



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Foto: Michel León / Merese-Fida

DIAGNÓSTICO

de la subcuenca del río Yauli para la implementación de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos

Dirección General de Economía
y Financiamiento Ambiental



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

DIAGNÓSTICO

de la subcuenca del río Yauli

para la implementación de

Mecanismos de Retribución por

Servicios Ecosistémicos

**Dirección General de Economía
y Financiamiento Ambiental**

Diagnóstico de la subcuenca del río Yauli para la implementación de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos:

Autor: Ministerio del Ambiente
Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales
Dirección General de Economía y Financiamiento Ambiental

Editado por:
© Ministerio del Ambiente
Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales
Dirección General de Economía y Financiamiento Ambiental
Av. Antonio Miroquesada n.º 425, Magdalena del Mar, Lima, Perú
Imágenes: © Ministerio del Ambiente
Primera edición, Julio 2020

ÍNDICE

I.	Introducción	6
II.	Antecedentes	8
III.	Objetivos	10
	3.1. Objetivo general	10
	3.2. Objetivos específicos	10
IV.	Ámbito del estudio	11
V.	Metodología	13
	5.1. Determinación de los tipos de ecosistemas	13
	5.2. Determinación de las zonas de vida	13
	5.3. Evaluación del estado de conservación de ecosistemas altoandinos	13
	5.3.1. Indicadores del estado de conservación	14
	5.3.2. Valoración del estado de conservación	23
VI.	Resultados	26
	6.1. Descripción de zonas de vida	26
	6.2. Descripción de los ecosistemas	27
	6.3. Uso actual de la tierra	30
	6.4. Valoración del estado de conservación de los ecosistemas	31
	6.5. Hidrología y servicio ecosistémico	34
	6.5.1. Unidad de análisis subcuenca del río Yauli	34
	6.5.2. Área potencial de recarga hídrica	34
	6.5.3. Climatología	37
	6.5.4. Recurso hídrico	39
	6.5.5. Beneficiarios y contribuyentes del servicio ecosistémico hidrológico	45
VII.	Conclusiones y recomendaciones	46
VIII.	Bibliografía	47
IX.	Anexos	48
	9.1. Ficha resumen de las parcelas de evaluación	48
	9.2. Panel fotográfico	57

1.

Introducción

El Ministerio del Ambiente, como organismo rector del sector ambiental que desarrolla, dirige, supervisa y ejecuta la política nacional del ambiente, ha establecido como uno de los Objetivos Estratégicos Sectoriales 2017-2021, promover la sostenibilidad en el uso de la diversidad biológica y de los servicios ecosistémicos como activos de desarrollo del país.

Así también, en el marco del Plan Nacional de Acción Ambiental 2011-2021 y del lineamiento 6 para Crecimiento Verde, viene impulsando acciones a nivel nacional, regional y local, que contribuyan a promover el crecimiento económico compatible con la conservación y el uso sostenible del capital natural, con el fin de mantener las funciones clave de los ecosistemas como fuente de servicios ecosistémicos y de diversidad biológica, de forma que se garantice su aprovechamiento en las generaciones presentes y futuras.

En esta línea, en el año 2014 se aprobó Ley n.º 30215, Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos y su reglamento mediante Decreto Supremo 009-2016-MINAM con el objetivo de promover, regular y supervisar los mecanismos de retribución de servicios ecosistémicos que se derivan de acuerdos voluntarios que establecen acciones de conservación, recuperación y uso sostenible para asegurar la permanencia de los ecosistemas.

Los Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos son esquemas que buscan que los demandantes o beneficiarios de los servicios ecosistémicos, denominados retribuyentes, generen, canalicen, transfieran o inviertan recursos económicos que se orienten al desarrollo de actividades de conservación, recuperación y uso sostenible de las fuentes de servicios ecosistémicos, generando un aliciente para que se realicen dichas actividades. Las personas que realicen estas acciones serán los contribuyentes del servicio ecosistémico.

Para la implementación de los MERESE, uno de los elementos fundamentales es la identificación y caracterización del estado de conservación en que se encuentran los ecosistemas y los servicios ecosistémicos que proveen. En tal sentido, este estudio de diagnóstico de los ecosistemas de la subcuenca del río Yauli (departamento de Junín), permitirá brindar información base para la implementación de esquemas de MERESE, cuya finalidad es lograr la conservación de los ecosistemas proveedores de servicios ecosistémicos a la población de la subcuenca del río Yauli.



2. Antecedentes

El Ministerio del Ambiente (MINAM), a través de la Dirección General de Economía y Financiamiento Ambiental (DGEFA [antes DGEVFPN]), acompañó el proceso de promulgación de la Ley n.º 30215, Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos, publicada el 29 de junio de 2014, instrumento que permite financiar actividades orientadas a la conservación, recuperación y uso sostenible de ecosistemas, fuente de servicios ecosistémicos, a través de acuerdos voluntarios entre contribuyentes y retribuyentes. A partir de ello, la DGEVFPN inició la difusión y promoción de los MERESE a nivel nacional.

