superficie reforestada. 10. Porcentaje de recuperación forestal. 11. Superficie con obras de conservación de suelos.
OCDE (ODS 6)	<ol style="list-style-type: none"> 12. El cambio en la extensión de los ecosistemas relacionados al agua en el tiempo <ol style="list-style-type: none"> a) Extensión espacial del ecosistema b) Cantidad de agua contenida en el ecosistema c) Salud o estado del ecosistema

Fuente:
Elaboración propia. Programa "Sembramos Agua"



Como parte del diseño del sistema de monitoreo, se validará los indicadores, se definirá una línea base y un método de evaluación y monitoreo que permitirán medir los impactos de las intervenciones, generando también información

para mejorar los procesos del programa en general. A continuación, se muestran los indicadores propuestos en el programa de Sedapal divididos en los 5 componentes de trabajo, así como sus respectivas unidades de medición.

Adicionalmente se incorporarán indicadores socioeconómicos para medir el impacto en el crecimiento económico y mejoramiento de la calidad de vida de la población.

Tabla 14:
Indicadores de referencia del programa Sembramos Agua

Indicador	
Propósito	<ol style="list-style-type: none"> 1. Porcentaje de variación del caudal base en áreas intervenidas (volumen %). 2. Porcentaje de variación de sedimentos en áreas intervenidas (promedio: gramos/litro). 3. Humedad del suelo (unidad).
Componente 1. Restauración y conservación de ecosistemas	<ol style="list-style-type: none"> 4. Superficie intervenida por ecosistema terrestre (has). 5. Superficie adoptada para su protección (indicador adicional, propuesto por TNC).
Componente 2. Calidad de agua	<ol style="list-style-type: none"> 6. Demanda Biológica de Oxígeno. 7. Concentración de metales pesados.
Componente 3. Infraestructura hídrica	<ol style="list-style-type: none"> 8. Longitud de infraestructuras recuperadas (amunas, canales de infiltración). 9. Capacidad de almacenamiento de agua de manera natural (espejo de agua, micro reservorios). 10. Superficie de suelos agrícola intervenido (andenes, terrazas). 11. Superficie de suelos ganaderos -pastizales- intervenidos (indicador adicional, propuesto por TNC).
Componente 4. Gobernanza	<ol style="list-style-type: none"> 12. Número de organizaciones involucradas en el Programa para la gestión de los recursos hídricos.
Componente 5. Gestión del Conocimiento	<ol style="list-style-type: none"> 13. Número de publicaciones desarrolladas en servicios ecosistémicos hídricos en el ámbito del programa.

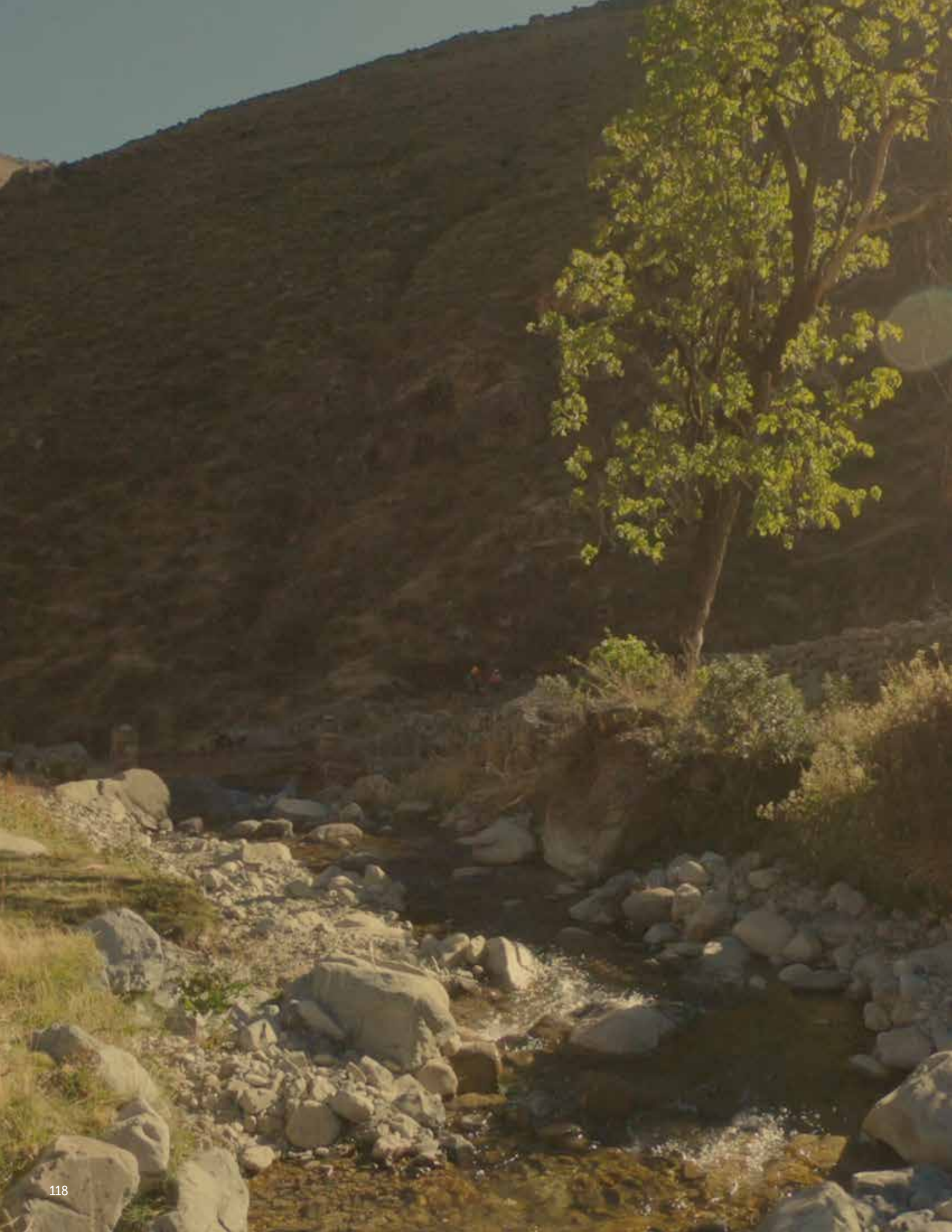
Fuente:
Elaboración propia

Considerando la disponibilidad de nueva tecnología para el monitoreo de parámetros hidrológicos y de suelos, se utilizarán equipos que permitan guardar la información por largo tiempo con el uso de *data loggers* para lugares donde no exista señal, y transmisores en tiempo real donde sí se disponga. El aforamiento de caudales se realizará a través de la técnica de velocimetría por imágenes de partículas a gran escala (LSPIV según sus siglas en inglés) que permiten monitorear la velocidad superficial del flujo sin perturbarlo. Estos

se ubicarán en tramos con áreas definidas para calcular la variación de manera detallada. Para cauces pequeños como el de Curicocha se podrá construir aforadores Parshall o de garganta larga-RBC, que no interrumpan el flujo. Cabe mencionar, que se mejorarán las captaciones de la infraestructura hidráulica existente como la toma del canal Mapano y la del canal de la represa Sheque para complementar el monitoreo. Asimismo, para monitorear el cambio en los parámetros de cobertura vegetal y del suelo, se fijarán puntos de

control que permitan realizar un seguimiento adecuado de mejoría que se vaya obteniendo. Para la evaluación de los bofedales se utilizarán procedimientos validados de investigaciones en el Perú. Este sistema de monitoreo servirá como base para otras futuras intervenciones que se realicen para mejorar cada vez más los resultados que se produzcan en los servicios ecosistémicos de la cuenca Pillihua.





IV. EL USO DEL SUELO: CLAVE PARA ENFRENTAR LOS DESAFÍOS DE LA SEGURIDAD HÍDRICA



La FAO define al suelo como un componente esencial de la tierra y los ecosistemas. Sobre el uso del suelo, añade que comprende “las acciones, actividades e intervenciones que realizan las personas sobre un determinado tipo de superficie para producir, modificarla o mantenerla” (FAO, 1997a; FAO/UNEP, 1999, IPCC Special Report on Land Use, Land-Use Change And Forestry, 2.2.1.1 Land Use).

El uso del suelo y los cambios en su cobertura son muy comunes en los países en desarrollo cuyas economías dependen principalmente de la agricultura y con un rápido crecimiento de la población humana. Los efectos producidos por los cambios de uso del suelo se pueden agrupar en hidrológicos, socioeconómicos, ecológicos y ambientales. Por ejemplo, la eliminación de la vegetación para preparar la tierra para la agricultura genera una cadena de efectos: deja el suelo susceptible a un aumento masivo de la erosión por el viento y el agua, lo que a su vez reduce su fertilidad, haciéndolo inadecuado para fines agrícolas, con varios impactos negativos como consecuencia.

Las transformaciones de la cubierta terrestre producidas por los cambios de uso pueden modificar el patrón de flujo de los ríos. La mayoría de las cuencas en el mundo han sufrido cambios masivos en los últimos años debido a diversas actividades de uso de la tierra. En efecto, las características de la cobertura vegetal de la tierra tienen una gran influencia en los procesos de degradación de una cuenca, porque inciden en la modificación de las propiedades del suelo. La vegetación afecta los procesos de escurrimiento, infiltración, transpiración y evaporación modificando la forma en que los volúmenes de agua acceden a los cauces, disminuyendo los aportes superficiales y aumentando los aportes subterráneos: opone una



resistencia mecánica y a su vez desempeña una acción potente contra la erosión. El manejo de los recursos hídricos y los patrones del uso del suelo -como aquéllos destinados a la producción agrícola, la silvicultura o la urbanización- influyen en la cantidad y calidad del agua disponible.

Para examinar el impacto de las diferentes prácticas de uso del suelo en los recursos hídricos, se han desarrollado varios modelos de simulación hidrológica. Los resultados de estos modelos se utilizan como apoyo en la formulación de políticas y la toma de decisiones para determinar las prácticas de conservación y gestión del suelo a fin de mantener la disponibilidad de recursos hídricos para las poblaciones actuales y futuras en el contexto de un clima cambiante.

Con el fin de evaluar los efectos del uso del suelo, así como el cambio de cobertura en la producción de agua en el ámbito de las microcuencas priorizadas de los ríos Santa Eulalia, Blanco y Maracocha, se utilizó el modelo SWAT.







EFECTOS DEL CAMBIO DEL USO Y COBERTURA DEL SUELO EN EL RÉGIMEN HIDROLÓGICO DEL RÍO SANTA EULALIA, RÍO BLANCO Y MARCACOCHA



SWAT

La Herramienta de Evaluación del Suelo y Agua (SWAT, por sus siglas en inglés), es uno de los modelos de simulación hidrológica que se puede aplicar a escala de cuencas. Ha sido desarrollado por el Servicio de Investigación Agrícola del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica (USDA) y se utiliza para simular los efectos del manejo del suelo y el clima sobre el suministro de agua, el comportamiento de los sedimentos y los rendimientos químicos agrícolas en las subcuencas y cuencas más grandes con diferentes suelos, usos y condiciones de manejo durante largos periodos de tiempo. Es un modelo de tiempo continuo que opera en intervalos de tiempo diario y utiliza una estructura de jerarquías para el encaminamiento de la escorrentía y la química a través de las cuencas hidrográficas.

Las diferentes coberturas del suelo (terrenos de cultivo, pastizales, cuerpos de agua y otros) representan importantes unidades que son identificadas por el modelo SWAT mediante la subdivisión de la cuenca en zonas que incluyen los usos de suelo y la combinación única de suelos durante el proceso de generación de escorrentía. Estos datos se ingresan en el modelo para desglosar un sistema que refleje el equilibrio hidrológico de cada subcuenca analizada. A su vez, este equilibrio muestra el comportamiento del agua en las subcuencas según el ciclo del agua o ciclo hidrológico.



El ciclo hidrológico

La tierra tiene una gran cantidad de agua en diferentes estados y formas, que está en constante movimiento. A este sistema se le conoce como ciclo hidrológico y se evidencia a medida que viaja a través de diferentes tipos de almacenamiento por medio de diversos procesos. Se encuentra conformado por los siguientes componentes:

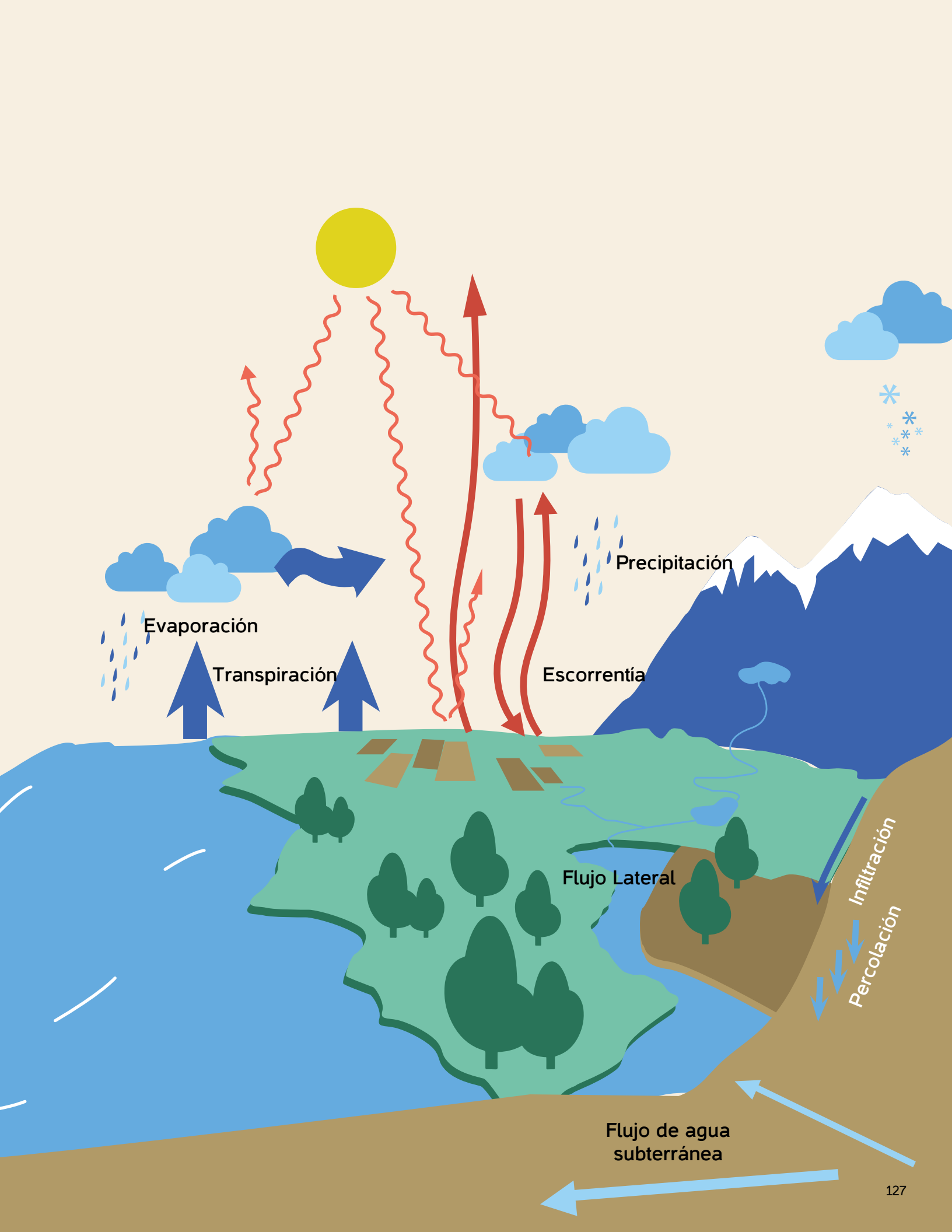
- **La precipitación** es el agua proveniente de la atmósfera en formas tales como lluvia, nieve, aguanieve o granizo.
- **La evaporación** se produce cuando el agua cambia de un estado líquido al gaseoso llegando a la atmósfera. Esto aumenta por la radiación solar y un incremento de la temperatura del aire.
- **La transpiración** es la liberación del agua producida por las plantas como subproducto de la fotosíntesis. La evapotranspiración es la combinación de los procesos de evaporación y transpiración debido a la dificultad en la separación de ambos procesos.
- **La infiltración** es la entrada el agua en el suelo. Depende de las propiedades del suelo, tales como el contenido de materia orgánica, la densidad, la textura, conductividad hidráulica y porosidad. Las condiciones en la superficie del suelo también afectan la infiltración.
- **Percolación** es el movimiento descendente del agua después de entrar en el suelo por gravedad a través del perfil del suelo. Lo que se mueve más allá de la zona de las raíces de plantas hacia la formación geológica subyacente se llama percolación profunda; trasciende el alcance de las raíces de las plantas y se dirige hacia la reposición del suministro del agua subterránea. Este proceso se conoce como la recarga de acuíferos.
- **La escorrentía** es la porción de precipitaciones, deshielo, o agua de riego que fluye a través de los suelos, haciéndose un hueco en los sistemas de agua de la superficie. Un gran porcentaje de escorrentía superficial llega a los arroyos, donde se describe como el caudal o flujo. También ocurre cuando el suelo está saturado. También llamada “escurrimiento”.



