

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE REGULACIÓN HÍDRICA EN LA CUENCA PIURAY Y PROPUESTAS PARA SU RECUPERACIÓN RESUMEN PARA TOMADORES DE DECISIÓN



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



INAIGEM

INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y
ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

INTRODUCCIÓN

El Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM), adscrito al Ministerio del Ambiente (MINAM) mediante la Ley N° 30286, promueve la investigación aplicada y la innovación en tecnologías y prácticas tradicionales de conservación de glaciares y ecosistemas de montaña. La Oficina Desconcentrada Macrorregión Sur del INAIGEM, entre el 2019 y 2024, ha realizado estudios en la cuenca Piuray, Cusco, para desarrollar propuestas de recuperación del servicio ecosistémico de regulación hídrica.

Este documento, dirigido a los tomadores de decisión:



Caracteriza la cuenca.



Analiza la degradación de sus ecosistemas y el servicio de regulación hídrica.



Describe la propuesta de recuperación de servicios de regulación hídrica (rehabilitación).

MENSAJES CLAVE



La cuenca Piuray, ubicada en Chinchero, Cusco, alberga una variedad de ecosistemas montañosos como pajonales de puna húmeda, matorral andino, entre otros. La laguna Piuray tiene una gran importancia ya que provee agua potable a un tercio de la población de Cusco. No obstante, la cuenca ha sido afectada por actividades humanas y el cambio climático, lo que ha acelerado su degradación.



En los últimos 20 años, los cambios en la cobertura vegetal han reducido la extensión de los pastizales andinos, afectando procesos ecológicos claves para los servicios ecosistémicos como la regulación hídrica. Los estudios realizados por INAIGEM, señalan que el 16.39% de la cabecera de la cuenca muestra signos de degradación. Desde la perspectiva local, los potenciales causantes del estado de degradación de las cabeceras serían una cadena de factores en los últimos 70 años. Empezando con el sobrepastoreo intensivo que disminuyó hace 30 años, seguido del aumento de la frecuencia de ocurrencia de sequías y quemas forestales, lo que no ha permitido que los ecosistemas de la cabecera se recuperen, a pesar que ya no se desarrollan actividades agropecuarias. Estas alteraciones han incrementado la vulnerabilidad de la cuenca a fenómenos climáticos extremos, comprometiendo su capacidad de regulación hídrica.



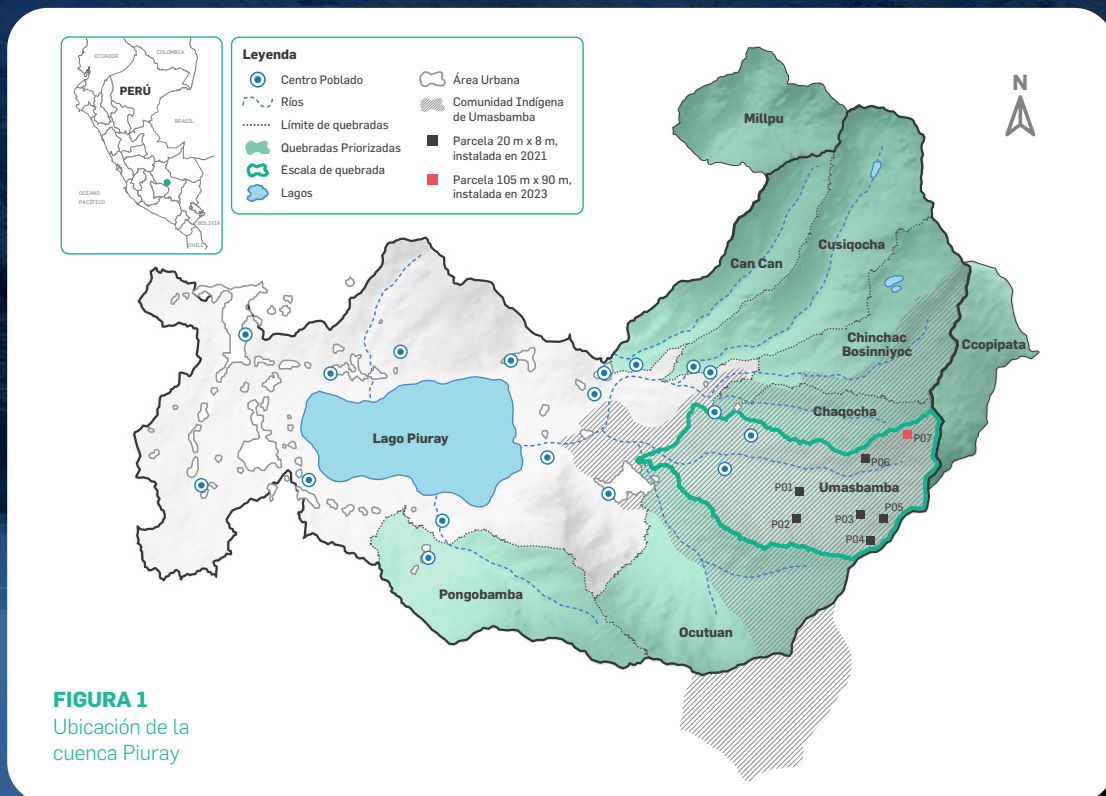
En este sentido, las acciones de intervención desarrolladas por INAIGEM en la cuenca Piuray, se localizan en la quebrada Umasbamba, y se basan principalmente en la revegetación con especies nativas. Los resultados obtenidos hasta la fecha a escala de parcela son positivos en cuanto a la recuperación del servicio ecosistémico de regulación hídrica (rehabilitación).