En el 2015, se aprobaron los Lineamientos de Inversión Pública en materia de Diversidad Biológica y Servicios Ecosistémicos y los Lineamientos para la Formulación de Proyectos de Inversión Pública en Diversidad Biológica y Servicios Ecosistémicos, con el objetivo de definir los aspectos básicos que se deben considerar para formular proyectos en diversidad biológica y servicios ecosistémicos que reviertan los procesos de su deterioro y posibiliten a su vez la adaptación al cambio climático. En ese sentido, dichos instrumentos normativos han permitido orientar la formulación de los proyectos de inversión pública (PIP) en servicios ecosistémicos de las iniciativas de MERESE —en donde interviene una Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento (EPS)— con la finalidad de utilizar los recursos que vienen siendo recaudados por concepto de MERESE. A fines de 2015, con el apoyo del Centro

Interamericano de Agricultura Tropical (CIAT), se identificó un total de 22 iniciativas de MERESE Hídricos a nivel nacional, y en el 2016 se sumó un caso más en Huánuco. Estos mecanismos se desarrollan en el marco de una cuenca hidrográfica, donde se encuentran quienes manejan los ecosistemas proveedores del Servicio Ecosistémico Hídrico (contribuyentes) y quienes se benefician de estos servicios (retribuyentes).

A través del Decreto Supremo n.º 009-2016-MINAM, el 21 de julio de 2016 se aprobó el reglamento de la Ley de MERESE. Con el reglamento se garantiza y hace efectiva la promoción, regulación y supervisión en el diseño e implementación de los MERESE, para el establecimiento de acciones de conservación, recuperación y uso sostenible que aseguren la permanencia de los ecosistemas y los beneficios que brindan.

Con el objetivo de promover la inversión en infraestructura natural, el MINAM viene difundiendo el Eje Estratégico Perú Natural mediante el componente fábricas de agua, cuyo su rol es facilitar y promover la inversión en actividades de conservación, recuperación y uso sostenible del territorio y de sus ecosistemas que proveen servicios ecosistémicos, por ende agua, mediante el desarrollo de instrumentos normativos, técnicos, promoción de espacios de coordinación, búsqueda de aliados y el fortalecimiento de capacidades para la implementación de fábricas de agua.



Foto: Michell León/Merese-Fida

1. Antes Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural (DGEVFPN).
2. Persona natural o jurídica, pública o privada, que mediante acciones técnicamente viables contribuye a la conservación, recuperación y uso sostenible de las fuentes de los servicios ecosistémicos.
3. Persona natural o jurídica, pública o privada, que, obteniendo un beneficio económico, social o ambiental retribuye a los contribuyentes por el servicio ecosistémico.
4. Red de espacios naturales que conservan los valores y las funciones de los ecosistemas naturales, que a su vez proveen servicios a la población y aseguran la sostenibilidad de la infraestructura física. Inversión en Infraestructura Natural. GIZ (2016)

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Realizar el diagnóstico del estado de conservación de los ecosistemas altoandinos de la subcuenca del río Yauli con el fin de implementar mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos.

3.2. Objetivos específicos

- Identificar y caracterizar a los ecosistemas altoandinos de la subcuenca del río Yauli.
- Caracterizar el uso actual de la tierra de la subcuenca del río Yauli.
- Evaluar el estado de conservación de los ecosistemas altoandinos de la subcuenca del río Yauli.
- Evaluar el recurso hídrico e infraestructuras relacionadas en la subcuenca del río Yauli.
- Identificar a los beneficiarios y contribuyentes del servicio ecosistémico hídrico.

4.

Ámbito del estudio

La subsubcuenca del río Yauli tiene un área de 691 km², se ubica en la provincia de Yauli, en el departamento de Junín, cuenca del río Mantaro, vertiente del Amazonas. Altitudinalmente, se emplaza entre los 3800 m y 5000 m, a lo largo de la cordillera central de los Andes. Su acceso es mediante la carretera central, por la parte baja y al interior de ella a través de caminos no asfaltados que permiten llegar hasta cierta parte alta de la subcuenca (figura n.º 1).

La subsubcuenca de Yauli comprende los siguientes distritos: Yauli, el cual abarca el 59 % del área total de la subsubcuenca; Morococha, el cual representa el 20 %, Santa Rosa de Sacco que comprende el 10 %; La Oroya que representa el 7 % y Huay Huay que abarca el 4 % del total del área.