- **El flujo lateral** es el agua que se mueve por debajo de la superficie del suelo y sobre el nivel de los acuíferos. Fluye sub-superficialmente y alimenta a los canales de drenaje, ríos y lagos.
- **Flujo de agua subterránea.** Este proceso crea un flujo de base para los cuerpos de agua superficiales y para la recarga de aguas subterráneas. Un gran porcentaje de esta agua se utiliza para beber y para riego.

El balance hidrológico es la cuantificación de los componentes del ciclo hidrológico en las cuencas hidrográficas o en cuerpos de agua subterráneos, con el propósito de determinar los principales flujos hídricos en las cuencas. Se resume en:

Flujo de entrada – Flujo de salida = Relación de cambio de agua almacenada



Aplicación del Modelo Hidrológico SWAT en las microcuencas del ámbito de las Comunidades Campesinas San Juan De Iris, Chocna y Marcacocha

Metodología

Tabla 15

Ficha Metodológica	
Ámbito de la investigación	Microcuencas de la Comunidad Campesina San Juan de Iris (subcuenca Pillihua), de las comunidades campesinas Chocna y Marcacocha, ubicadas en las cuencas de los ríos Santa Eulalia, Río Blanco y Marcacocha, respectivamente.
Objetivo General	Evaluar los efectos del uso del suelo y del cambio de cobertura en la producción de agua, mediante el empleo del modelo de simulación SWAT.
Objetivos específicos	<p>Recopilar información básica de las cuencas hidrográficas con fines de empleo en el modelo SWAT.</p> <p>Representar un escenario de condiciones actuales de cobertura vegetal de la cuenca.</p> <p>Calibrar la simulación de producción de agua para condiciones actuales.</p> <p>Aplicar el modelo calibrado a diversos escenarios de uso y manejo de suelos.</p>
Modelo	SWAT
Encargado del estudio	Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC), a través del Centro de Investigación y Tecnología del Agua (CITA). Elaboración: Ing. Cristian Albert Montesinos Cáceres.
Fecha	Julio 2019



Área de estudio

Para el estudio, el ámbito de la cuenca se distribuyó en tres áreas:

- El área delimitada a partir de la estación Santa Eulalia presenta tres proyectos futuros seleccionados en el ámbito del centro poblado San Juan de Iris (subcuenca del río Pillihua). El alcance del proyecto Llamacocha contempla trabajos de afianzamiento hídrico desde la laguna Llamacocha, con el objetivo de proteger los bofedales. Del mismo modo, el alcance del proyecto Curicocha considera trabajos de protección de bofedales en la parte alta de la micro cuenca. Finalmente, se tiene el alcance del proyecto cercano al poblado San Juan de Iris que contempla trabajos para la restauración de terrazas y andenes. Estas microcuencas pertenecen a la cuenca del río Rímac.
- En la microcuenca delimitada a partir de la estación Río Blanco se ubica un proyecto futuro, situado en la Quebrada Pucullo, Comunidad Campesina de Chocna, el mismo que considera un manejo de pastos altos andinos y protección de bofedales. Esta microcuenca también pertenece a la cuenca del río Rímac.
- El área del proyecto Marcacocha, situado en el distrito del mismo nombre. Este proyecto futuro considera, principalmente, la protección de bofedales. Esta microcuenca pertenece a la cuenca del río Mantaro.



Análisis histórico de las escorrentías en Santa Eulalia y Pucullo

Se usó el modelo SWAT calibrado y validado para simular diferentes usos del suelo y cubrir escenarios de escorrentía, considerando lo siguiente:

- Para el área de San Juan de Iris, hasta la estación Santa Eulalia ubicada en la cuenca del mismo nombre, se compararon las escorrentías a partir de los productos de cobertura de suelo entre los años 2010 y 2014. Al año 2010 con el producto GlobalLand30 y al 2014 con el reporte de USAID (2014), incluyendo en este último sólo los tres proyectos en la microcuenca.
- Para el área de la quebrada Pucullo, estación río Blanco, en la cuenca alta del río Rímac, se compararon las escorrentías a partir de los productos de cobertura de suelo entre los años 1995 y 2014. Al año 1995 de manera referencial con el producto GlobalLand30 y al 2014 con el reporte de USAID (2014), incluyendo en este último solo un proyecto en la microcuenca.
- Para el área de Marcacocha, en la subcuenca Marcapomacocha, en la cuenca alta del río Mantaro, se compararon las escorrentías a partir de los productos de cobertura de suelo entre los años 2010 y 2014. Al año 2010 de manera referencial con el producto GlobalLand30 y al 2014 con el análisis de imágenes satelitales y la ubicación de un solo proyecto de infraestructura verde.

Es necesario resaltar que el mapeo de las cuencas y microcuencas realizados en USAID (2014) representa un producto confiable debido a que se basó mayormente en el levantamiento de información primaria. Se empleó la fecha año 2014 como referencia, considerando no sólo el mapeo de los proyectos futuros de infraestructura verde sino también a la evolución de la cobertura de la cuenca como una forma de incorporar el factor denominado evolución del paisaje. Se debió incorporar dicho factor debido a que no se puede simular escenarios de cambios bruscos “con y sin proyecto” a partir de un escenario inicial, sino que existe una transición de años hasta la implementación de estos proyectos. Esta transición es difícil de cuantificar, pero la incorporación de



fechas tentativas como al 2014 para cada área de estudio, ofrecerá una mayor representatividad a escala de microcuencas.

Fueron considerados únicamente los proyectos que recaen en las tres áreas de estudio mencionadas. Para el área de Marcacocha, que no está incluida en el reporte, se procedió a realizar una visita de campo y la delimitación de estos proyectos.

Los proyectos de infraestructura verde propuestos se dividen de la siguiente forma:

- En el ámbito de la microcuenca Pillihua en San Juan de Iris, se procedió a incorporar en el modelo los tres proyectos de infraestructura verde descritos en el DHR (proyectos futuros).
- En los ámbitos de las microcuencas río Blanco y Marcacocha, se consideró sólo un proyecto de infraestructura verde para cada uno.

Las imágenes que se muestran a continuación se clasificaron según los diferentes tipos de cobertura de uso de suelo con las siguientes abreviaturas:

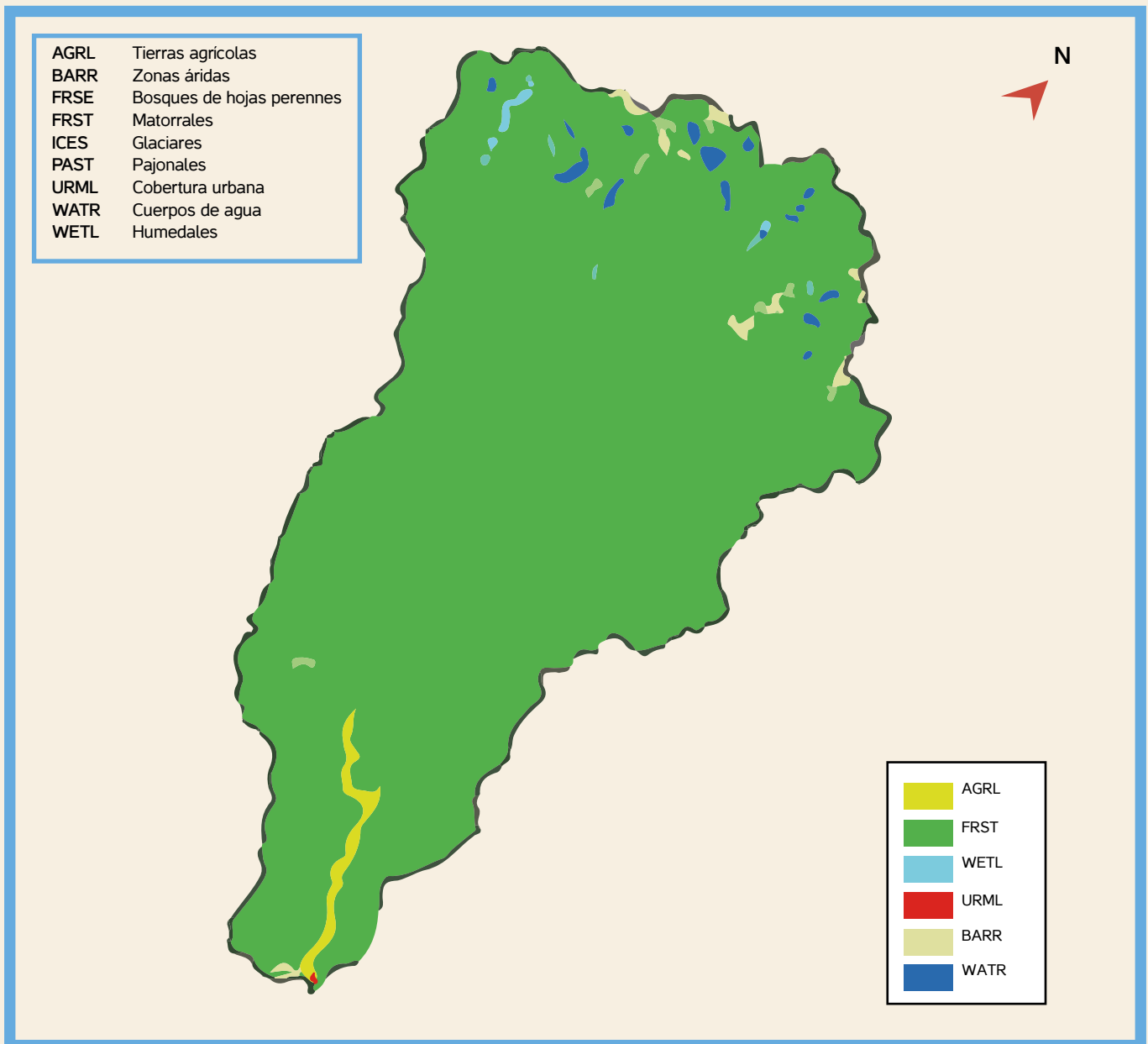
AGRL Tierras agrícolas
BARR Zonas áridas
FRSE Bosques de hojas perennes
FRST Matorrales
ICES Glaciares
PAST Pajonales
URML Cobertura urbana
WATR Cuerpos de agua
WETL Humedales