LA CUENCA PIURAY



Se localiza en el **distrito de Chinchero** en **Cusco, Perú** (ver Figura 1), con una variación altitudinal entre los 3 575 y los 4 550 metros sobre el nivel del mar, que genera una diversidad de zonas ecológicas y climáticas que determinan la presencia de los ecosistemas pajonal de puna húmeda y matorral andino¹.

La laguna Piuray actúa como un **reservorio natural de agua** regulando el flujo hídrico hacia el río Ccorimarca, que a su vez alimenta los sistemas de riego y abastece a las comunidades cercanas, y a un tercio de la población de la ciudad del Cusco².



Clima de la cuenca
caracterizado por dos estaciones:

 Estación seca De mayo a octubre	 Estación húmeda De noviembre a marzo
---	--



Precipitaciones anuales

Entre 722 mm a 860 mm, con lluvias más intensas durante la temporada húmeda



Temperatura

Entre -10 °C a -3 °C en las noches más frías y entre 9 °C a 18 °C en los días más cálidos

¹ Ministerio del Ambiente. (2018). *Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú: Memoria Descriptiva*. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/309735/Memoria_descriptiva_mapa_Nacional_de_Ecosistemas.pdf

² Centro de Educación y Comunicación Guamán Poma de Ayala. (2013). *Estudio del plan de gestión integral de los recursos hídricos de la microcuenca de la laguna de Piuray*.

La cobertura vegetal predominante son los **pastizales andinos**, caracterizados por especies como el ichu (*Stipa ichu*), que proporcionan forraje y contribuyen a la fijación del carbono en el suelo.

La segunda cobertura son las **zonas agrícolas**, constituidas por tubérculos, cereales, legumbres y hortalizas, así como pastos para ganado.

La **vegetación** desempeña un papel importante en la regulación del ciclo hídrico y en la prevención de la erosión del suelo. Resaltan formaciones vegetales de:



Césped de puna

Con especies dominantes de *Nassella inconspicua*, *Hypochaeris meyeniana*, y *Azorella biloba*.



Pajonal de puna

Dominada por *Anatherostipa obtusa*, *Festuca dolichophylla* (chilligua) y *Nassella inconspicua*.



Matorral

Dominado por *Baccharis odorata*.



La **fauna** incluye especies adaptadas a la cuenca, entre ellas, **147 especies** de aves identificadas, de las cuales seis son endémicas del Perú y 30 son aves migratorias³.



Canastero de frente rojiza (*Asthenes ottonis*)

La cuenca está integrada por:

24

unidades territoriales que incluyen comunidades campesinas, asociaciones de viviendas y sectores comunales, asentadas alrededor de la laguna Piuray y del río Ccorimarca.

11

centros poblados circundantes a la laguna ubicados sobre los terrenos de seis comunidades campesinas.

3 721

habitantes aproximadamente, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017), citado en INAIGEM (2023).

³ Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). *Censos Nacionales 2017: XII de población, VII de vivienda y III de comunidades indígenas*. <https://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>

⁴ Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña. (2023). *Guía de aves de la microcuenca Piuray*. <http://hdl.handle.net/20.500.12748/528>

DEGRADACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS Y LOS SERVICIOS DE REGULACIÓN HÍDRICA

El cambio climático, uno de los mayores desafíos del siglo XXI, afecta la capacidad de los ecosistemas para regular el agua de manera eficiente. Las proyecciones realizadas por INAIGEM, en la cuenca Piuray, indican que se espera un incremento en las temperaturas y cambios en los patrones de precipitación hacia el 2050, intensificando la degradación de los ecosistemas locales.