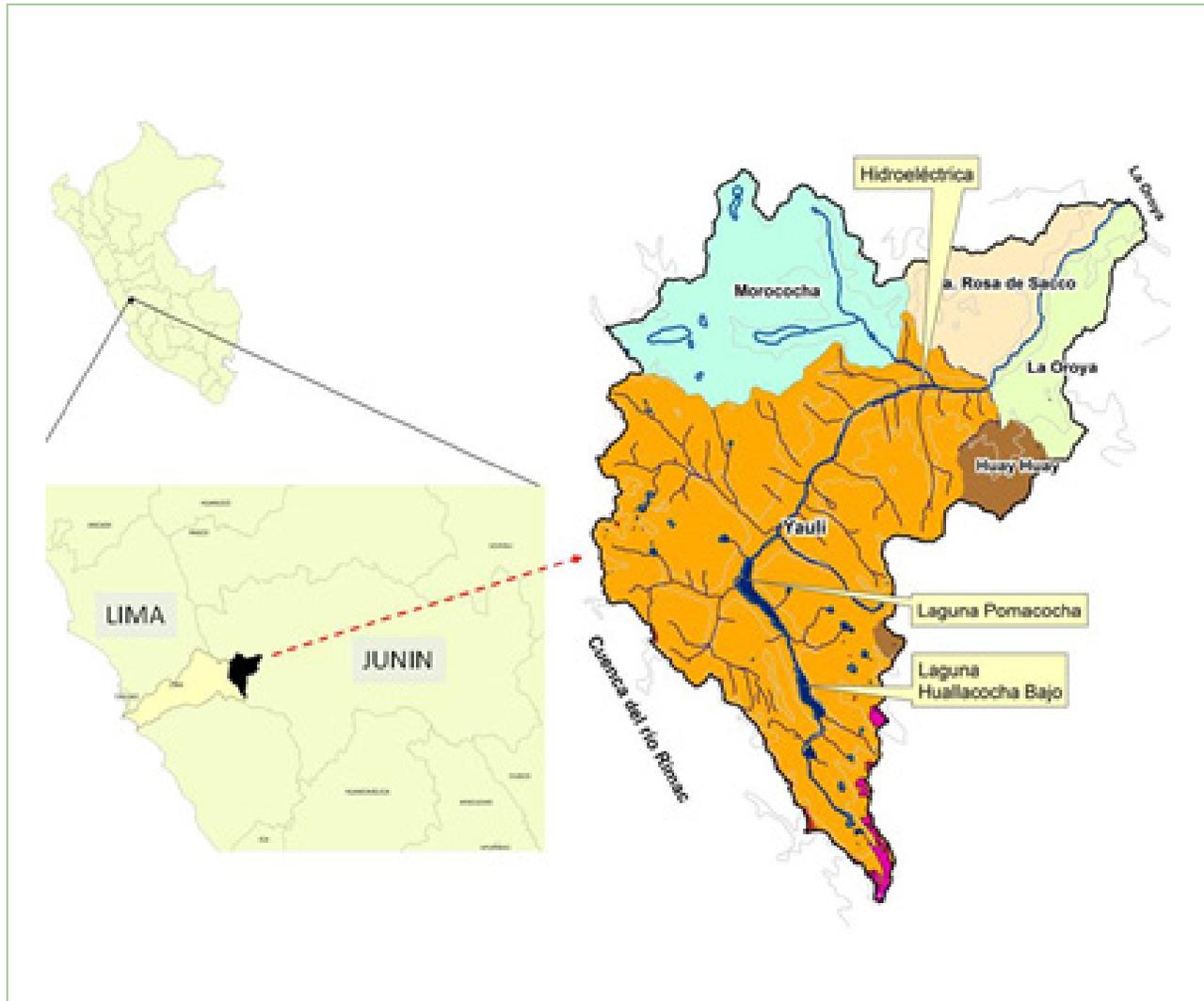
El río Yauli tiene una pendiente media de 1,5 %; la altitud media de la subcuenca es de 4573 m; presenta tramos encajonados y pequeñas áreas onduladas, como la zona de las lagunas Huallacocha y Pomacocha. El relieve topográfico es predominantemente

abrupto y la temperatura media anual es de 3,2 °C. La cobertura vegetal está dominada por herbazales tipo pajonal de puna, césped de puna y bofedales.

En la subsubcuenca del río Yauli se tiene previsto el proyecto Marca II, el cual consiste en trabajar con las lagunas de Pomacocha y Huallacocha Bajo, para llevar sus aguas a la cuenca del río Rímac.

Cabe mencionar que las aguas de la subcuenca del río Yauli se contaminan por debajo de las citadas lagunas, por lo que no son aprovechadas para consumo. Asimismo, el río Yauli es una fuente de contaminación de las aguas del río Mantaro, debido a que la principal actividad en dicha subcuenca es la actividad minera desarrollada por las empresas Volcan y Chinalco. Los principales ecosistemas altoandinos en la citada subcuenca son el césped de puna y los bofedales.

Figura n.º 1. Mapa de la subcuenca del río Yauli



Fuente: MINAM, 2017

5. Metodología

5.1. Determinación de tipos de ecosistemas

Para la determinación de los tipos de ecosistemas de la subcuenca del río Yauli, se utilizó como referencia el Mapa Nacional de Cobertura Vegetal (MINAM, 2015) y para fines del presente estudio se hizo una equivalencia entre los tipos de cobertura vegetal con los ecosistemas presentes en la mencionada subcuenca del río Yauli, determinándose de esta manera tres (3) ecosistemas altoandinos:

- **Pajonal de puna**
- **Césped de puna y**
- **Bofedales**

5.2. Determinación de las zonas de vida

Las zonas de vida constituyen ámbitos bioclimáticos de importancia debido a la información bioclimática que brindan. Fueron determinadas en base a información secundaria obtenida del Mapa Ecológico del Perú (ONERN, 1976).

5.3. Evaluación del estado de conservación de los ecosistemas

Para la evaluación del estado de conservación de los ecosistemas de la subcuenca del río Yauli, se utilizó la metodología descrita en la Guía complementaria para la Compensación Ambiental: ecosistemas altoandinos, aprobada por R. M. n.º 183-2016-MINAM.