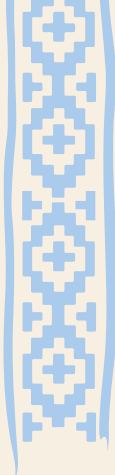




Mapas fisiográficos correspondientes al proyecto San Juan de Iris

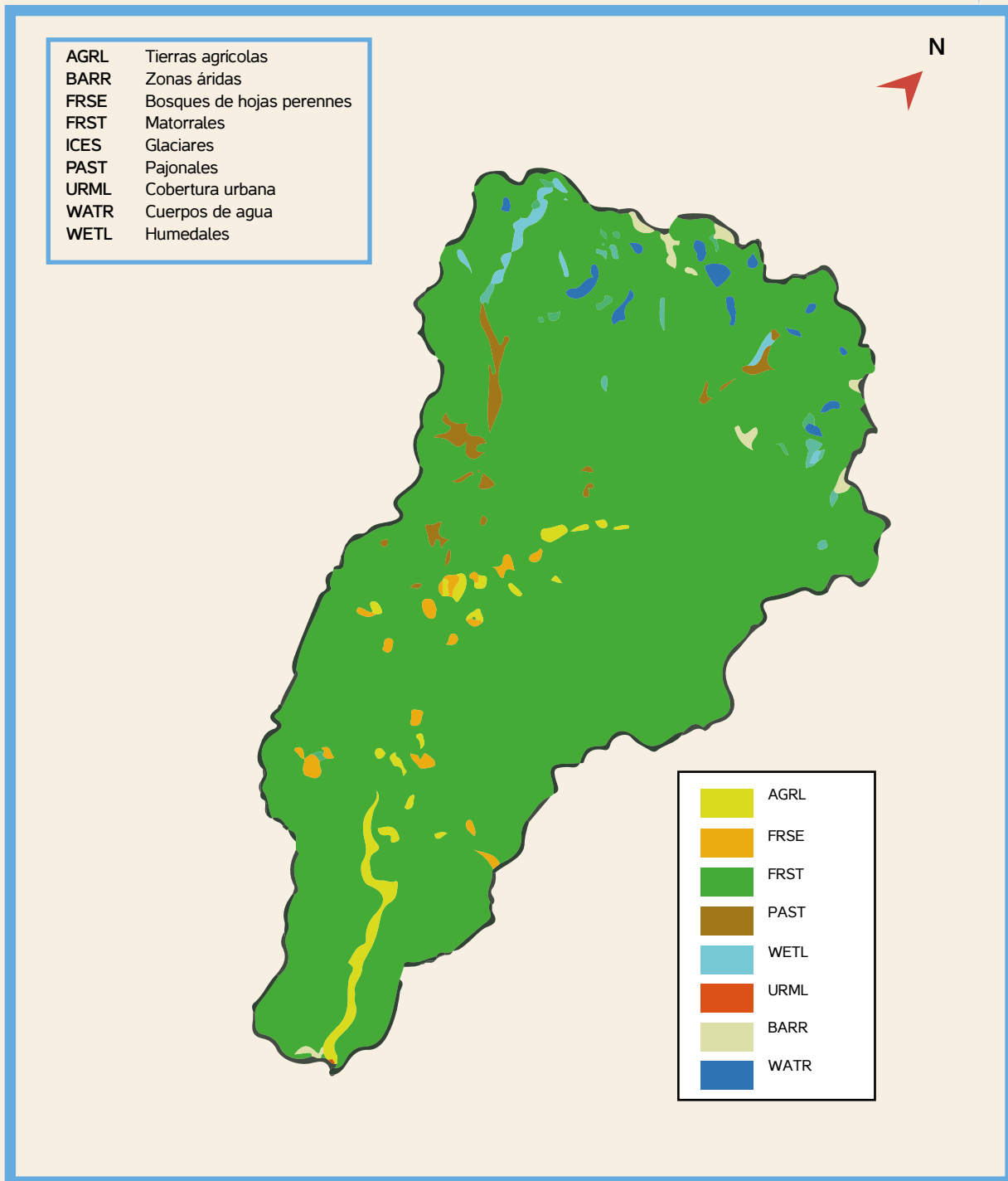
Mapa 12:
Uso de suelo – escenario base





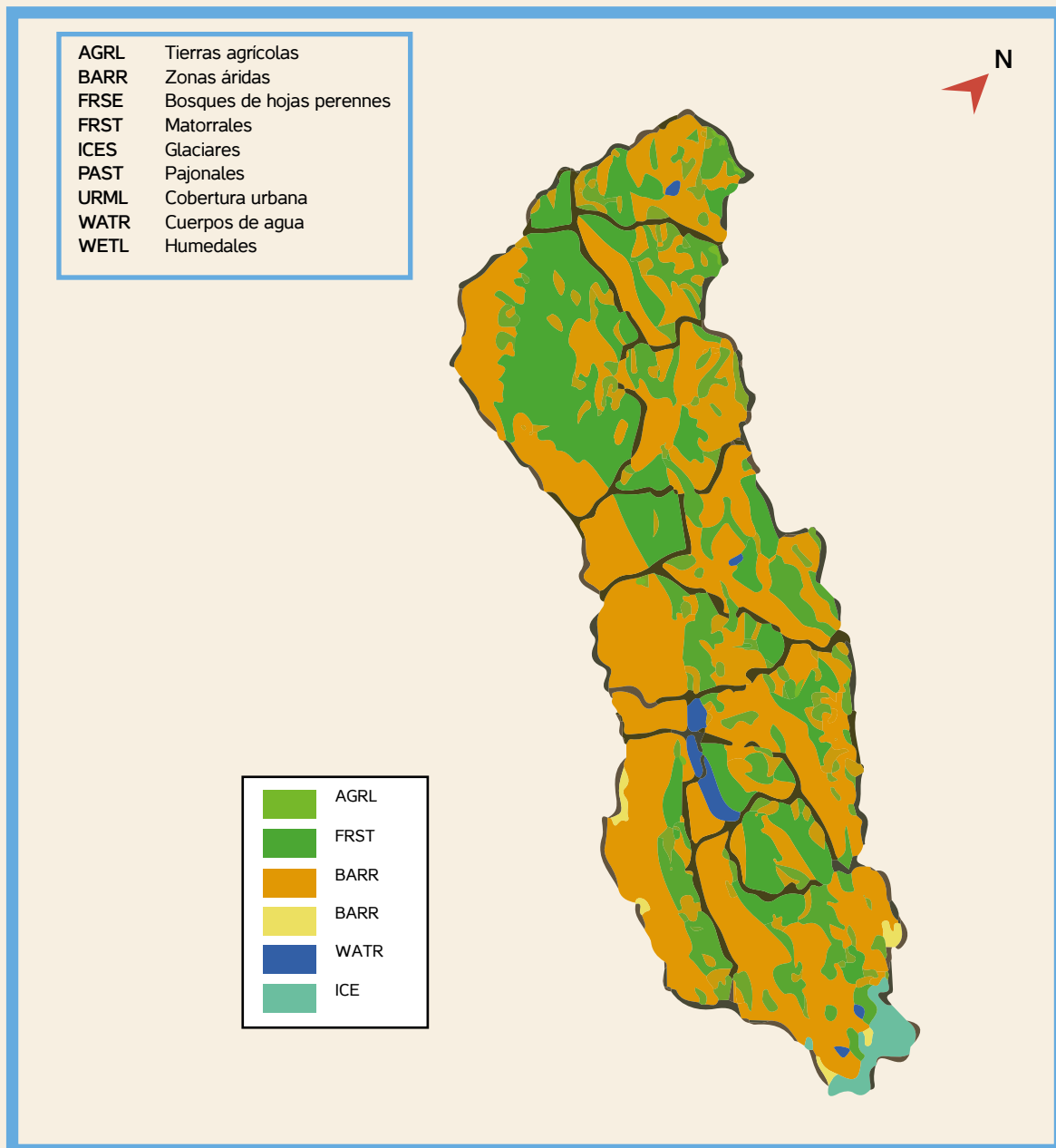
Mapa 13:

Mapa de uso de suelo – con
infraestructura verde (USAID, 2014)



Mapas fisiográficos correspondientes al proyecto río Blanco

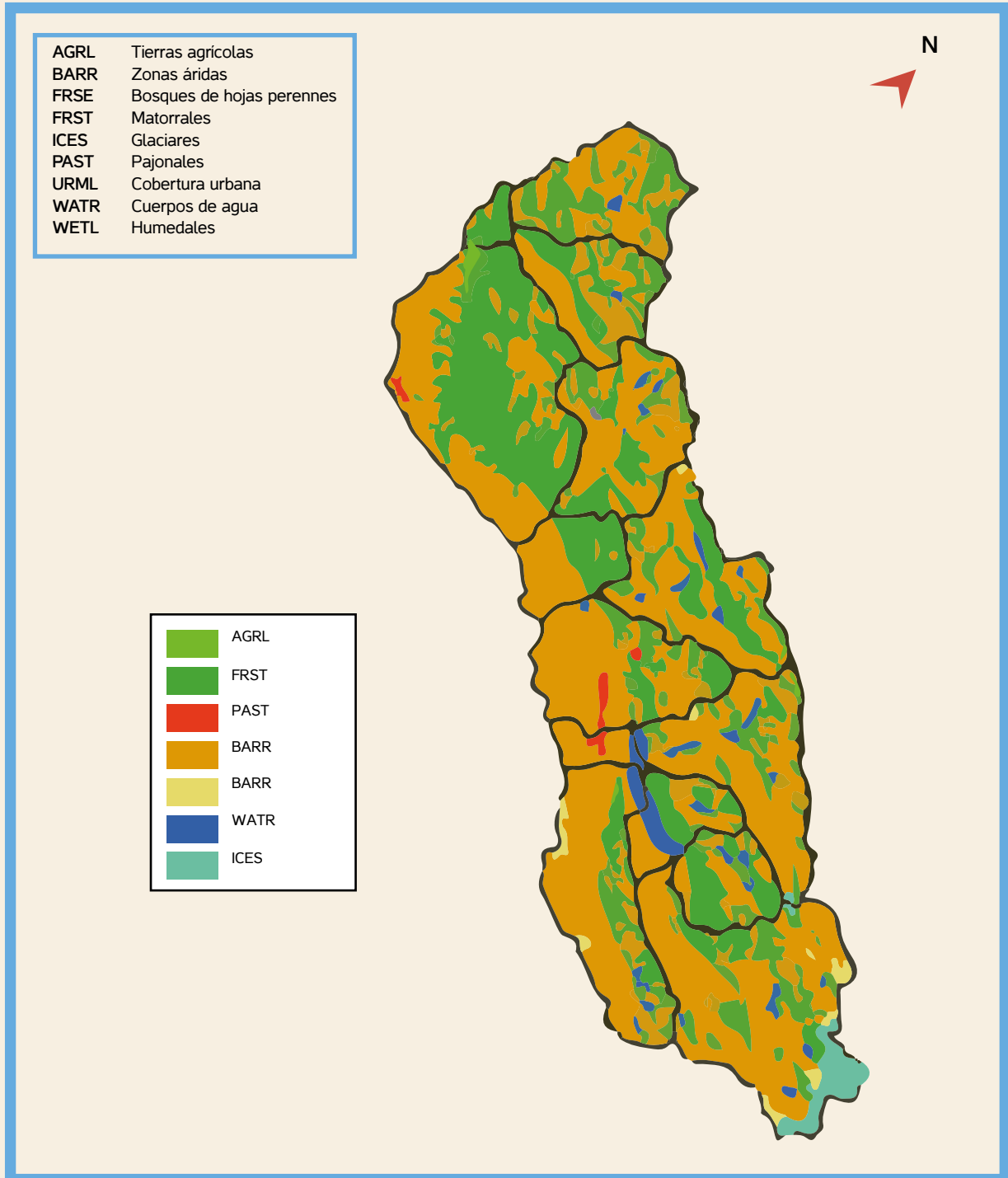
Mapa 14:
Uso de suelo – escenario base





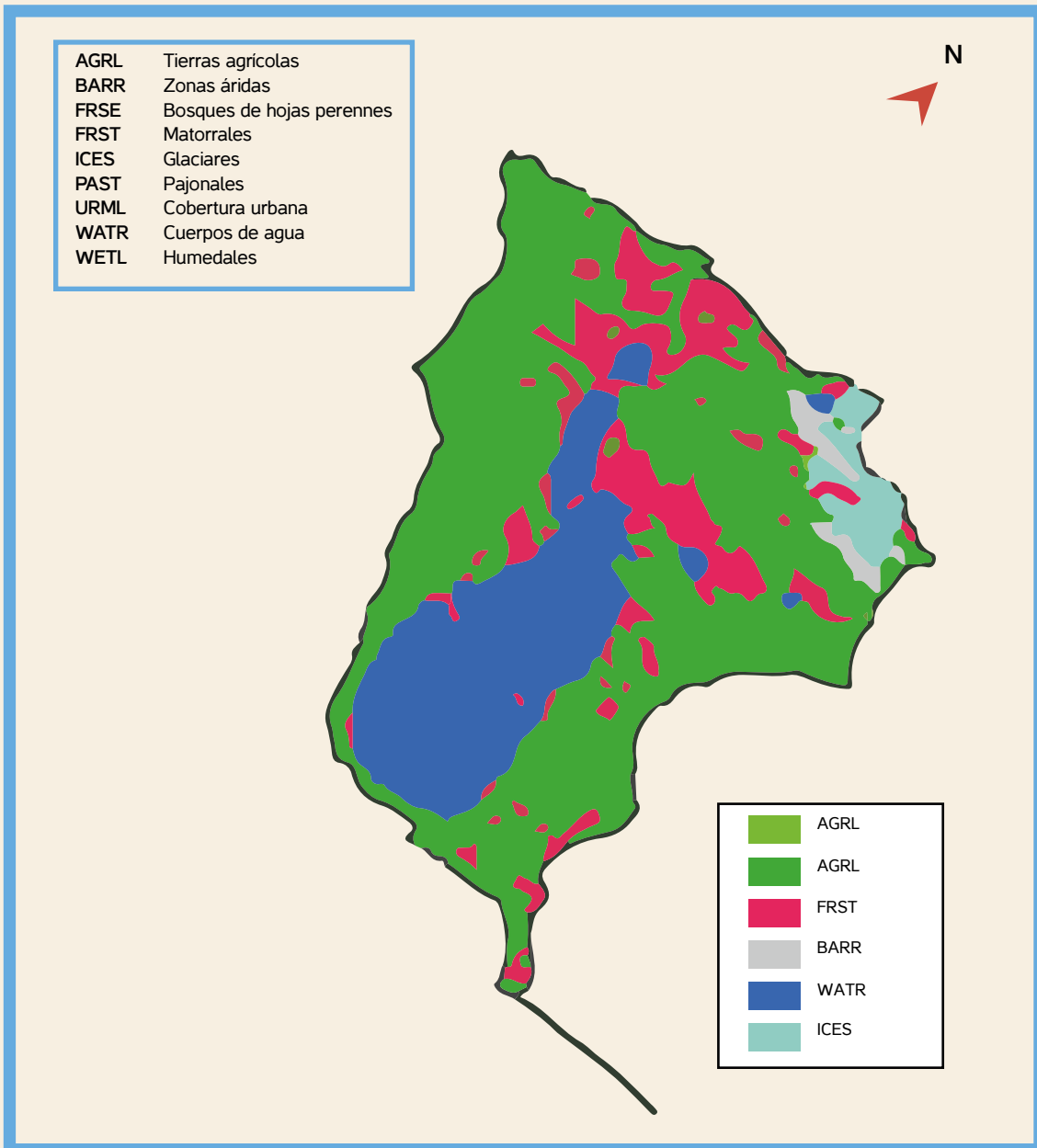
Mapa 15:

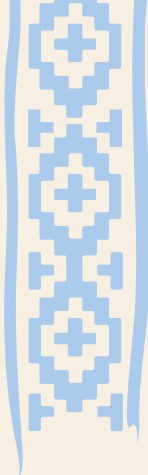
Mapa de uso de suelo – con
infraestructura verde (USAID, 2014)



Mapas fisiográficos correspondientes al proyecto Marcacocha

Mapa 16:
Uso de suelo – escenario base





Mapa 17:

Mapa de uso de suelo – con
infraestructura verde (USAID, 2014)

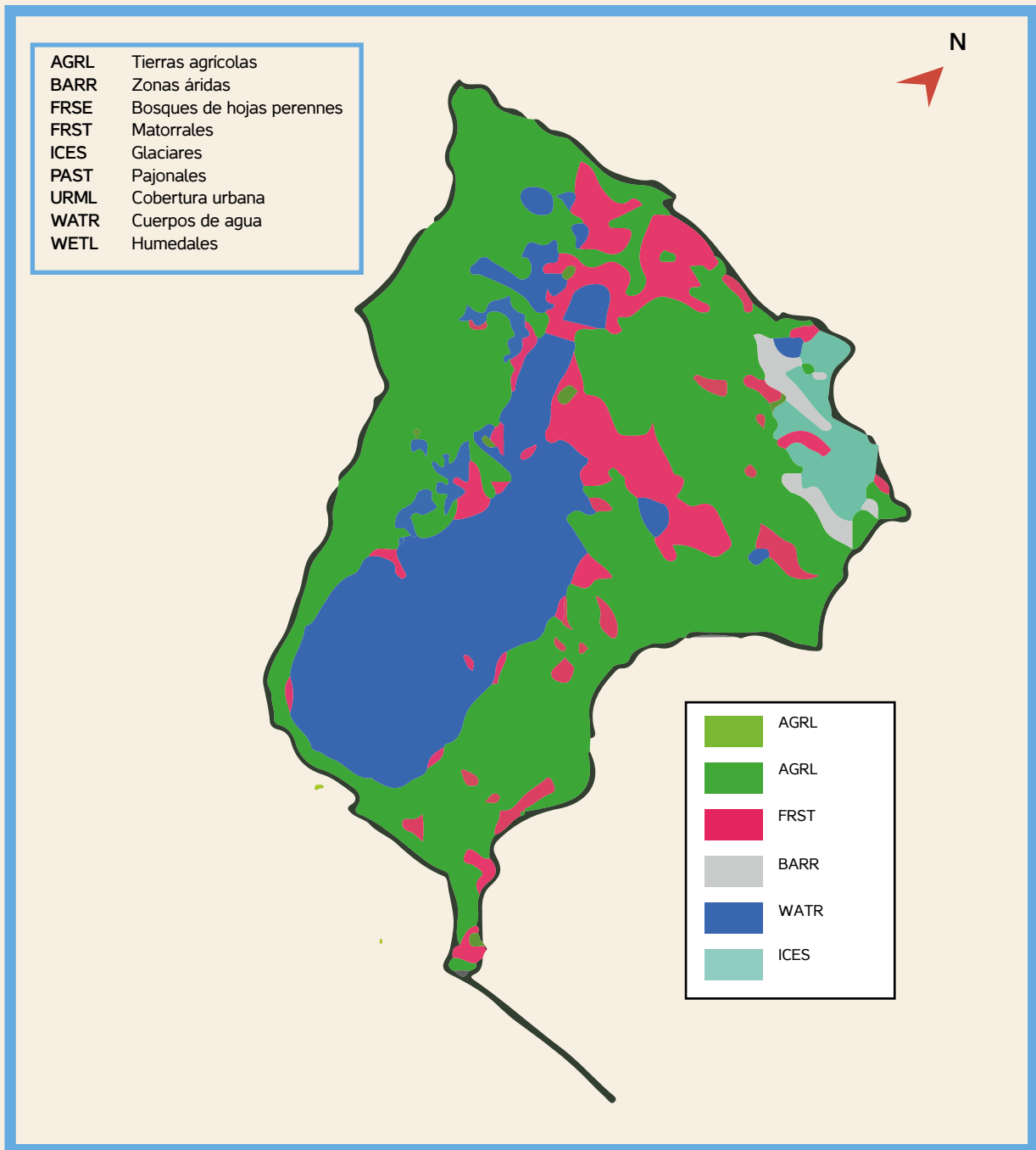


Gráfico 8:
Caudales promedios mensuales con y sin infraestructura verde hasta la estación Santa Eulalia