Los cambios de cobertura vegetal en la cabecera de la cuenca Piuray, entre 1984 y 2020, señalan:

-  Pérdida neta de **58 ha** en pastizales andinos
-  Ganancia neta de **52 ha** en plantaciones forestales + **36 ha** en áreas agrícolas
-  Aparición de nuevos cuerpos de agua (lagunas artificiales)

Se determinó que:

16.39%
(262.68 ha)
de la cabecera se encuentra degradado



Quebrada Ccopipata

Quebrada Umasbamba

Quebrada Ocutuan

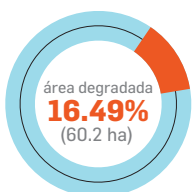
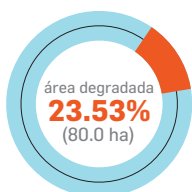
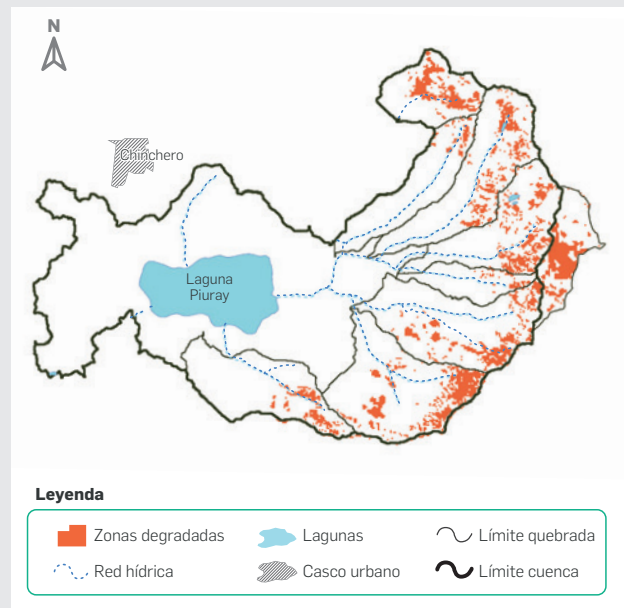


FIGURA 2

Zonas degradadas de la cabecera de la cuenca Piuray



Superficie de áreas degradadas (ha) por quebrada

Porcentaje degradado	Quebrada	Porcentaje no degradado	Superficie (ha)
28.35%	Ccopipata	71.65%	189.15
23.53%	Umasbamba	76.47%	399.99
16.49%	Ocutuan	83.51%	364.75
16.21%	Pongobamba	83.79%	104.57
14.96%	Millpu	85.04%	134.18
9.55%	Can Can	90.45%	51.05
7.73%	Chinchac Bosinniyoc	92.27%	139.08
6.70%	Cusiqocha	93.30%	214.73
2.86%	Chaqocha	97.14%	65.53

Legend: Degradado (Red), No degradado (Blue)

Estos datos resaltan la **urgencia de implementar medidas de rehabilitación** para revertir el deterioro de los ecosistemas y proteger los recursos hídricos de la cuenca.





Efecto de la degradación en el servicio ecosistémico de regulación hídrica de la cuenca Piuray



La **vegetación** es fundamental para la regulación y almacenamiento del agua, ya que influye en procesos hidrológicos como la evapotranspiración e infiltración⁵. Por tanto, **cambios en la cobertura vegetal podrían afectar directamente al ciclo hidrológico y a su capacidad de regulación hídrica.**

Un análisis multitemporal, entre 1984 y 2020, de las quebradas priorizadas por el INAIEM (ver Figura 1) estableció la relación de los cambios de cobertura y las variables hidrológicas y climáticas. Los cambios en este periodo fueron:

La plantación forestal incrementó a partir del 2005

Las áreas urbanas incrementaron desde el 2016 en quebradas como Pongobamba y Ocutuan