Se utilizaron los siguientes materiales y equipos

- Wincha de 100 m y cinta métrica de 5 m
- Pico, pala recta, cuadrante de fierro (1 m x 1 m), tijeras para cortar pasto y estacas
- Bolsas de polietileno y etiquetas
- Formatos de evaluación en campo y tablero de plástico
- Pesolas Lightline Spring Scales de 1 kg y de 300 g, y romana de 5 kg
- Equipo de sistema de posicionamiento global (GPS)
- Cámara fotográfica digital

5.3.1. Indicadores del estado de conservación

Esta metodología está basada en evaluar tres atributos del ecosistema (florística del sitio, estabilidad del suelo e integridad biótica), los cuales están conformados por diez (10)

indicadores que brindan la información sobre el estado del ecosistema en cuanto a su estructura y funcionalidad (cuadro n.º 1).

Cuadro n.º 1. Atributos e indicadores para estimar el valor ecológico del ecosistema

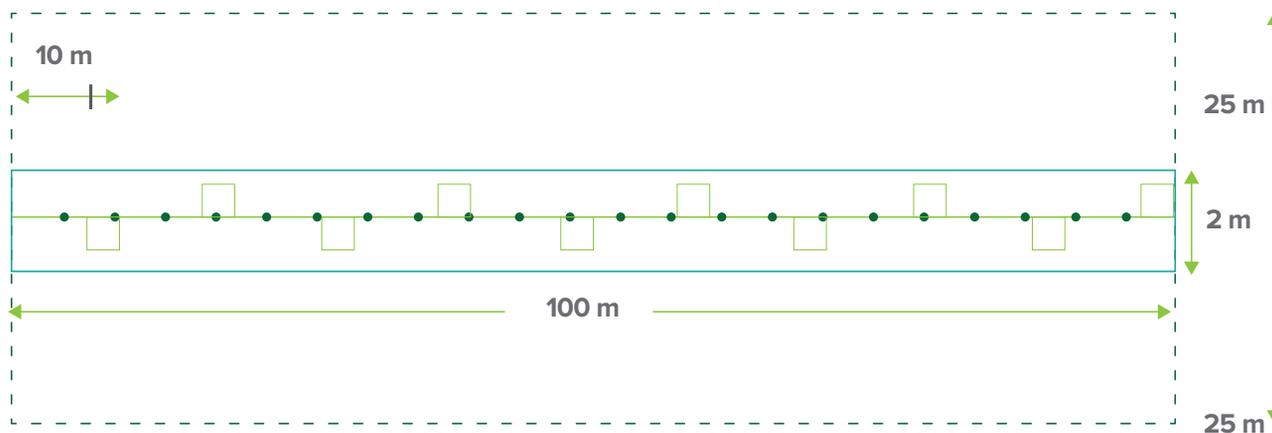
Atributos del ecosistema	Indicadores
Florística del sitio	Riqueza (número de especies): <ul style="list-style-type: none"> Gramíneas y gramínoideas (n.º) Hierbas (n.º) Arbustos (n.º)
	Composición florística (%) <ul style="list-style-type: none"> Gramíneas y gramínoideas (n.º) Hierbas (n.º) Arbustos (n.º)
Estabilidad del suelo	Cobertura aérea (%)
	Suelo desnudo superficial (%)
	Pérdida de suelo superficial
	Materia orgánica de horizonte superficial (%)
Integridad biótica	Altura de la canopia de plantas dominantes (cm)
	Cantidad de biomasa aérea (g/m ²)
	Cantidad de mantillo (g/m ²)
	Plantas invasoras (%)

Fuente: Guía Complementaria para la compensación ambiental: ecosistemas altoandinos.

Para la medición de los indicadores se utilizaron parcelas de denominadas “unidades de análisis” de tamaño 100 x 50 m (0,5 ha) y al interior de estas se levantaron transectos de 100 x 2 m (ver figura) Py a lo largo se establecieron 100 puntos de registro mediante un anillo censador.

En cada transecto se ubican 10 cuadrantes de 1 m², con una distancia entre ellos de 10 m y una subparcela central de 10 x 10 m donde se registra el indicador de riqueza. Cada cuadrante fue dividido en cuatro subunidades para facilitar la toma de información (figura n.º 2).