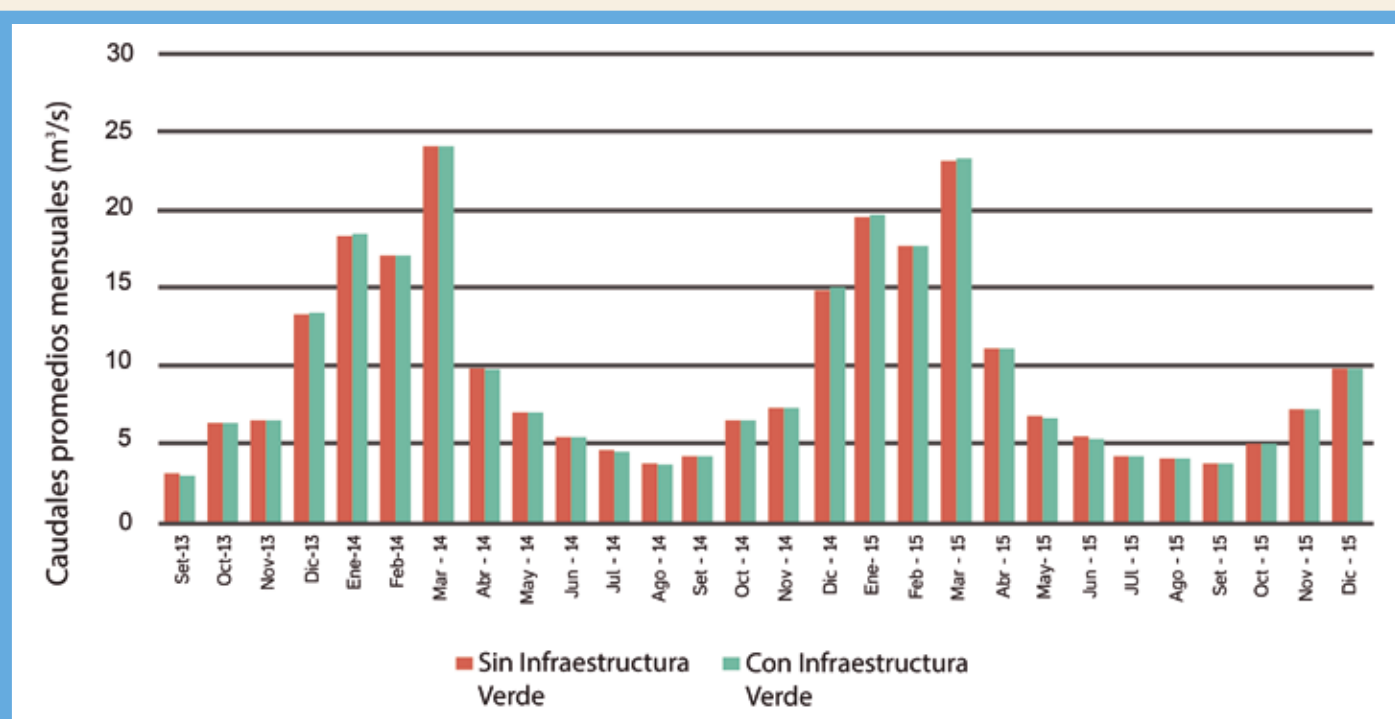


Gráfico 9:
Caudales promedios mensuales con y sin infraestructura verde hasta la salida de la Subcuenca Pillihua (San Juan de Iris)

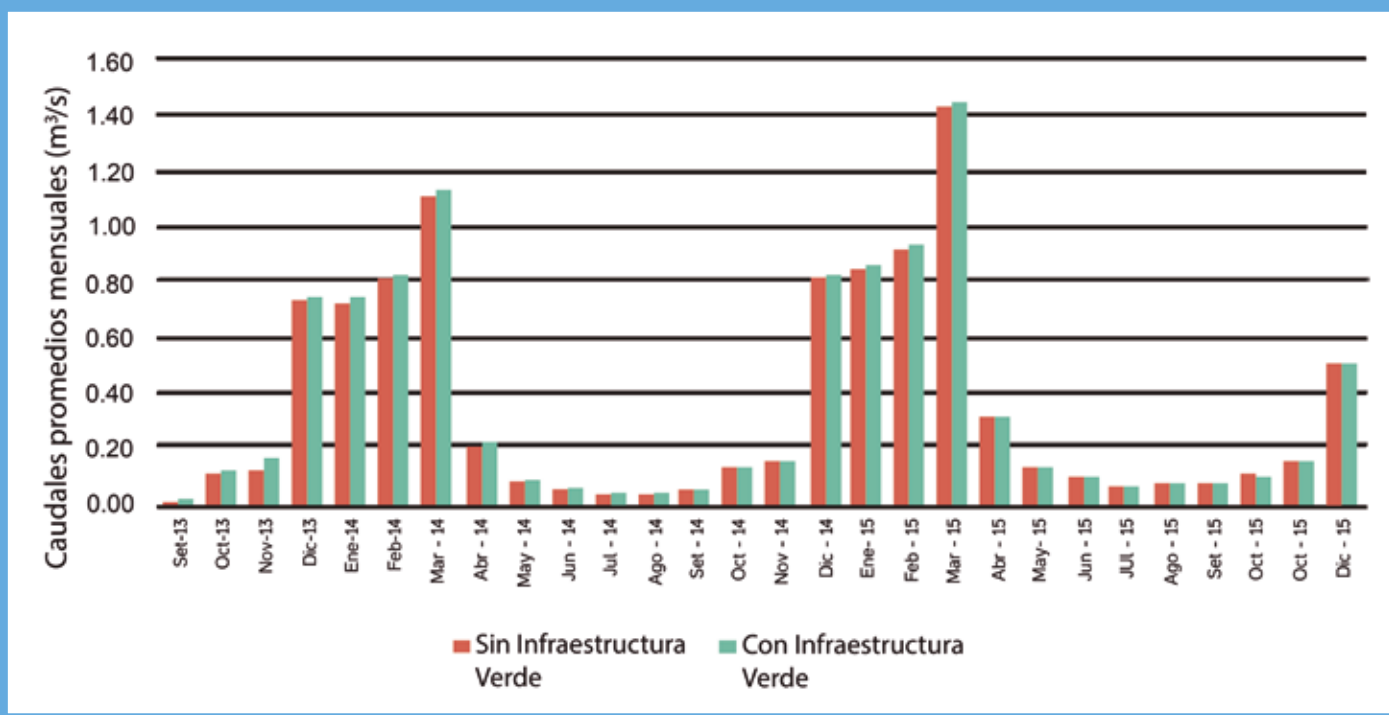
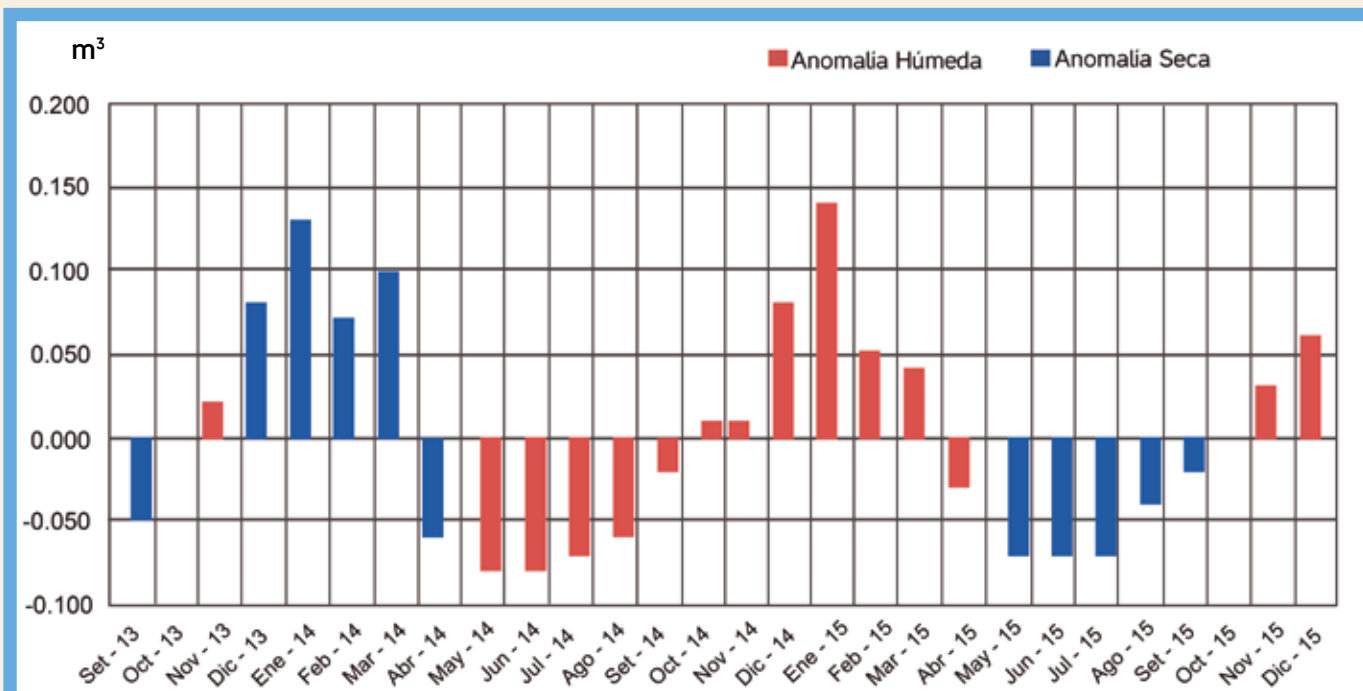


Gráfico 10 - 11:
 Variabilidad de anomalías de los caudales medios mensuales (a) en el punto de la estación hidrométrica Santa Eulalia y (b) hasta la salida de la subcuenca Pillihua

a.



b.

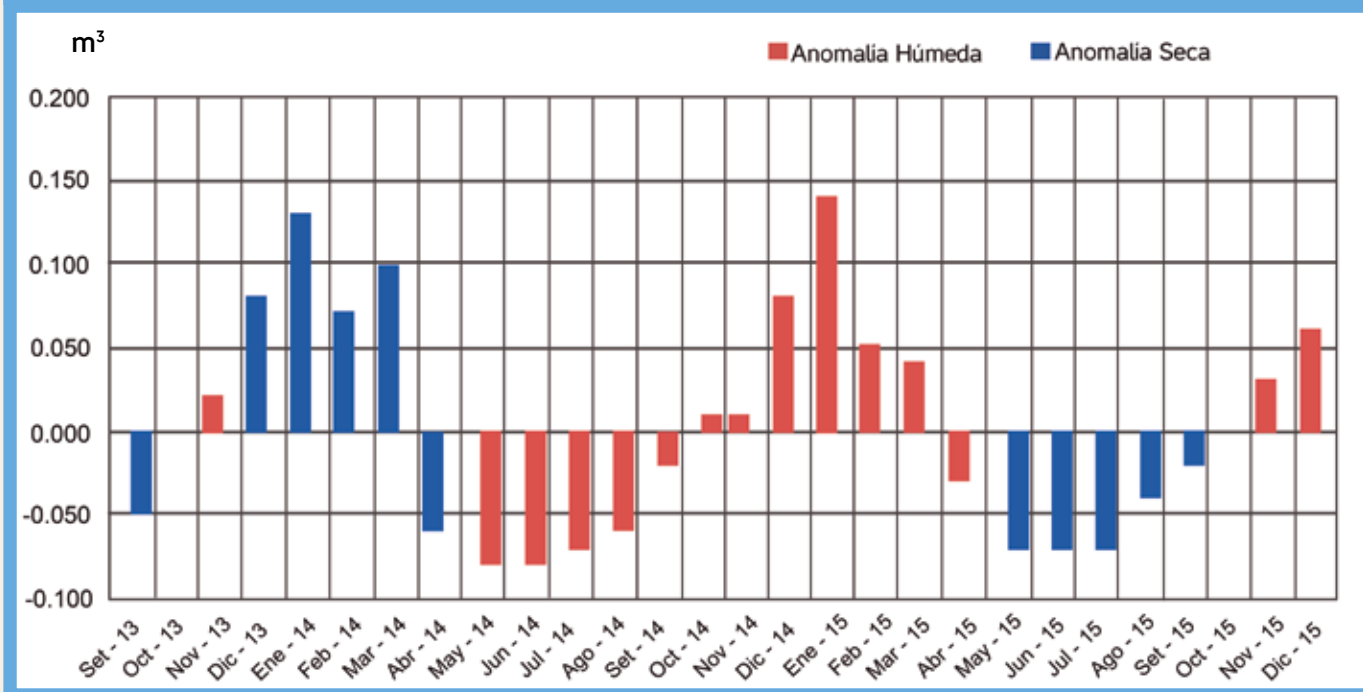
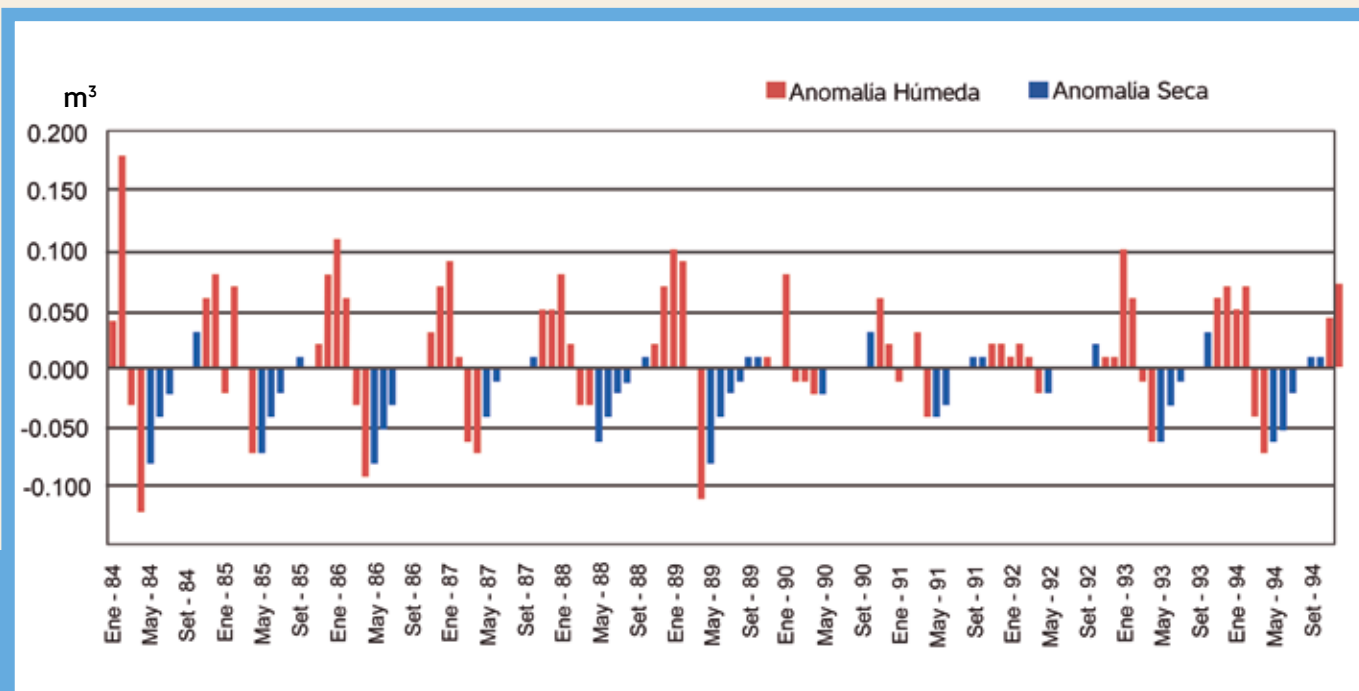


Gráfico 12 - 13:

Variabilidad de las anomalías de los caudales medios mensuales en el punto de la estación hidrométrica Rio Blanco



Hallazgos

La investigación realizada aguas abajo de las microcuencas Santa Eulalia, Río Blanco y Marcacocha consistió en medir los caudales promedio mensuales y analizar sus fluctuaciones anuales. Las tres microcuencas registraron un significativo aumento de la escorrentía – o escurrimiento – durante los meses de la estación húmeda (entre noviembre y abril) y un descenso de la misma durante la estación seca (entre mayo y octubre). Estudios anteriores han demostrado que los bosques y los pastos tienden a disminuir la escorrentía debido a la intercepción de la precipitación, la alta evapotranspiración real, la alta capacidad de infiltración y la porosidad del suelo (Liu et al., 2006; Wang et al., 2010).