El matorral andino mostró un comportamiento variable

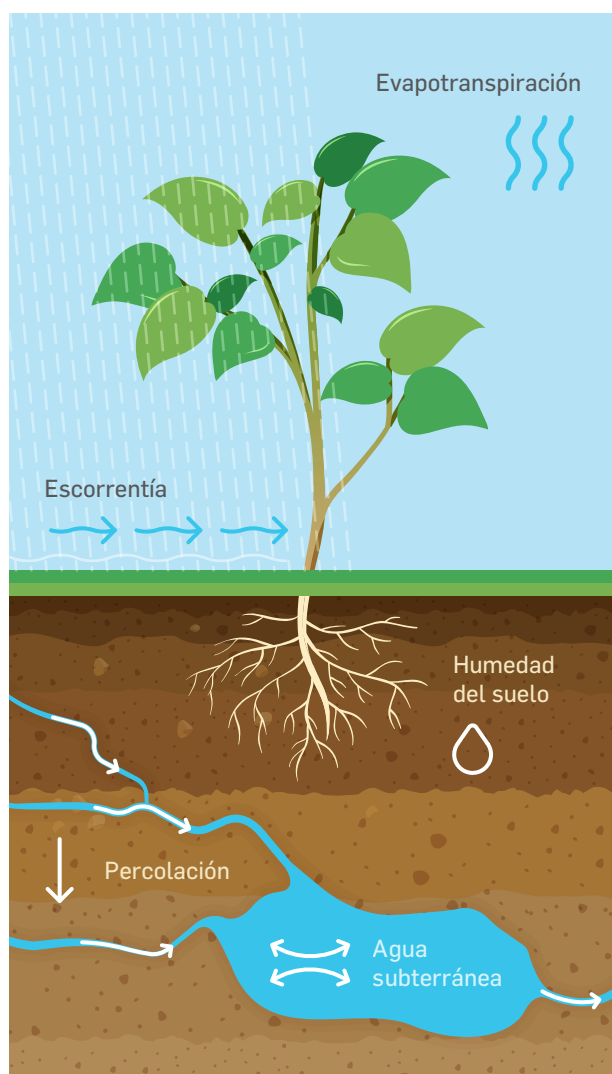
El servicio ecosistémico de regulación hídrica se analizó a través de las variables: **evapotranspiración, percolación, agua subterránea, escorrentía y humedad del suelo.** En el periodo entre 1984 y 2020, la evapotranspiración en la quebrada Pongobamba fue elevada y en la quebrada Millpu baja. La percolación y el agua subterránea fueron más altas en Umasbamba y Chaqocha y más bajas en Ocutuan. La escorrentía fue más alta en Pongobamba, seguido de la quebrada Ocutuan, y más baja en la quebrada Millpu.

La diferencia de las variables hidrológicas entre el periodo de referencia (1984 - 1990) y el de análisis (2016 - 2020), muestra que las quebradas Ocutuan y Pongobamba (16.49% y 16.21% de áreas degradadas respectivamente): presentan las mayores reducciones en percolación y agua subterránea.

La correlación entre variables hidroclimáticas y de cobertura a escala de las quebradas mostró:

- Las coberturas de escasa vegetación y pastizales tuvieron una relación inversa con la temperatura, es decir que una reducción de estas estaría influyendo en el incremento de la temperatura.
- Las coberturas de escasa vegetación, matorrales y pastizales presentaron correlación inversa con las variables del servicio ecosistémico de regulación hídrica, indicando que existe una estrecha relación entre la cobertura vegetal, el aumento de la evapotranspiración y la disminución de la percolación y el agua subterránea.

Mayores reducciones en percolación y agua subterránea, indican disminución de la capacidad de regulación hídrica.



⁵ Grizzetti, B., Lanzanova, D., Liqueste, C., Reynaud, A., & Cardoso, A. C. (2016). Assessing water ecosystem services for water resource management. *Environmental Science and Policy*, 61, 194–203. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.04.008>



La degradación desde la percepción local

La información se obtuvo de la **Comunidad Indígena de Umasbamba** por ubicarse sobre la quebrada del mismo nombre, que posee uno de los porcentajes de degradación más altos en la cuenca Piuray (ver Figura 1 y 2).

Los adultos mayores (> 60 años)

Consideraron al excesivo pastoreo y a las intensas lluvias como las principales causas de degradación por haber exacerbado la erosión y la degradación del suelo (ver Figura 3). Alineado a ello, se han observado especies indicadoras de sobrepastoreo y evidencia de erosión hídrica en la comunidad.

Los adultos (de 30 a 59 años)

Señalaron al cambio climático, por el aumento de la frecuencia e intensidad de sequías y heladas, como factor clave en la degradación. Sumado a esto las prácticas recientes de quema de pastizales y la falta de mantenimiento de las zanjas de infiltración. En menor medida, consideraron a la construcción de carreteras y a la agricultura (ver Figura 3).