Figura n.º 2. Diseño del muestreo



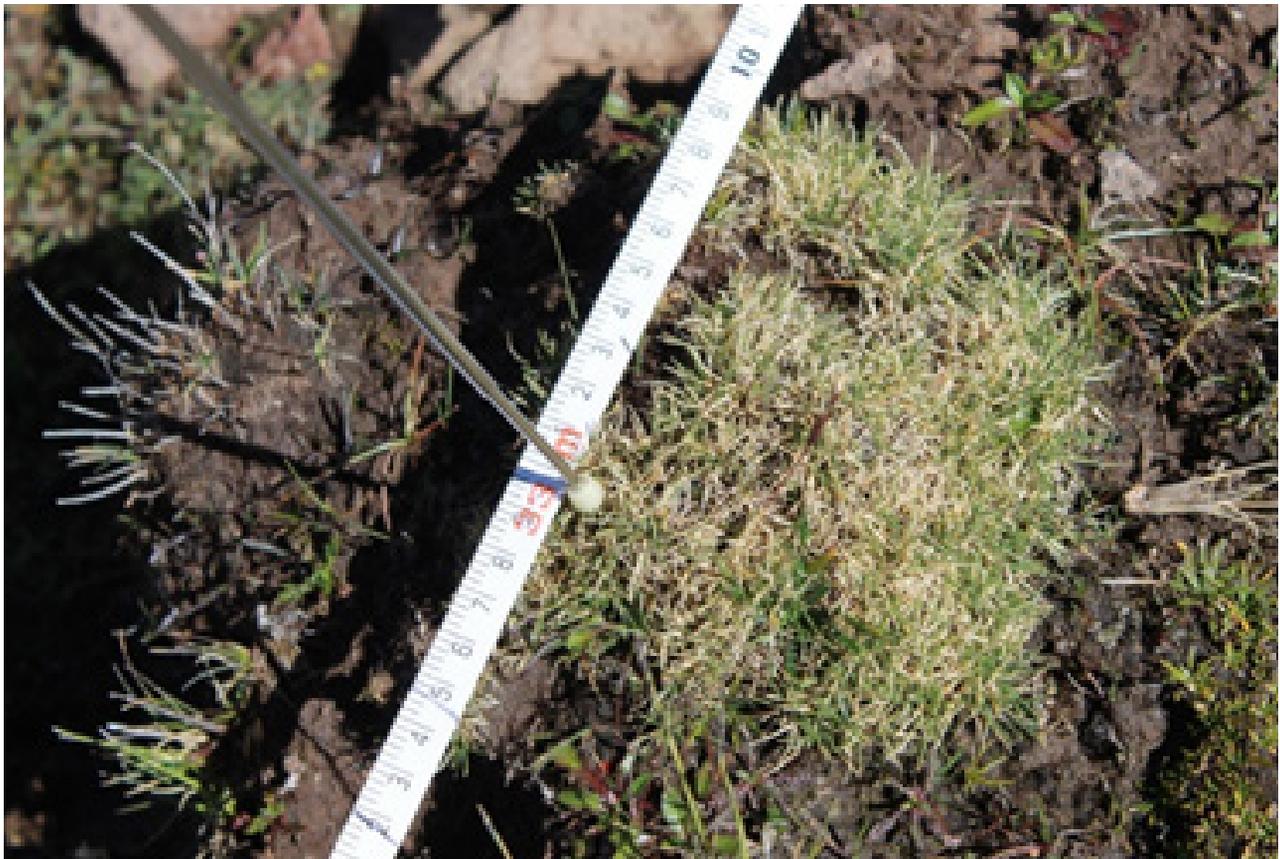
Fuente: Guía complementaria para la compensación ambiental: ecosistemas altoandinos

Composición florística:

Se refiere a la contribución relativa que hacen los grupos funcionales, gramíneas y graminoides, hierbas y arbustos. Su grado de similaridad con el área de referencia y el balance existente

entre los grupos funcionales revela el estado estructural del ecosistema. Los cambios en la composición de estos grupos pueden estar relacionados con cambios en la biomasa radicular e infiltración (figura n.º 4).

Figura n.º 4. Evaluación de la composición florística



Fuente: MINAM, 2017

Cobertura aérea:

Está positivamente correlacionada con el grado de protección que brinda la vegetación contra el potencial erosivo de la lluvia cuando esta impacta directamente sobre el suelo. A mayor cobertura, mayores son las posibilidades de formación de costras de líquenes y musgos,

que constituyen un factor determinante del grado de estabilidad de la superficie del suelo, resistencia a la erosión y disponibilidad de nutrientes. A menor cobertura aérea, mayor será la posibilidad de destrucción de la estructura del suelo por impacto directo de las lluvias sobre la superficie del suelo (figura n.º 5).

Figura n.º 5. Evaluación de cobertura aérea



Fuente: MINAM, 2017

Suelo desnudo superficial:

Una mayor superficie de suelo cubierto por mantillo, roca, musgos, líquenes o residuos vegetales, está positivamente correlacionado con el nivel de escorrentía, grado de erosión y, negativamente, con la tasa de infiltración. El efecto de este indicador sobre la estabilidad del

sitio depende del tamaño de espacios vacíos existente entre la canopia de plantas, de modo que los espacios vacíos amplios entre estas, tienen un mayor efecto sobre las funciones ecológicas que los espacios pequeños (figura n.º 6).

Figura n.º 6. Evaluación de pérdida de suelo superficial



Fuente: MINAM, 2017

Pérdida de suelo superficial:

A medida que el suelo superficial (horizonte A) se pierde, la estructura del suelo subsuperficial se degrada y el contenido de materia orgánica se reduce, trayendo como consecuencia, una

pérdida en la capacidad del sitio para proveer nutrientes, así como almacenar agua de lluvia y liberarla gradualmente para el crecimiento de las plantas (figura n.º 7).