Las variaciones en los caudales se resumen a continuación:

- Para los tres proyectos en la microcuenca Pillihua y su repercusión aguas abajo hasta la estación Santa Eulalia, se tiene un promedio durante la época seca de -0.89% (de 4.95 a 4.90 m^3/s), un promedio en la época húmeda de $+0.35\%$ (de 14.27 a 14.32 m^3/s) y un promedio anual de $+0.03\%$ (de 9.608 a 9.610 m^3/s).
- Para los tres proyectos en la microcuenca Pillihua y su repercusión local a la salida de la subcuenca Pillihua (aguas abajo del poblado San Juan de Iris). Se tiene un promedio durante la época seca de $+0.013\%$ (de 0.07193 a 0.07194 m^3/s), un promedio en la época húmeda de $+1.18\%$ (de 0.68 a 0.69 m^3/s) y un promedio anual de $+1.02\%$ (de 0.351 a 0.355 m^3/s).
- Para el proyecto en la Quebrada Pucullo, Comunidad Campesina de Chocna y su repercusión aguas abajo hasta la estación Río Blanco, se tiene un promedio durante la época seca de -2.95% (de 0.46 a 0.45 m^3/s), un promedio en la época húmeda de $+0.46\%$ (de 4.18 a 4.20 m^3/s) y un promedio anual de $+0.12\%$ (de 2.32 a 2.36 m^3/s).
- Para el proyecto en Marcacocha y su repercusión hasta la salida del mismo, se presenta un promedio durante la época seca de $+2.59\%$ (de 0.087 a 0.090 m^3/s), un promedio en la época húmeda de $+0.03\%$ (de 0.4971 a 0.4972 m^3/s) y un promedio anual de -0.15% (de 0.2922 a 0.2918 m^3/s).



Conclusiones y recomendaciones

El modelo SWAT se aplicó a este estudio para evaluar el impacto del uso del suelo y cobertura del suelo en la producción de escorrentía a escala de subcuenca y/o microcuenca. El modelo calibrado y validado simuló adecuadamente el flujo, con resultados estadísticos satisfactorios para los proyectos de infraestructura verde ubicados en la cuenca Santa Eulalia, subcuenca Río Blanco y subcuenca Marcacocho.

Del análisis de los cambios experimentados en el uso del suelo en función de los datos históricos disponibles, se produce la modificación gradual del suelo con proyectos de infraestructura verde. -En la mayor parte de los casos, la escorrentía se ha incrementado en la temporada húmeda, mientras que en la temporada seca la escorrentía disminuye ligeramente, especialmente hasta el punto de análisis correspondiente a las cuencas grandes como en Santa Eulalia hasta la estación del mismo nombre y en Río Blanco hasta la estación del mismo nombre con -0.89% y -2.95% respectivamente.

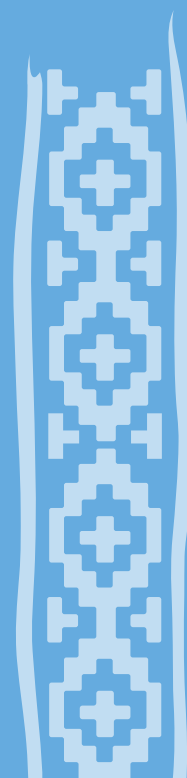


Sin embargo, considerando los puntos de salida desde las subcuencas y/o microcuencas, la escorrentía se incrementa durante el periodo seco en el ámbito de San Juan de Iris hasta la salida de la subcuenca Pillihua y en Marcacocha hasta la salida de la laguna del mismo nombre, con +0.013% y +2.59% respectivamente. Este resultado podría deberse a la presencia de condiciones de mayor humedad.

Los proyectos de infraestructura verde ofrecen un rendimiento hídrico anual positivo de +0.03% en la cuenca del río Santa Eulalia hasta la estación del mismo nombre, de +1.02% hasta el poblado San Juan de Iris hasta la salida de la subcuenca Pillihua y de +0.12% hasta la estación Río Blanco. Mientras tanto, se tiene un rendimiento hídrico anual negativo de -0.15% hasta la salida de la subcuenca Marcacocha.

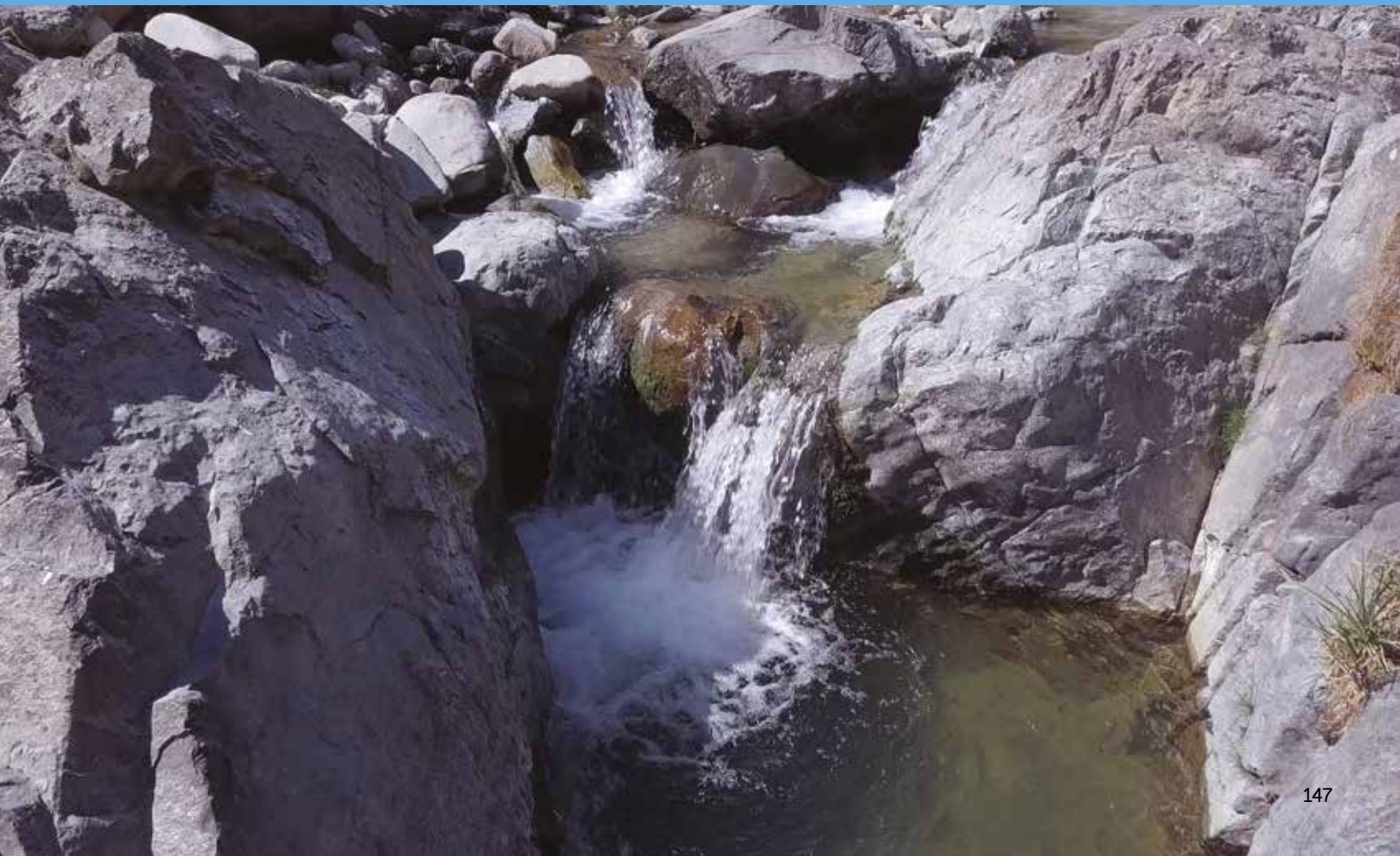
Los valores negativos mostrados podrían representar valores muy bajos, por consiguiente no aportarían significativamente al rendimiento hídrico en las cuencas grandes (Santa Eulalia, Río Blanco). Los valores positivos para las cuencas pequeñas (San Juan de Iris, Marcacocha) representan resultados alentadores debido a la escala del análisis.

Debido a la carencia de datos hidrométricos coincidentes con los datos climáticos en el área del proyecto Marcacocha, se empleó una calibración indirecta utilizando el parámetro SOL_AWC (capacidad de agua disponible en la capa del suelo, del mapa global de suelos FAO). La importancia de este enfoque es la de mejorar la comprensión de los procesos hidrológicos en la microcuenca, ya que este parámetro es utilizado indirectamente para ajustar la recarga de agua subterránea.



Por lo tanto, se recomienda una estrategia adecuada para el manejo de los recursos hídricos en la cuenca. El escenario de uso más recomendable para generar mayor producción de agua sería permitir el mejoramiento de la cobertura vegetal, de tal manera que el herbazal predominante en la actualidad evolucione a una formación vegetal más densa y protectora (arbustos y matorrales).

Se recomienda, adicionalmente, ampliar la información hidrológica mediante aforos, con el fin de establecer el comportamiento del caudal a lo largo del año, y así aumentar la confiabilidad de las simulaciones. Además, con el fin de mejorar la evaluación de la hidrología de la cuenca, así como de otros procesos ambientales, es necesario ampliar y mejorar la información de suelo, el cual se complementaría con análisis de laboratorio y obtención de información primaria de campo.





V. EVALUACIÓN DE LA INVERSIÓN EN MEDIDAS DE INFRAESTRUCTURA NATURAL - MILLOC



En el 2018, el Fondo de Agua para Lima y Callao, AQUAFONDO, presentó a Sedapal el expediente técnico del proyecto “Recuperación del Servicio Ecosistémico de Regulación Hídrica en la Microcuenca de Milloc”, para ser ejecutado en el Distrito de Carampoma, Provincia de Huarochirí, Departamento de Lima. Dicho expediente propone la recuperación y protección de bofedales y pastos naturales altoandinos alrededor de la laguna Milloc, ecosistemas que están ubicados en la naciente del Río Santa Eulalia y presentan una seria degradación, principalmente por actividad antrópica. El proyecto fue desarrollado de forma participativa con la comunidad del distrito de Carampoma para el EGASE-Sedapal que implementará proyectos ecosistémicos que permitan recuperar y conservar las cuencas de los ríos Chillón, Rímac y Lurín.

El proyecto describe iniciativas para mejorar la provisión de servicios ecosistémicos hídricos, específicamente la cantidad de agua y la regulación hídrica (la reducción de las brechas en la provisión entre épocas de estiaje y crecidas). Los pobladores de Carampoma son identificados como los contribuyentes, ya que la implementación del proyecto se realizará en su territorio, y serán las acciones de los pobladores las que contribuirán a asegurar la provisión de ambos servicios ecosistémicos. Los retribuyentes (beneficiarios) son los pobladores de Lima Metropolitana con acceso al servicio que brinda Sedapal. Sin embargo, los pobladores de Carampoma y las centrales hidroeléctricas serán los primeros beneficiados por estar más cerca a estos ecosistemas.

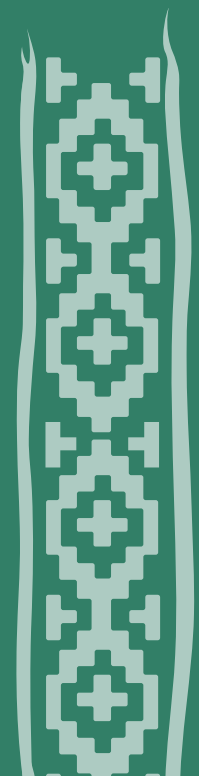
El estudio incluye un análisis basado en indicadores de inversión y una evaluación contrafactual, que contrasta la rentabilidad e impacto de las alternativas propuestas con una situación sin ellas. Adicionalmente, se realizó un ejercicio de extrapolación en la que se evalúa

cómo cambian los indicadores de inversión cuando se incrementan las áreas de intervención en zonas cercanas a la original, donde se puedan aprovechar los costos fijos para ahorrar en costos de inversión. Con esta propuesta, se busca generar evidencia sobre la importancia de generar proyectos de inversión pública orientados a la conservación, recuperación y uso sostenible de las fuentes de servicios ecosistémicos, en particular de los hidrológicos. Asimismo, se busca evaluar proyectos de inversión pública orientados a atender las demandas de los servicios ecosistémicos donde se valoran económicamente los diversos beneficios (sociales, económicos e hídricos) generados mediante la inversión. También se presentan aspectos teóricos que permiten entender la lógica del análisis económico de las acciones que afectan la provisión de servicios ecosistémicos. Finalmente, se describe las acciones a ejecutar en el marco del proyecto en la microcuenca Milloc.

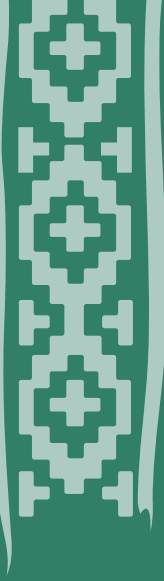
En esta sección se proponen tres alternativas de inversión. Una de ellas corresponde a la alternativa planteada en el expediente técnico del proyecto señalado y las otras dos basadas en las acciones propuestas en el mismo. También se incluyen la estimación de los indicadores de inversión: costo-efectividad, provisión de servicio por unidad monetaria y la relación costo-beneficio y se explica el proceso de extrapolación de los resultados de la evaluación realizada.

El caso de Milloc agrupa todas las características de los ecosistemas mencionados en este libro. De allí que se haga pertinente su uso como marco de referencia para replicar la experiencia en el resto de microcuencas que sirven a la cuenca del Río Rímac, principal proveedor de las aguas que abastecen a la ciudad de Lima, en particular aquéllas de la subcuenca Santa Eulalia. Las características geográficas y climatológicas, así como los recursos presentes para la recuperación de los ecosistemas, también permiten asumir resultados similares en términos económicos.