FIGURA 3
Cambios percibidos por la Comunidad Indígena de Umasbamba en los últimos 50 años



Leyenda

↑↑↑ Ha aumentado

≡≡≡ Se mantiene igual

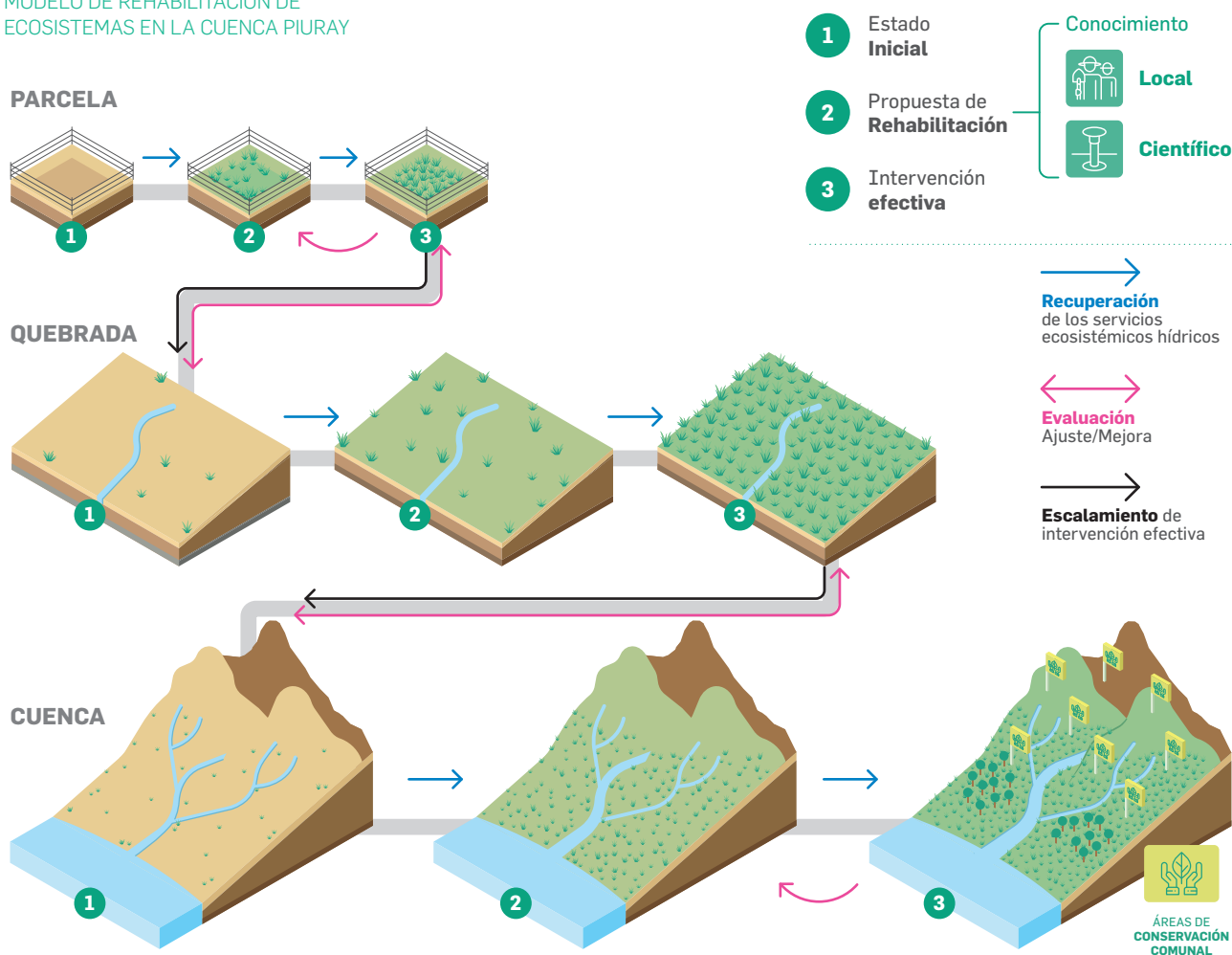
↓○○ Ha disminuido

PROPUESTA DE RECUPERACIÓN DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE REGULACIÓN HÍDRICA

Se desarrolló un modelo de rehabilitación para la cuenca Piuray. El modelo propone una rehabilitación (recuperación de servicios ecosistémicos) multinivel, que va desde parcelas experimentales, expandiéndose las estrategias efectivas a una escala mayor hasta abarcar toda la cuenca. A través del monitoreo ecohidrológico se ajustan las intervenciones en los diferentes niveles según sea

necesario, lo que permite una gestión flexible. También incorpora el conocimiento local desde el diseño de las estrategias de rehabilitación, pasando por el monitoreo, los reajustes necesarios⁶, y las acciones para la conservación de la cuenca mediante Áreas de Conservación Comunal (ACC).