Figura n.º 7: Pérdida del suelo superficial tipo cárcava

Fuente: MINAM, 2017

Materia orgánica en el horizonte superficial:

La materia orgánica acumulada en el horizonte superior refleja la historia y el manejo del área, así como el potencial del sitio para proveer nutrientes al ecosistema y brindar condiciones adecuadas para el desarrollo de la vegetación y el funcionamiento del sistema hidrológico. Una muestra resulta de la combinación de

cinco sub-muestras tomadas sistemáticamente cada 20 m a lo largo de un transecto de 100 m. Las submuestras se toman con una pala recta formando un cubo que corresponde al ancho y largo de la pala (aproximadamente 30 cm x 30 cm). La muestra o alícuota se guarda en bolsas dobles de plástico y se etiquetan con un código (figura n.º 8).

Figura n.º 8. Extracción de la muestra de materia orgánica del suelo superficial



Fuente: MINAM, 2017

Altura de la canopia de plantas importantes:

Este indicador refleja el vigor de las plantas y el potencial del sitio para sostener un crecimiento adecuado de las plantas. Existe una relación entre la altura de planta y la longitud del sistema radicular. Las raíces profundas y bien ramificadas están asociadas con una buena aireación, grado de porosidad y retención de humedad a lo largo del perfil del suelo. El registro de altura se hace donde se concentra la mayor cantidad de hojas estimada a partir de donde al colocar la mano se sienta mayor presión.

Cantidad de biomasa aérea:

Este indicador revela la capacidad productiva del sitio y el grado en que este es capaz de capturar energía, almacenarla y transferir nutrientes a las cadenas de pastoreo y descomposición, asegurando así una adecuada transferencia de nutrientes de la planta al sistema suelo. El procedimiento, por lo general, es cortar el material vegetal aéreo a ras del suelo en cuadrantes de 1 m² colocados, al igual que en el caso de la altura, cada diez metros a lo largo de la transecta lineal de 100 m. Luego el material se pesa en el campo y en laboratorio. Para el caso de las hierbas, estas se extraerán completamente con la ayuda de una pala (figura n.º 9).

Figura n.º 9. Corte de biomasa aérea

Fuente: MINAM, 2017

Cantidad de mantillo:

La cantidad de mantillo refleja la cantidad de materia orgánica disponible para la descomposición y ciclaje de nutrientes. Un mayor nivel de mantillo indica una mayor infiltración y capacidad para regular el abastecimiento de agua al complejo suelo - planta.

Toda hojarasca y residuos vegetales existentes sobre la superficie del suelo dentro de un cuadrante de 1m² son recogidos manualmente y pesados en fresco para estimar la cantidad de mantillo. Además del cuadrante de 1 m² se requiere de una balanza de precisión de 1 g, guantes, un tablero y hojas de registro de datos.

Plantas invasoras:

La presencia abundante de plantas invasoras, no nativas del ecosistema, indica que las condiciones ambientales que favorecían la presencia de especies nativas han cambiado significativamente. Estas plantas, por su naturaleza, generalmente anual o efímera, brindan menor protección al suelo que las especies originales, haciéndolo más inestable y susceptible a las perturbaciones.

5.3.2. Valoración del estado de conservación de los ecosistemas

Se procedió según la Guía complementaria de compensación ambiental: ecosistemas altoandinos (MINAM, 2016).

En primer lugar, se procedió a calcular el valor relativo por atributo e indicadores medidos en campo y laboratorio; y, luego, se comparó con las escalas de valoración establecidas en la mencionada guía.

El valor de cada indicador medido en campo refleja el grado de alejamiento del área con respecto al de referencia, o mejor estado de conservación posible esperado (cuadro n.º 2).

Las áreas de referencia constituyen el mejor estado ecológico posible de encontrar en un ecosistema cercano y similar al área a evaluar. Su identificación permite la comparación del estado de los indicadores de esta unidad de

referencia con el estado del área a evaluar en una escala del 0 – 10. Lo ideal es contar con un sistema de áreas de referencia, pero si este no existe o no ha sido desarrollado, se utilizará el

ecosistema más cercano en el mejor estado de conservación posible o el menos perturbado por la actividad humana y económica.

Cuadro n.º 2. Valores de indicadores de sitios de referencia

Atributos	Indicadores	Césped de puna	Pajonal de puna	Tolar
Florística del sitio	Riqueza (número de especies)			
	Gramíneas y gramínoideas	9	13	5
	Hierbas	11	12	3
	Arbustos	4	7	5
	Composición florística (%)			
	Gramíneas y gramínoideas	95	89	43
	Hierbas	3	9	4
	Arbustos	2	2	53
Estabilidad del sitio	Cobertura aérea (%)	98	61	80
	Suelo desnudo superficial (%)	2	10	10
	Pérdida de suelo superficial	Nula	Nula	Escasa
	Materia orgánica de horizonte superficial	8	8.28	3
Integridad biótica	Altura de la canopia de plantas importantes (cm)	7	18	60
	Cantidad de biomasa aérea (g/m ²)	124	422	800
	Cantidad de mantillo (g/m ²)	34	108	130
	Plantas invasoras (%)	0	2	0

Fuente: Guía complementaria para la compensación ambiental: ecosistema altoandinos

Los valores relativos obtenidos de los indicadores de la florística del sitio, estabilidad del suelo e

integridad biótica se suman y se comparan con el valor relativo establecido en el cuadro n.º 3.