La valoración económica de los servicios ecosistémicos, y los cambios en la provisión de éstos, permiten el análisis de los posibles costos y beneficios para la toma de decisiones en base a información científica. De este modo, es posible desarrollar acciones que puedan



Actividad	Alternativa		
	Integral	Protección de pastos naturales	Protección de bofedales
Componente 1			
• Instalación de cercos en el área de bofedales	✓✓		✓✓
• Implementación de técnicas de recuperación de pastos	✓✓	✓✓	
• Revegetación con flora nativa de los bofedales	✓✓		✓✓
• Implementación de un equipo de vigilancia de los ecosistemas de interés hídrico en la microcuenca de Milloc	✓✓	✓✓	✓✓
Componente 2			
• Implementación de prácticas de pastoreo rotativo	✓✓	✓✓	✓✓
• Instalación de parcelas piloto para la asistencia técnica en buenas prácticas de manejo ganadero	✓✓	✓✓	✓✓
Componente 3			
• Talleres de sensibilización y trabajo con la comunidad Carampoma	✓✓		✓✓
• Pasantías	✓✓		✓✓
• Escuela para guardianes del agua	✓✓		✓✓
Componente 4			
• Fortalecimiento de capacidades en Gestión de Ecosistemas Hídricos y Ordenamiento Territorial	✓✓		✓✓
Componente 5			
• Diseño de un sistema de monitoreo y evaluación de los impactos del uso del suelo sobre los servicios ecosistémicos hídricos	✓✓	✓✓	✓✓
• Fortalecimiento de capacidades en sistema de monitoreo y evaluación de los impactos del uso del suelo sobre los servicios ecosistémicos hídricos	✓✓	✓✓	✓✓



optimizar los impactos positivos sobre los ecosistemas y poblaciones relacionadas (Perman et al., 2003). Esto es fundamental para la implementación de proyectos de inversión pública y, sobre todo, en casos donde se prioriza la recuperación de ecosistemas.

La valoración económica de los servicios ecosistémicos, como punto de partida del estudio, permite incorporar aquellos resultados de las acciones a implementar que se encuentran fuera de los mercados y que deben ser considerados para la toma de decisiones. Siguiendo la guía de valoración económica del Ministerio del Ambiente, se procedió a través de dos métodos distintos: el método de transferencia de beneficios, específicamente la transferencia de valor, y el método de costos evitados.

1. La aplicación del método de transferencia de valor significa que valores únicos presentados por otros estudios desarrollados en áreas similares son adoptados y aplicados al área de estudio (MINAM, 2016). Este método permite aprovechar la información provista por Aquafondo (2018) como la principal fuente de este estudio, lo cual resulta en un análisis práctico de valoración económica al ser rápido y de bajo costo.

2. El método de costos evitados consiste en la estimación de gastos en los que incurrirían los actores afectados para evitar o reducir mediante sustitución los efectos no deseados de una situación (MINAM, 2016). Este método permite estimar el valor de las pérdidas que se

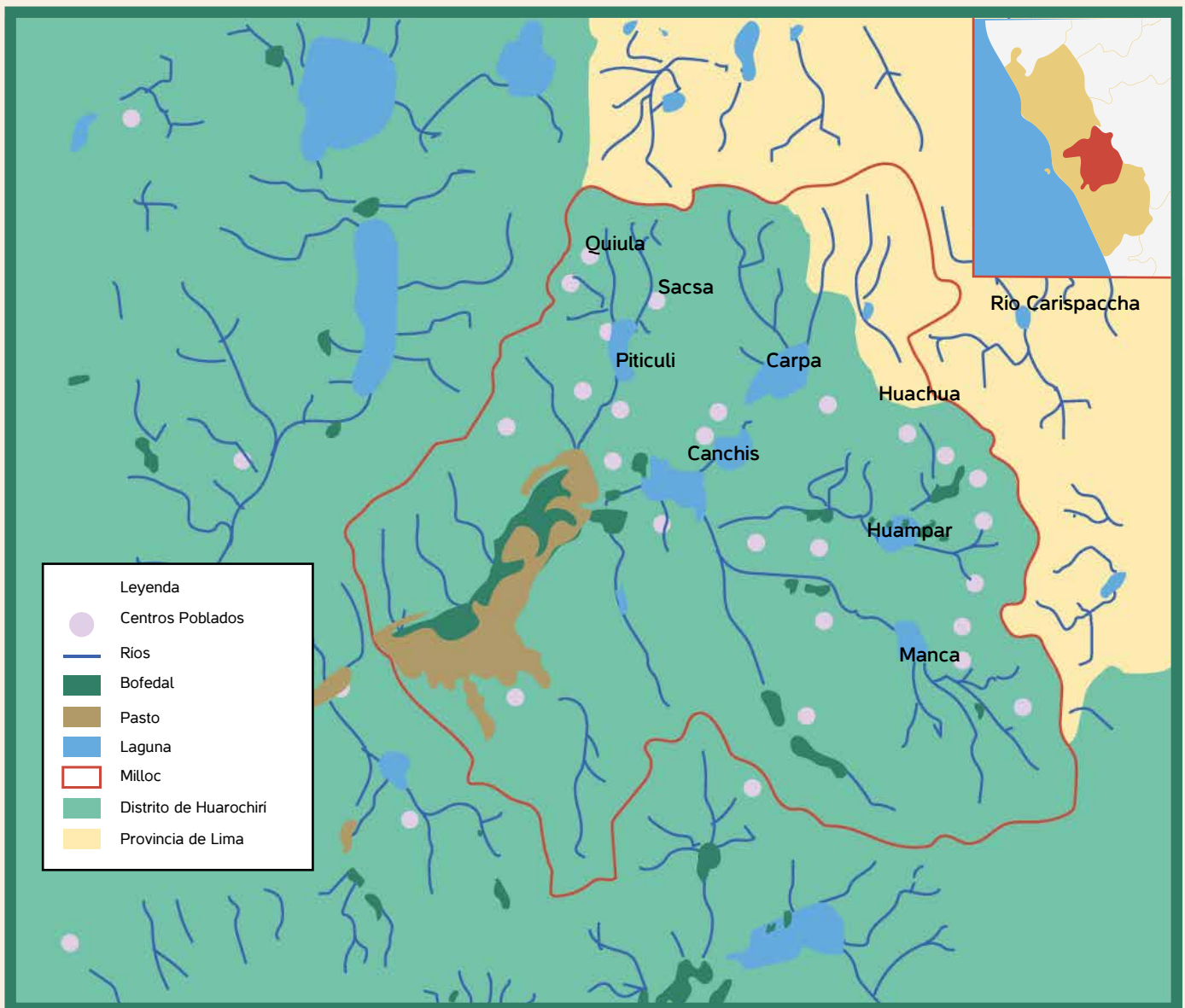


producirían en una situación sin proyecto y que se incluyen como beneficios de implementar acciones para recuperar y conservar ecosistemas altoandinos. Este método no excluye el uso de transferencias de valor para la estimación. De hecho, las estimaciones de costos evitados realizadas emplearon información provista por Aquafondo (2018).

Sobre la base de lo proyectado originalmente para la microcuenca de Milloc, se espera obtener los beneficios listados en la Tabla 16. No todos ellos son sujetos de valoración económica, debido a la falta de información disponible para una transferencia de valor. Los beneficios identificados como valorables son aquellos que recaen sobre los pobladores de Lima, no aquellos que lo hacen sobre los de Carampoma.



Mapa 21:
Mapa de Carampoma y la
microcuenca Milloc



Fuente:
Elaboración: CITA -UTECH

Tabla 16:
Beneficios esperados de la
implementación del proyecto
planteado en Milloc

Beneficios	¿Es Valorable?
Asociados con la provisión de agua	
Ganancias monetarias para Sedapal	Sí
Reducción de sobrecostos por compra de agua de fuentes informales	Sí
Disponibilidad de agua para cultivos agrícolas	No
Reducción de la emigración	No
Asociados con otros servicios ecosistémicos	
Reducción de costos por tratamiento de agua	No
Incremento de la belleza escénica	No

*La pregunta se refiere a la posibilidad de valoración en este estudio con la información disponible. Los aspectos presentados como no valorables podrían ser valorados en el marco de otros estudios que presenten técnicas de valoración más sofisticadas.



La evaluación que sigue sólo considera beneficios asociados con la provisión de agua, específicamente aquéllos relacionados con las ganancias de Sedapal y la reducción de sobrecostos por compra de agua de fuentes informales. El resto de los beneficios listados en la Tabla 16 no son considerados en adelante debido a la falta de información; sin embargo, sería importante incorporarlos en análisis posteriores, considerando que mejorarán los resultados de los indicadores evaluados.

Los indicadores presentados sugieren que la alternativa integral es la que mejores resultados generará. Esta alternativa es superior en los tres indicadores de inversión, como se puede ver en el Gráfico 15. La alternativa integral presenta costos más bajos por la provisión de cada metro cúbico de agua (indicador de costo-efectividad) y también la provisión más elevada por sol invertido (provisión por inversión). Asimismo, la relación beneficio-costado de la alternativa integral es considerablemente superior a las de las otras alternativas en ambos análisis.

Gráfico 14:
Beneficios esperados de la implementación del proyecto planteado en Milloc para SEDAPAL

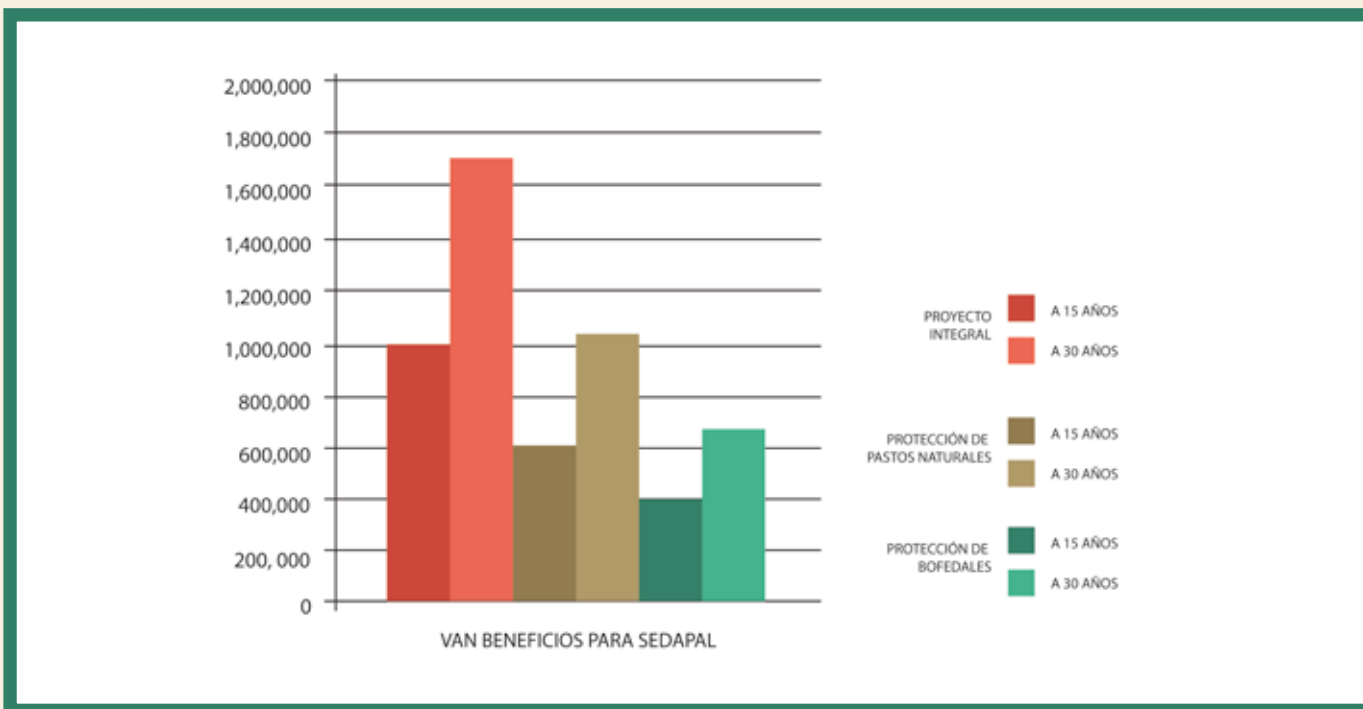


Gráfico 15:
Beneficios esperados de la implementación del proyecto planteado en Milloc para la población

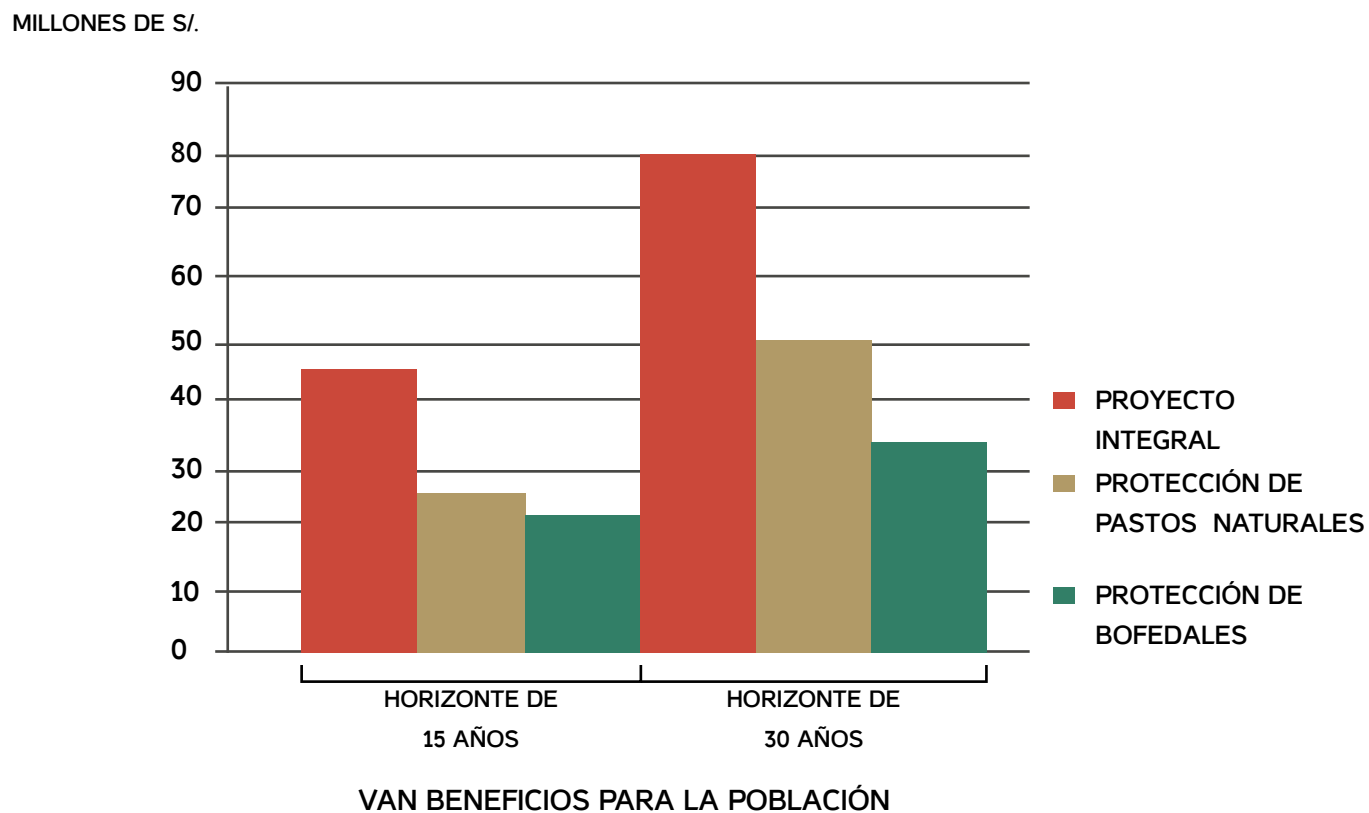


Tabla 17:

Indicadores de inversión para las alternativas evaluadas

Valores actuales (S/.)	Horizonte de 15 años			Horizonte de 30 años		
	Integral	P. de Pastos Naturales	P. de Bofedales	Integral	P. de Pastos Naturales	P. de Bofedales
Valor actual neto costos	1,442,971	1,021,997	1,336,179	1,442,971	1,021,997	1,336,179
Valor actual neto beneficios	47,893,410	29,020,160	18,873,251	83,056,351	50,326,518	32,729,833
Para SEDAPAL	1,023,626	620,248	403,378	1,775,163	1,075,628	699,535
Para la población	46,869,785	28,399,912	18,469,873	81,281,188	49,250,889	32,030,299
Costo efectividad	0.18	0.21	0.42	0.08	0.09	0.42
Prov. por Inversión	5.54	4.74	2.36	13.28	11.36	2.36
B/C	33.19	28.40	14.12	57.56	49.24	14.12
B/C para SEDAPAL	0.71	0.61	0.30	1.23	1.05	0.52
B/C para la población	32.48	27.79	13.82	56.33	48.19	13.82

Los resultados muestran que los incentivos para la implementación de las actividades para la recuperación y conservación son considerablemente mayores en términos sociales. Existen importantes diferencias con respecto a las estimaciones de los beneficios por la implementación de acciones en términos únicamente de Sedapal y en términos de la sociedad en su conjunto, siendo estos últimos mucho mayores que aquéllos. Esto se debe a que los beneficios generados para la población de Lima Metropolitana, por los ahorros producidos para la población al dejar el consumo informal de agua, tienen un valor mucho

mayor que aquéllos producidos únicamente para Sedapal, por la provisión de agua potable. La suma de ambos beneficios hace que el ratio beneficio-costos de cualquier alternativa sea mucho mayor a uno.

Se encuentra también que el horizonte de evaluación tiene un efecto considerable en la rentabilidad de la inversión: En 15 años, ninguna de las alternativas provee beneficios a Sedapal que al menos compensen la inversión; sin embargo, esto cambia cuando la evaluación se realiza con un horizonte de 30 años. La alternativa integral y la de protección de pastos naturales

ofrecen una relación beneficio-costos mayor a uno. Este no es el caso de la protección de bofedales, lo que se explica por los altos costos que presenta su implementación en comparación con la alternativa de protección de pastos naturales.



■ Evaluación contrafactual

La evaluación contrafactual que incorpora al estudio financiero la degradación evitada mediante la implementación de las acciones evaluadas, incrementa los beneficios en la contabilidad, por lo que mejoran los indicadores antes presentados. Se generan incrementos considerables en los ratios beneficio-costo tanto para Sedapal como para la población. Tal como se puede extraer de la Tabla 18, para el caso de la alternativa integral, el incremento es de 21% y 29% para las evaluaciones a 15 y 30 años, respectivamente (de S/ 1,023,626 a S/ 1,238,908 y de S/ 1,775,163 a S/ 2,287,399). Los incrementos, aunque considerables, son menores en el caso de las alternativas individuales de protección de pastos naturales y de protección de bofedales. Los indicadores de costo-efectividad y de provisión por inversión también mejoran.

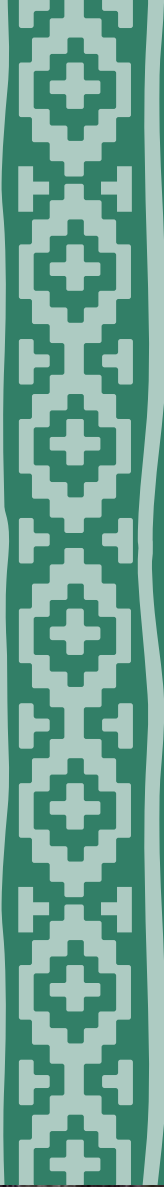


Tabla 18:
Indicadores de inversión para la
evaluación contrafactual de alternativas

Valores presentes (S/.)	Horizonte de 15 años			Horizonte de 30 años		
	Integral	P. de Pastos Naturales	P. de Bofedales	Integral	P. de Pastos Naturales	P. de Bofedales
VA costos	1,435,088	1,014,114	1,328,296	1,435,088	1,014,114	1,328,296
VA beneficios	59,300,713	33,443,672	25,857,041	110,198,570	60,851,700	49,346,870
Para SEDAPAL	1,238,908	703,730	535,178	2,287,399	1,274,263	1,013,136
Por el proyecto	1,023,626	620,248	403,378	1,775,163	1,075,628	699,535
Del contrafactual	215,282	83,482	131,800	512,236	198,634	313,602
Para la población	58,061,805	32,739,942	25,321,863	107,911,170	59,577,437	48,333,733
Por el proyecto	46,869,785	28,399,912	18,469,873	81,281,188	49,250,889	32,030,299
B/C para SEDAPAL	0.71	0.61	0.30	1.23	1.05	0.52
Del contrafactual	11,192,020	4,340,030	6,851,990	26,629,983	10,326,548	16,303,435
Costo-Efectividad	11,192,020	0.18	0.32	0.06	0.07	0.12
Provisión por inversión	6.75	5.43	3.15	17.64	13.80	8.52
B/C	41.32	32.98	19.47	76.79	60.00	37.15
B/C para SEDAPAL	0.86	0.69	0.40	1.59	1.26	0.76
B/C para la población	40.46	32.28	19.06	75.19	58.75	36.39



La figura general de los resultados no cambia. Aunque los ratios beneficio-costo de las alternativas en el análisis con un horizonte de 15 años mejoró, aún son menores a uno. Los ratios del análisis con un horizonte de 30 años aún se muestran favorables para el caso de la alternativa integral con un ratio de 1.59 y la de protección de pastos naturales con 1.26. Pero se mantiene por debajo de uno en el caso de la protección de bofedales con 0.76. Todos los ratios que incluyen los beneficios para la población se mantuvieron positivos y se incrementaron considerablemente.



Extrapolación de áreas en la evaluación económica

La evaluación del incremento de las áreas, realizada sobre la base del análisis contrafactual, mejora los ratios beneficio-costo de forma considerable. Con fines comparativos, la Tabla 19 presenta los ratios beneficio-costo relacionadas con los beneficios solo para Sedapal y aquellos sólo para la población de forma separada (los ratios totales son la suma de ambos). El ratio

correspondiente a la alternativa integral llega a superar a uno incluso para la evaluación a 15 años cuando el área se duplica. Mientras que, el ratio de la alternativa de protección de pastos naturales, a pesar de no llegar a uno con el mismo horizonte de evaluación, llega a un valor cercano. Para el caso de la protección de bofedales, el ratio no se acerca a uno en la evalua-

ción a 15 años. Pero sí llega a uno en el horizonte de 30 años. Adicionalmente, los resultados muestran que los indicadores de costo-efectividad y de provisión de servicio por unidad monetaria también mejoran.

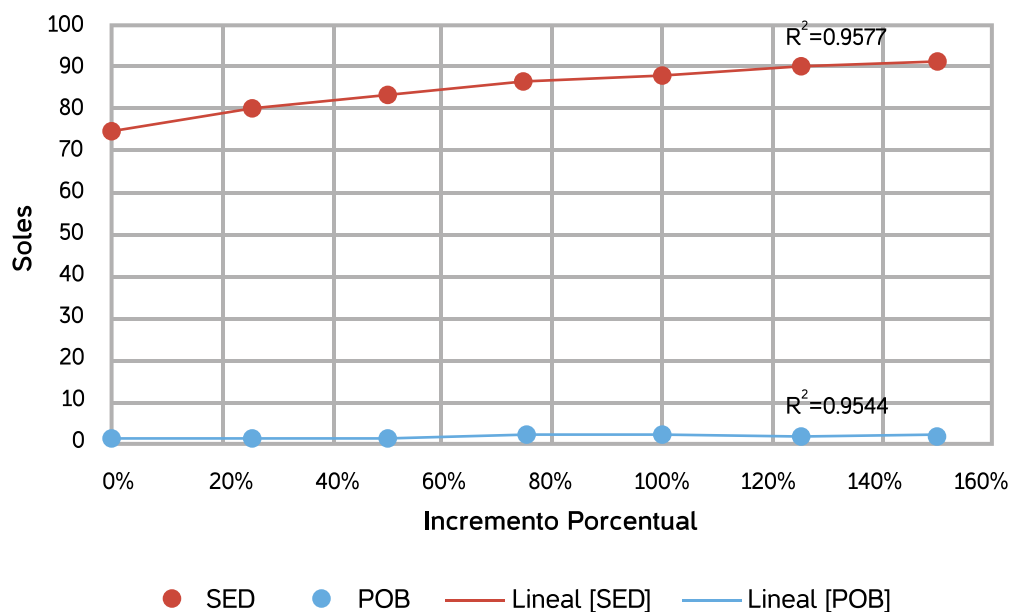
Tabla 19:
Indicadores de inversión para la evaluación contrafactual de alternativas

Incremento del área	Horizonte de 15 años						Horizonte de 30 años					
	Alternativa Integral		P. de Pastos Naturales		P. de Bofedales		Alternativa Integral		P. de Pastos Naturales		P. de Bofedales	
	Beneficios para:											
	SED	POB	SED	POB	SED	POB	SED	POB	SED	POB	SED	POB
0%	0.86	40.46	0.69	32.28	0.40	19.06	1.59	75.19	1.26	58.75	0.76	36.39
25%	0.92	43.02	0.79	36.66	0.45	21.47	1.69	79.95	1.43	66.71	0.86	40.99
50%	0.96	44.91	0.83	38.59	0.48	6	1.77	83.47	0	3	0	7
75%	0.99	46.37	6	0	0.49	1	1.83	86.19	6	8	4	9
100%	1.01	47.53	9	2	0.51	9	1.87	88.34	1.61	8	6	8
125%	1.03	48.47	1	1	0.52	5	1.91	90.09	5	0	9	5
150%	1.05	49.25	3	4	0.53	1	1.94	91.54	8	1	0	3

Nota: SED corresponde a los datos calculados para Sedapal; POB corresponde a los datos de ahorro en consumo de agua informal para la población

Gráfico 16:

Tendencia del beneficio de la alternativa integral al incremento del área en un horizonte de 30 años

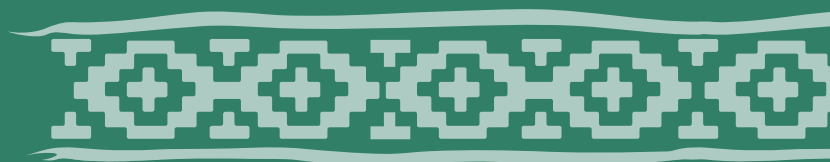


Aunque todos los indicadores estimados mejoran cuando las áreas de intervención aumentan, las mejoras solo ocurren en pequeñas proporciones. Esto se debe a que los costos variables son altos. Estos son aproximadamente el 66%, 54% y 58% de los costos de inversión de las alternativas integral, de protección de pastos y de protección de bofedales, respectivamente y el 100% de los costos de operación y mantenimiento en todos los casos. Entonces, cuando las áreas de intervención se incrementan, los costos totales aumentan considerablemente también.



En términos generales, los resultados muestran que las alternativas propuestas para la microcuenca Milloc son rentables. La alternativa integral, la original del estudio de Aquafondo (2018), puede ser rentable incluso en un horizonte de evaluación de 15 años (con un incremento del área del 100% la relación B/C llega a ser 1.01), que podría ser considerado corto para evaluar acciones de recuperación de ecosistemas.

Adicionalmente, se puede señalar que este tipo de acciones para “producir” agua son mejores que la alternativa disponible más próxima: la desalinización de agua de mar. El costo de producir un metro cúbico de agua de mar está alrededor de S/ 1.80 (Redacción Gestión, 2017). Éste se encuentra muy por encima de los valores encontrados: con un horizonte de evaluación de 15 años, se obtuvo valores de S/ 0.18 en el análisis inicial y S/ 0.15 en el análisis contrafactual (llegando a un mínimo de S/ 0.12 cuando las áreas de intervención son extendidas); y con un horizonte de evaluación de 30 años, se obtuvo valores de S/ 0.08 en el análisis inicial y 0.06 en el análisis contrafactual (llegando a S/ 0.05 con el incremento de áreas). Aún con mejoras tecnológicas y de escala en la desalinización del agua de mar, es de esperar que la producción de agua mediante la recuperación de ecosistemas mantenga un costo considerablemente menor.





VI. CONCLUSIONES



Un proceso participativo desarrollado con y para la comunidad de San Juan de Iris ha hecho posible el Diagnóstico Hídrico Rápido (DHR). La oportunidad de trabajar conjuntamente con la comunidad durante las salidas de campo y el taller participativo nos ha permitido reconocer los factores clave que constituyen los problemas en torno a los diversos ecosistemas de las tres áreas priorizadas para así identificar la mejor combinación de alternativas de solución, de modo de obtener el mayor impacto en los servicios hídricos y beneficios para el desarrollo socioeconómico de los pobladores. Los conocimientos y prácticas ancestrales que aún conservan algunos de los comuneros de mayor edad fueron fundamentales para la implementación de amunas, diques de tierra y piedra, zanjas de infiltración, entre otras alternativas de infraestructura natural. Ello ha constituido la principal fortaleza para garantizar la sostenibilidad de las intervenciones propuestas.

La aplicación de los Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos Hídricos por parte de SEDAPAL es una gran oportunidad para contribuir al desarrollo local de las comunidades campesinas en las cuencas de los ríos Chillón, Rímac, Lurín, Alto Mantaro y Chilca, desde un enfoque ecosistémico y garantizando el futuro aprovisionamiento de agua para la población limeña y sus actividades económicas en general.

El modelo SWAT ha sido de gran utilidad para evaluar el impacto del cambio en el uso de la tierra. El modelo calibrado simuló adecuadamente el flujo con resultados estadísticos satisfactorios para la subcuenca del río Santa Eulalia, considerando la inclusión de tres proyectos de infraestructura verde en una microcuenca del poblado de San Juan de Iris. Asimismo, es importante destacar que los resultados del análisis económico muestran que la implementación de proyectos de infraestructura natural es beneficiosa tanto para la empresa proveedora de agua como para los comuneros.

Los resultados muestran, además, que la recuperación de ecosistemas altoandinos es menos costosa que la alternativa disponible más próxima: la desalinización de agua de mar.

Para una mejor clasificación de los ecosistemas y sus subtipos, se recomienda realizar un inventario florístico a partir de un estudio agrostológico con transectos y muestreos de suelos a diferentes profundidades a fin de determinar la cantidad de turba. También se debe realizar estudios de calidad del agua de acuerdo con la normativa vigente de la Autoridad Nacional del Agua, así como ampliar la información hidrológica para establecer el comportamiento del caudal a lo largo del año y aumentar la confiabilidad de las simulaciones. Finalmente, es preciso señalar que, considerar horizontes de evaluación más extensos en la formulación de proyectos de infraestructura natural, arrojará resultados considerablemente mejores.