FIGURA 4
MODELO DE REHABILITACIÓN DE ECOSISTEMAS EN LA CUENCA PIURAY



En la cuenca Piuray, el **objetivo principal** de rehabilitación es mejorar las funciones ecológicas de regulación hídrica para asegurar la provisión de agua a la laguna del mismo nombre.

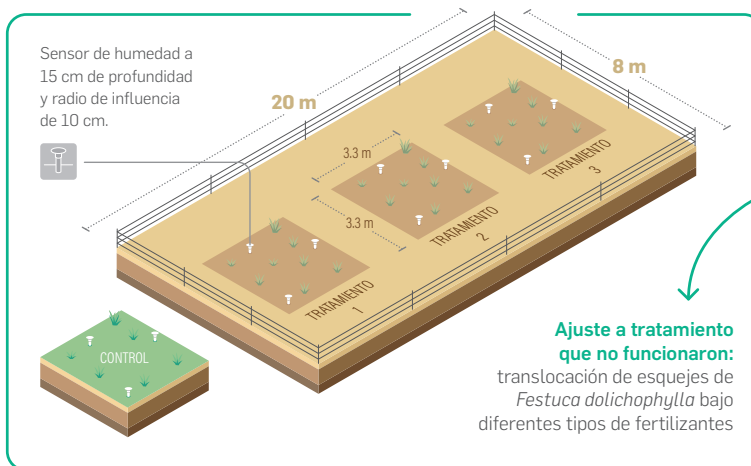
⁶ Mendoza-Ato, A., Postigo, J., Choquehuayta-A, G., & Diaz, R. (2023). A Conceptual Model for Rehabilitation of Puna Grassland Social–Ecological Systems. *Mountain Research and Development*, 43(4), D12–D20. <https://doi.org/10.1659/mrd.2023.00019>

2021

Se ejecutó un diagnóstico ecológico rápido en 11 sitios de la quebrada Umasbamba, a partir del cual se seleccionaron seis lugares para la implementación de parcelas (Diseño de parcela de 20 x 8 m). Se tuvo el consentimiento de la comunidad local para la ejecución del diagnóstico ecológico rápido y la implementación de parcelas. Luego, en el 2023, se instaló una parcela adicional de investigación (diseño de parcela 105 m x 90 m), tal como se aprecia en la Figura 1 y 5.

FIGURA 5
DISEÑO DE LOS DOS TIPOS DE PARCELAS EXPERIMENTALES DE INVESTIGACIÓN INSTALADAS.

A Diseño de parcelas 20 m x 8 m⁷

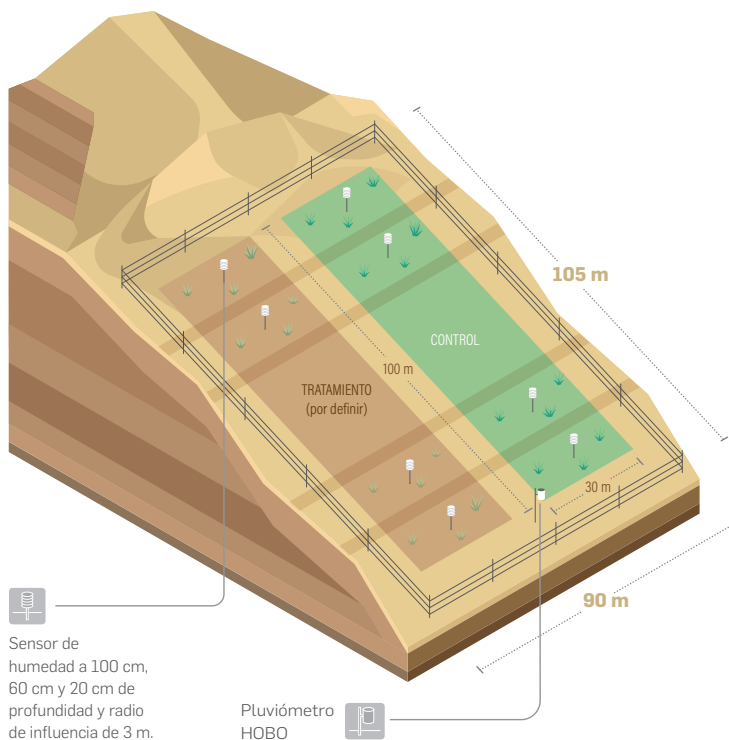


Objetivos de primera implementación de tratamientos:
descompactación del suelo, remoción de rocas, aumento de infiltración y aumento de la cobertura vegetal.