Cuadro n.º 3. Escala y valor relativo según estado de conservación

Escala	Valor relativo (%)	Estado
0 - 2	0 – 20	Muy pobre
2 - 4	20 – 40	Pobre
4 - 6	40 – 60	Regular
6 - 8	60 – 80	Bueno
8 – 10	80 – 100	Muy bueno

Fuente: Guía complementaria para la compensación ambiental: ecosistemas altoandinos

El levantamiento de información en campo se realizó en el mes de setiembre de 2017, época seca, donde se encuentran pastos altoandinos no tan frescos ni suculentos.

Durante este estudio se realizaron las mediciones de los indicadores en ocho (8) parcelas de evaluación, distribuidas principalmente en la cuenca alta del Yauli, ubicados en los distritos de Yauli (Junín).

6. Resultados

6.1. Descripción de zonas de vida

La clasificación propuesta se distingue porque define en forma cuantitativa la relación que existe en el orden natural, entre los principales factores climáticos y la vegetación. Se consideran factores independientes: la biotemperatura, la precipitación y la humedad ambiental; mientras que los factores bióticos son considerados como dependientes, subordinados al clima.

Originalmente Holdridge denominó a sus unidades bioclimáticas, “formaciones” o “formaciones vegetales”, pasando luego a la denominación de zonas de vida, definiendo así varios conceptos.

Basándose en el sistema Holdridge, J. Tosi (1960) publicó las Zonas de vida natural del Perú, como un primer avance y posteriormente, ONERN (1976) publicó el Mapa ecológico del Perú, que delimita 84 zonas de vida de las 117 existentes en el mundo.

Según ONERN (1976), la subcuenca Yauli comprende cuatro zonas de vida, identificadas mediante el sistema propuesto por L. Holdridge, las cuales se describen a continuación:

- **Bosque húmedo - Montano Tropical (bh-MT)**

Ocupa el 5 % del área de la subcuenca (34 km²). Se extiende por debajo de los 3800 m de altitud y comprende la parte baja de la subcuenca.

Presenta una precipitación anual entre 500 y 800 mm y una temperatura promedio de 10 °C. De acuerdo con el diagrama bioclimático de Holdridge, corresponde a la provincia de humedad HÚMEDO, cuyos valores de Relación de Evapotranspiración Potencial (Retp) son de 0,5 a 1,0.

La mayor parte de esta formación está constituida predominantemente por una vegetación del tipo graminal forrajero, formando praderas de pastos naturales usados en la explotación de una ganadería extensiva representada principalmente por ovinos.

- **Páramo muy húmedo – Subalpino Tropical (pmh-SaT)**

Ocupa el 34,5 % del área de la subcuenca (238 km²). Geográficamente ocupa la parte oriental de la cordillera central, entre los 3900 y 4500 m de altitud. Presenta una precipitación anual entre 600 y 900 mm y temperatura promedio de 6 °C. De acuerdo con el diagrama bioclimático de Holdridge, corresponde a la provincia de humedad HÚMEDO, cuyos valores de Relación de Evapotranspiración Potencial (Retp) son de 0,5 a 1,0.

Representa el área de mayor importancia dentro de la subcuenca y la de mayor extensión,

constituida exclusivamente por gramíneas del tipo forrajero, usadas por una ganadería extensiva, integrada principalmente por ovinos. Las principales asociaciones de pastos naturales que se han determinado por orden de importancia son: (1) Festuchetum-Calamagrostetum, integrada principalmente por Calamagrostis intermedia y Calamagrostis vicunarum, (2) Clamagrostetum, constituida por Calamagrostis intermedia y Calamagrostis vicunarum, (3) Festuchetum-Muhlebergetum constituida por Festuca dolichophylla y Muhlenbergia ligularis y por último, la asociación (4) Stipetum-Muhlebergetum, constituida por Stipa plumosa y Muhlenbergia ligularis.

Además, se encuentran algunos arbustos achaparrados y otros tales como: la “chaca” o “candelilla” Chuquiraga spinosa subsp. huamanpinta, Bacharis spp., “huamanripa” Senecio sp., “valeriana” Valeriana sp., Margyricarpus sp., Alchemilla sp. y “huagoro” Austrocylindropuntia floccosa, entre otras (ONERN, 1976).

• Tundra pluvial- Alpino Tropical (tp-AT)

Esta formación ocupa el 46 % del área de la subcuenca (319 km²). Geográficamente esta formación ocupa la franja inmediata inferior del piso nival, entre los 4300 y 5000 m de altitud a lo largo de la cordillera central de los Andes. De acuerdo con el diagrama bioclimático de Holdridge, corresponde a la provincia de humedad SUPERHÚMEDO, cuyos valores de Relación de Evapotranspiración Potencial (Retp) son de 0,125 a 0,25.

Esta formación, en su estado mejor preservado del sobrepastoreo, es muy tupida y florísticamente diversificada, abundando las hierbas arrosetadas hemicriptogámicas y las de porte de almohadilla, y en menor proporción, las gramíneas (ONERN, 1976).