VII. BIBLIOGRAFÍA



Brian R. Zutta, Phillip W. Rundel, Sassan Saatchi, Jorge D. Casana, Paul Gauthier, Aldo Soto, Yessenia Velazco, y Wolfgang Buermann. 2016. Prediciendo la distribución de *Polytepis*: bosques Andinos vulnerables y cada vez más importantes. *Revista peruana de biología* vol. 19 N°2. Lima, Perú.

Abbaspour, K.C., Vejdani, M., Haghighat, S. and Yang, J. (2007) SWAT-CUP Calibration and Uncertainty Programs for SWAT. In: Oxley, L., Kulasiri, D. Eds., MODSIM 2007 International Congress on Modelling and Simulation, Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand, 1596-1602.

Abbaspour, K.C., Yang, J., Maximov, I., et al (2007) Modelling hydrology and water quality in the pre-alpine/alpine Thur watershed using SWAT. *J Hydrol* 333:413–430. doi: 10.1016/j.jhydrol.2006.09.014

Alejo Rivera, J., Valer Barazorda, F., Pérez Salinas, J., Canales Sierra, L., & Bustinza Urviola, V. Manejo de pastos naturales altoandinos: Manual técnico N°2. Retrieved from Programa de Adaptación al Cambio Climático (PACCCPerú) website: <http://www.paccperu.org.pe/publicaciones/pdf/147.pdf>

Arnold, J.G., et al (2012) SWAT: Model Use, Calibration, and Validation. *American Society of Agricultural and Biological Engineer*, 55, 1491-1508.

Ayivor, J.S., Gordon, C. (2012) Impact of Land Use on River Systems in Ghana. *West African Journal of Applied Ecology*, 20, 83-95.

Brian R. Zutta, Phillip W. Rundel, Sassan Saatchi, Jorge D. Casana, Paul Gauthier, Aldo Soto, Yessenia Velazco, y Wolfgang Buermann. 2016. Prediciendo la distribución de *Polytepis*: bosques Andinos vulnerables y cada vez más importantes. *Revista peruana de biología* vol. 19 N°2. Lima, Perú.

Carvalho, E. 2006. Evaluación del efecto de los cambios de cobertura sobre la producción de agua y sedimentos en la microcuenca quebrada la Virgen, Los Teques, Estado Miranda. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 139 p.

CEPAL. 2005. Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas. Santiago de Chile, Chile.

CEPAL. 2005. Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas. Santiago de Chile, Chile.

Chen, J., Chen, J., Gong, P., Liao, A., He, C., 2011. Higher resolution Global land cover mapping. *Geomatics World*, 09(2), pp. 12-14.

CITA-UTE. 2019. Sistematización del taller participativo en la comunidad de San Juan de Iris. Lima, Perú.

CONDESAN. 2016. Análisis de los servicios ecosistémicos hídricos del sistema de Marcapo-

macocha en la cuenca alta del Mantaro dentro del MRSE de Lima. Lima, Perú.

Diaz, C; M. Esteller. 2005. Recursos hídricos: conceptos básicos y estudios de caso en Iberoamérica. Uruguay, Piriguazu Ediciones – CIRA – UAEM.

FAO, 1997a; FAO/UNEP, 1999 IPCC Special Report on Land Use, Land-Use Change And Forestry

Faustino, J. 2012. Identificación, evaluación y manejo de zonas de recarga hídrica. Managua, NI. 114 p.

Fondo de Agua para Lima y Callao. (2017). Recuperación del servicio ecosistémico de regulación hídrica en la microcuenca de Milloc en el distrito de Carampoma, provincia de Huarochirí, departamento de Lima. Lima, Perú.

Fondo de Agua para Lima y Callao. (2018). Recuperación del servicio ecosistémico de regulación hídrica de la microcuenca de Milloc, en la comunidad de Carampoma, distrito de Carampoma, provincia de Huarochirí, región Lima. Código SNIP N° 2333016. Lima, Perú.

Frederic, F. 1975. Conservación de suelos. Madrid, España. Mundi Prensa. 254 p.

Gassman, P.W. and Yingkuan, W. (2015) IJABE SWAT Special Issue: Innovative Modeling Solutions for Water Resource Problems. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 8, 1-8.

Gassman, P.W., Reyes, M.R., Green, C.H., Arnold, J.G. (2007) The Soil and Water Assessment Tool: Historical Development, Applications, and Future Research Direction. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 50, 1211-1250.

Hengl T, Mendes de Jesus J, MacMillan RA, Batjes NH, Heuvelink GBM, Ribeiro E, et al. SoilGrids1km—Global Soil Information Based on Automated Mapping. PLoS ONE 2014;9(e105992).

INEI. 2014. Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales. Lima, Perú.

INEI. 2014. Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales. Lima, Perú.

Kashaigili, J.J. (2008) Impacts of Land-Use and Land-Cover Changes on Flow Regimes of the Usangu Wetland and the Great Ruaha River, Tanzania. Physics and Chemistry of the Earth, 33, 640-647.

Kroeger, T., Klemz, C., Shemie, D., Boucher, Boucher, T., Fisher, J. R. B., . . . Dacol Kelly. (2017).

Assessing the Return On Investment in Watershed Conservation: Best Practices Approach and Case Study for the Rio Camboriú PWS Program, Santa Catarina, Brazil. Retrieved from https://s3.amazonaws.com/tnc-craft/library/BrazilWaterROI_English.pdf?mtime=20180218180102

Li, Z., Deng, X., Wu, F. and Hasan, S.S. (2015) Scenario Analysis for Water Resources in Response to Land Use Change in the Middle and Upper Reaches of the Heihe River Basin. Sustainability (Switzerland), 7, 3086-3108.

Liu et al, 2006; Wang et al, 2010

M.H. Polk, K.R. Young, A. Cano and B. León. 2019. Vegetation of Andean wetlands (bofedales)

in Huascarán National Park, Perú. *Mires and Peat*, Volume 24 (2019). International Mire Conservation Group and International Peatland Society.

M.H. Polk, K.R. Young, A. Cano and B. León. 2019. Vegetation of Andean wetlands (bofedales) in Huascarán National Park, Perú. *Mires and Peat*, Volume 24 (2019). International Mire Conservation Group and International Peatland Society.

Maalim, F.K., Melesse, A.M., Belmont, P., Gran, K.B. (2013) Modeling the Impact of Land Use Changes on Runoff and Sediment Yield in the Le Sueur Watershed, Minnesota Using GeoWEPP. *Catena*, 107, 35-45.

McDonald, R. I., Weber, K., Padowski, J., Flörke, M., Schneider, C., Green, P. A., . . . Montgomery, M. (2014). Water on an urban planet: Urbanization and the reach of urban water infrastructure.

Global Environmental Change, 27, 96–105. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.022>
MEF. 2019. Directiva general del sistema nacional de programación multianual y gestión de inversiones. Directiva N° 001-2019-EF/63.01. Lima, Perú.

Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human well-being: Synthesis*.

Washington, DC. Retrieved from World Resources Institute website: <https://www.millennium-assessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>

MINAGRI. 2010. Evaluación de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Rímac. Informe final. Lima, Perú.

MINAM. 2014. Ley de Mecanismos de Retribución de por Servicios Ecosistémicos. Lima, Perú.

MINAM. 2016. Guía complementaria para la compensación ambiental: Ecosistemas Altoandinos. Lima, Perú.

MINAM. 2019. Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú. Memoria Descriptiva. Lima, Perú.

Ministerio de Agricultura y Riego. Los pastos naturales altoandinos. Retrieved from <http://www.minagri.gob.pe/portal/especial-iv-cenagro/40-sector-agrario/situacion-de-las-actividades-de-crianza-y-produccion-pastos-naturales?limitstart=0>

Ministerio del Ambiente. (2016). Guía de valoración económica del patrimonio natural. Lima, Perú.

Moriasi, D.N., et al. (2015) Hydrologic and Water Quality Models: Key Calibration and Validation Topics. *Transactions of the ASABE*, 58, 1609-1618.

Municipalidad Distrital de San Juan de Iris. 2016. Plan de Acción Local de Cambio Climático del Distrito de San Juan de Iris. Fortaleciendo la capacidad de adaptación de agricultura y ganadería 2017-2022. Lima, Perú.

Ndulue, E.L., Mbajjorgu, C.C., Ugwu, S.N., Ogwo, V., Ogbu, K.N. (2015) Assessment of Land Use/Cover Impacts on Runoff and Sediment Yield Using Hydrologic Models: A Review. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, 7, 46-55.

Neitsch, S. L., Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Srinivasan, R., Williams, J. R. 2005a. Soil and Water Assessment tool input/output file documentation. V. 2005. Blackland Research Center, Texas Agricultural Experiment station, Temple, Texas.

Neitsch, S.L., Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Williams, J.R. (2011) Soil & Water Assessment Tool Theoretical Documentation Version 2009. Technical Report, Texas Water Resources Institute, College Station, 1-647.

Nie, W., Yuan, Y., Kepner, W., Nash, M.S., Jackson, M., Erickson, C. (2011) Assessing Impacts of Landuse and Landcover Changes on Hydrology for the Upper San Pedro Watershed. *Journal of Hydrology*, 407, 105-114.

Perman, R., Ma Yue, McGilvray, J., & Common, M. (2003). *Natural resource and environmental economics* (3rd ed.). New York, Harlow: Pearson Education.

PNUD. 2009. Informe sobre Desarrollo Humano Perú 2009 "Por una densidad del Estado al servicio de la gente". Parte I: Las brechas en el territorio.

PriceWaterhouseCoopers. (2017). Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima S.A. - Sedapal: Estados Financieros 31 de diciembre de 2016 y 31 de diciembre de 2015 (reexpresado). Lima, Perú. Retrieved from PriceWaterhouseCoopers (PWC) website: <http://www.sedapal.com.pe:90/Infocomple/files/Estadosfinancierosauditados2016.pdf>

Proaño, M., Gavilanes, M., Valenzuela, P., Cisneros, C. 2006. Aplicación del Modelo Swat en la subcuenca del río Ambato: Proyecto cuencas Andinas – CODESAN-GTZ. Quito, Ecuador. 44 p.

Radio Programas del Perú. (2013). El 66,6% de peruanos consume agua de mala calidad. Retrieved from <https://rpp.pe/economia/economia/el-666-de-peruanos-consume-agua-de-mala-calidad-noticia-583932>

Redacción Gestión (2017, August 25). Sedapal: Cuánto cuesta convertir agua de mar en agua potable? *Gestión*. Retrieved from <https://gestion.pe/economia/sedapal-cuesta-convertir-agua-mar-agua-potable-142309>

Rodney A. Chimner, Laura Bourgeau-Chavez, Sarah Grelik, John A. Hribljan, Ana Maria Planas Clarke, Molly H. Polk, Erik A. Lilleskov, et al. 2019. Mapping Mountain Peatlands and Wet Meadows Using Multi-Date, Multi-Sensor Remote Sensing in the Cordillera Blanca, Perú. *WETLANDS: Journal of the Society of Wetlands Scientists*. USA.

Salgado, R. J. H., Guitron de los Reyes, A. 2012. Aplicabilidad de los Modelos hidrológicos Distribuidos, Applicability of the distributed Hydrological Models.

SEDAPAL. 2014. Memoria Anual. Inventario de la red de agua potable primaria y secundaria por distritos. Lima, Perú.

SEDAPAL. 2015. Estructura tarifaria aprobada mediante Resolución de Consejo Directivo N° 022-2015-SUNASS-CD. Lima, Perú.

SEDAPAL. 2016. Plan Estratégico Institucional 2013-2017, Primera Modificación. Lima, Perú.

SEDAPAL. 2017. Informe de Sostenibilidad. Lima, Perú.

SEDAPAL. 2018. Diseño de los Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos Hídricos (MRSEH) del SEDAPAL. Lineamientos Estratégicos. Lima, Perú.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2016). Vulnerabilidad climática de los recursos hídricos en las cuencas de los ríos Chillón-Rímac-Lurín y parte alta del Mantaro. Lima, Perú.

Retrieved from Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senahmi) website:

<https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-38.pdf>

Silveira, L. and Alonso, J. (2008) Runoff Modifications Due to the Conversion of Natural Grasslands to Forests in a Large Basin in Uruguay. *Hydrological Processes*, 23, 320-329.

Sriwongsitanon, N., Taesombat, W. 2011. Effects of Land Cover on Runoff Coefficient. *Journal of Hydrology*, 41, 226-238.

SUNASS-MVCS. 2017. Directiva de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos Hídricos – MRSE Hídricos. Resolución de Consejo Directivo N° 045-2017-SUNASS-CD. Lima, Perú.

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2016). Comprar agua por camión cisterna le cuesta 72 soles mensuales a familias limeñas. Retrieved from <https://www.sunass.gob.pe/websunass/index.php/noticias/noticias-lima/item/844-sunass-comprar-agua-por-camion-cisterna-le-cuesta-72-soles-mensuales-a-familias-limenas>

Ten Brick, P., Russi, D., Farmer, A., Badura, T., Coates, D., Förster, J., . . . Davidson, N. (2013). La economía de los ecosistemas y la biodiversidad relativa al agua y los humedales: Resumen ejecutivo. Retrieved from The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) website: http://img.teebweb.org/wp-content/uploads/2013/12/TEEB_WaterWetlands_ExecSum_2013_SP.pdf

The Economics of Ecosystems and Biodiversity. (2010). The economics of ecosystems and biodiversity: Ecological and economic foundations. London: Earthscan. Retrieved from <http://www.teebweb.org/publication/the-economics-of-ecosystems-and-biodiversity-teeb-ecological-and-economic-foundations/>

Tufa, D.F., Abbulu, Y. and Srinivasarao, G.V.R. (2014) Watershed Hydrological Response to Changes in Land Use/Land Covers Patterns of River Basin: A Review. *International Journal of Civil, Structural, Environmental and Infrastructure Engineering Research and Development (JCSEIERD)*, 4, 157-170.

USAID (2014). Partnering for adaptation and resilience – agua (Para-agua) project. Servicios profesionales especializados en Sistemas de información geográfica (sig). Crisologo M.

USAID, CATIE. 2017. Proyecto territorios “Climáticamente Inteligentes”. Cuaderno de trabajo para la identificación, formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de servicios ecosistémicos. Huancayo, Perú.

van Liew, M.W., Arnold, J.G., Bosch, D.D. (2005) Problems and Potential of Autocalibrating a Hydrologic Model. *Transactions of the ASABE*, 48, 1025-1040.

Vargas Machuca Crespo, D. (2017). Efectos de la extracción de turba en un sistema socio-ecológico altoandino: Bofedales de Carampoma - Lima (Licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Yan, B., Fang, N.F., Zhang, P.C., Shi, Z.H. (2013) Impacts of Land Use Change on Watershed Streamflow and Sediment Yield: An Assessment Using Hydrologic Modelling and Partial Least Squares Regression. *Journal of Hydrology*, 484, 26-37.

Zuo, D., Xu, Z., Yao, W., Jin, S., Xiao, P., Ran, D. (2016) Assessing the Effects of Changes in Land Use and Climate on Runoff and Sediment Yields from a Watershed in the Loess Plateau of China. *Science of the Total Environment*, 544, 238-250.










The Nature Conservancy
Aldo Cárdenas Panduro
Water Fund Coordinator – Perú
Av. Alfredo Benavides 1180 Dpto. 1102, Miraflores
Tel. +51 7190770
e-Mail: aldo_cardenas@tnc.org



Fomentado por el:
 Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear

en virtud de una resolución del Parlamento de la República Federal de Alemania