Tratamientos que no funcionaron:
descompactación del suelo, remoción de rocas, aumento de infiltración.

Tratamiento que funcionó:
aumento de cobertura vegetal, mediante la translocación de esquejes de la especie *Festuca dolichophylla* con su "pan de tierra".

B Diseño de parcelas 105 m x 90 m



Instalado en zona con presencia de zanjas de infiltración y localizado en la cima de una montaña.

Línea base de dos **evaluaciones de vegetación y suelo**, y un **monitoreo hidrológico** anual.

La selección del tratamiento se basará en los resultados del monitoreo en las parcelas de 20 m x 8 m, la línea base y el conocimiento local de la Comunidad Indígena de Umasbamba.

Parcela experimental de investigación

Sub parcelas con tratamientos

Sub parcelas control

⁷ Lazo Oscanoa, C. (2024). Influencia de tres tratamientos de revegetación con *Festuca dolichophylla* sobre la dinámica hídrica en la capa de suelo superficial de la cabecera de la microcuenca de Piuray Ccorimarka en Urubamba – Cusco [Grado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/23596>

La especie *Festuca dolichophylla* fue seleccionada por su abundancia en el área y su alta tasa de supervivencia, documentada en diversos estudios de restauración de pajonales. Los tratamientos implementados en las parcelas, se comparan con un sistema ecológico de referencia que establece la meta de rehabilitación (ver Cuadro 1).

CUADRO 1 INDICADORES QUE CARACTERIZAN EL SISTEMA ECOLÓGICO DE REFERENCIA⁸

Indicador	Césped de puna	Pajonal	Mixta*
Cobertura de la vegetación (%)	90	88	85
Cobertura del suelo desnudo (%)	≤ 0	≤ 1	≤ 2
Riqueza (S)	≥ 30	≥ 34	≥ 38
pH	5.1 - 6.7	5.1 - 6.7	5.1 - 6.7
Materia orgánica (M.O.)	≥ 8	≥ 8	≥ 8
Fósforo en forma de P2O5	≥ 14	≥ 14	≥ 14
Presencia de especies indicadoras de degradación	0	0	0

* Los valores para el ecosistema mixto se han extrapolado a partir de los datos disponibles para césped de puna y pajonal.

Fuentes: Gann et al., 2019⁹; Ministerio del Ambiente, 2016¹⁰; United State Department of Agriculture, 1999¹¹.

Se instalaron microestaciones meteorológicas a diferentes altitudes para monitorear las variables hidrometeorológicas esenciales. El monitoreo de variables ecológicas (vegetación y suelo) se realiza en puntos permanentes dentro de cada parcela y subparcela (tratamiento) (ver Cuadro 2).

CUADRO 2 VARIABLES E INDICADORES LAS PARCELAS EXPERIMENTALES DE LA CUENCA PIURAY

Variable	Indicador/variable	Frecuencia
Hidrometeorológica	<ul style="list-style-type: none"> • Humedad volumétrica del suelo (%) a 15 cm de profundidad • Humedad volumétrica del suelo (%) a tres profundidades (20 cm, 60 cm y 100 cm) • Temperatura del aire (°C) • Precipitación (mm) 	De descarga mensual
Vegetación	<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura por especie (%) • Número de individuos por especie • Cobertura de suelo (%) • Fenología de las especies presentes 	Semestral (temporada húmeda y seca)
Suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Materia orgánica (%) • Arena (%), limo (%), arcilla (%) • Clase-textural • Entre otros parámetros físico-químicos 	Cada 4 años

● En parcelas de 20 m x 8 m ● En parcelas de 105 m x 90 m ● En parcelas de 20 m x 8 m y de 105 m x 90 m

Fuente: Elaboración propia



Los **resultados** de los experimentos a escala de parcela, hasta la fecha, muestran una sobrevivencia de los esquejes al 100% con la técnica de traslocación con “pan de tierra”. También se observa que el uso de abono orgánico en el trasplante de *Festuca dolichophylla* favorece las funciones hídricas de percolación y almacenamiento de agua en el suelo.

⁸ Mendoza-Ato, A., Postigo, J., Choquehuayta-A, G., & Diaz, R. (2023). A Conceptual Model for Rehabilitation of Puna Grassland Social–Ecological Systems. *Mountain Research and Development*, 43(4), D12–D20. <https://doi.org/10.1659/mrd.2023.00019>

⁹ Gann, G. D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C. R., Jonson, J., Hallett, J. G., Eisenberg, C., Guariguata, M. R., Liu, J., Hua, F., Echeverría, C., Gonzales, E., Shaw, N., Decler, K., & Dixon, K. W. (2019). International principles and standards for the practice of ecological restoration. *Restoration Ecology*, 27(S1), S1–S46. <https://doi.org/10.1111/rec.13035>

¹⁰ Ministerio del Ambiente. (2016). Guía complementaria para la compensación ambiental: Ecosistemas Altoandinos. <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2511-guia-complementaria-para-la-compensacion-ambiental-ecosistemas-altoandinos>

¹¹ United State Department of Agriculture. (1999). Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-10/Guía%20para%20la%20Evaluación%20de%20la%20Calidad%20y%20Salud%20del%20Suelo.pdf>

En cuanto al conocimiento ecológico local, a partir de entrevistas y encuestas a líderes y comuneros de la Comunidad Indígena de Umasbamba, se supo que las zanjias de infiltración son percibidas como el método más efectivo para la infiltración y recarga hídrica, seguido de prácticas de forestación mixta. Los pastizales nativos también juegan un rol importante en la recarga de fuentes de agua durante épocas de estiaje, pero su contribución es menos reconocida.



Orqo ichu
(*Jarava ichu*)
mayor consenso de resistencia a sequía.

La comunidad ha identificado 33 especies vegetales resistentes a eventos extremos de sequía, incendios y heladas. Destacan siete especies: Kiru kiru, Phallcha (*Gentianella ernestii*), Altea (*Acaulimalva engleriana*), Sotuma (*Perezia pygmaea*), Orqo ichu (*Jarava ichu*), Pilli pilli (*Hypochaeris taraxacoides*) y Pacco pacco (*Aciachne pulvinata*).



Phallcha
(*Gentianella ernestii*)
mayor conceso de resistencia a incendio y helada.

En concordancia con la creación de un Área de Conservación Comunal, con el fin de garantizar la sostenibilidad a largo plazo las intervenciones en la cuenca, se desarrollaron dos instrumentos de gestión clave que promueven el uso sostenible de sus recursos naturales por parte de la población local, además de fomentar el ecoturismo y la conservación en la cuenca Piuray.



Guía Rutas Ecosistémicas Asociadas al Agua, 2022

Esta guía presenta siete rutas que destacan la diversidad natural, cultural y su conexión con el origen del agua en la cuenca Piuray, invitando a turistas y residentes a descubrir los ecosistemas locales y la variedad de especies de flora y fauna.



Guía de Aves de la Microcuenca Piuray, 2023

Esta guía resalta la riqueza de la avifauna presente en la cuenca Piuray, proporcionando descripciones detalladas y fotografías que resaltan la importancia de los ecosistemas para las aves y el ecoturismo.



Estas guías buscan involucrar a la comunidad local y a diferentes actores en la preservación de los recursos naturales, asegurando su valor para futuras generaciones.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE REGULACIÓN HÍDRICA EN LA CUENCA PIURAY Y PROPUESTAS PARA SU RECUPERACIÓN: RESUMEN PARA TOMADORES DE DECISIÓN

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)

Sede central: Av. Centenario 2656, Sector Palmira, Independencia, Huaraz, Áncash - Perú
Teléfono: (043) 64 3460
Avenida Industrial manzana N lote 1, Urbanización Residencial Huancaro, Santiago, Cusco
www.gob.pe/inaigem

Autores:

Ángela María Mendoza Ato
Renny Daniel Díaz Aguilar
Wilfredo Chávez Huamán
Patricia Magaly Barros Pozo
Geydi Geraldine Choquehuayta Alccamari
Nayda Liz García Mallma
Joshua Jonatan Castro Camacho
Efraín Lujano Laura
Víctor Bustinza Urviola

Fotografías:

Renny Daniel Díaz Aguilar
Carlos Alberto Lazo Oscanoa
Miguel Angel Luza Victorio
Angela María Mendoza Ato

Diseño y diagramación:

Mozaiku SAC
Angélica Mori Tamashiro
Brigitte Hinostroza Castro
José Carlos Malásquez Flores

Está permitida la reproducción total o parcial de este documento, siempre que se cite de la siguiente manera:
Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña. (2024). Servicios ecosistémicos de regulación hídrica en la cuenca Piuray y propuestas para su recuperación: resumen para tomadores de decisión.

1ra edición - Digital
Diciembre 2024
Tiraje 1000 ejemplares
Depósito legal del libro N° 2024-13440

Se terminó de imprimir en: Tarea Asociación Gráfica Educativa
Psje. María Auxiliadora 156-164, Breña

Impreso en el Perú