• Nival Tropical (n-T)

Esta formación ocupa el 14 % del área de la subcuenca (99 km²). La zona nival tropical posee elevaciones superiores a 4700 de altitud y con temperaturas promedio por debajo de 1,5 °C. Las masas de hielo actúan regulando el régimen hidrológico de los riachuelos, manantiales, lagunas y son las principales fuentes de suministro de aguas subterráneas para el desarrollo de la vegetación.

A excepción de las escasas algas sobre la nieve y, raras veces, en los límites inferiores del piso, diminutos líquenes y otros microorganismos sobre las rocas, no se encuentra ninguna comunidad biológica visible, sea vegetal o animal (ONERN, 1976).

6.2. Descripción de los ecosistemas

• Pajonal de puna

Este ecosistema está conformado mayormente por herbazales tipo “pajonal”, conformado por manojos de plantas con hojas de consistencia dura cuando están maduras, con una altura por debajo de 80 cm. Se incluyen algunos arbustos dispersos y suculentas de porte rastrero (figura n.º 10). La flora de este pajonal está conformada por las siguientes especies: Festuca dolichophylla, Stipa brachiphylla, Stipa plumosa, Agrostis breviculmis, Alchemilla pinnata, Hypochoeris taraxacoides, Paranephelium bullatum, Werneria caespitos, Hiordeum muticum, Tetraglochin sp., Aciachne pulvinata, Poa lilloi y Poa gymnantha, Bromus spp., Aciachne pulvinata, Geranium sp., Astragalus garbancillo, Muhlenbergia ligularis, Calamagrostis heterophylla y Calamagrostis vicunarum. Se incluyen algunos arbustos como la Chuquiraga spinosa.

Diagnóstico de la subcuenca del río Yauli para la implementación de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos

Se incluyen algunos arbustos como Chuquiragua spinosa, Bacharis spp., Senecio sp. “huamanripa”, Valeriana sp. “valeriana”, Margyricarpus sp. y la suculenta de la familia cactaceae Austrocylindropuntia floccosa “huagoro”.

Estudios anteriores realizados (ONERN, 1876), reportan las principales asociaciones de pastos naturales que existen, tales como: Festuchetum-Calamagrostetum, Festuchetum-Muhlenbergetum y Stipetum-Muhlenbergetum, constituida por Stipa plumosa.

• Césped de puna

Este ecosistema está conformado por herbazales de porte bajo (< 10 cm de alto), donde sobresalen principalmente gramíneas como: Calamagrostis vicunarum, Calamagrostis intermedia, Aciachne

pulvinata “ucuscacha”, acompañado de otras especies de hierbas como, Muhlenbergia peruviana (Poaceae), Hypochoeris taraxacoides (Asteraceae), Geranium sp. (Geraniaceae), Gentiana sp. (Gentianaceae), Scirpus rigidus (Cyperaceae), Lachemilla sp. (Rosaceae); se incluye también la suculenta Austrocylindropuntia floccosa (Cactaceae).

En la actualidad, este ecosistema, al igual que el anteriormente descrito, se encuentra fuertemente impactado por la actividad ganadera (figura n.º 11). La intensa actividad ganadera sobre los pastos ubicados en las laderas con fuerte pendiente está ocasionando la degradación de la cobertura herbácea y del suelo, generando un fuerte proceso erosivo.

Figura n.º 10. Ecosistema pajonal de puna pastoreado por camélidos sudamericanos



Fuente: MINAM, 2017

Figura n.º 11. Ecosistema césped de puna pastoreado por camélidos sudamericanos



Fuente: MINAM, 2017

• Bofedales

Este ecosistema hidrofítico corresponde a un tipo de pradera nativa con humedad permanente o temporal, compuesto por una comunidad de

especies de porte almohadillado o de cojín, siempre verde. Está conformado por las especies: *Distichiamuscoides* sp., *Calamagrostis recta*, *Lachemilla pinnata*, *Hipochiieris* sp., *Aciachne pulvinata*, entre otras (figura n.º 12).

Figura n.º 12. Ecosistema bofedal



Fuente: MINAM, 2017

6.3. Uso actual de la tierra

Los principales usos de la tierra que se dan en la subcuenca del río Yauli se describen a continuación:

• Uso minero

En esta subcuenca se ubican tres unidades mineras de la Compañía Minera Volcan S.A.A (San Cristóbal, Carahuacra y Mahr Tunel) con vertimientos de canchas de relave y de las aguas de mina tratadas del túnel Victoria; aguas abajo de Carahuacra se encuentra el túnel Kingsmill,

que conduce las aguas ácidas procedentes de las minas de Morococha, descargándose sin tratamiento al río Yauli; en Cut Off, la Central Hidroeléctrica La Oroya, de propiedad de la empresa Electroandes S.A., la cual descarga sedimentos mensualmente al río Yauli. Por otro lado, la empresa DOE RUN S.R.L, desde 1997, es propietaria de fundiciones y refinerías de cobre y de plomo en la ciudad de La Oroya (ex CENTROMIN PERÚ) [DIGESA, s/f].

• Uso ganadero

Una de las principales actividades económicas es la actividad ganadera, predominando la crianza de ganado ovino y camélidos sudamericanos,

y en menor proporción se evidencia la crianza de ganado vacuno. Otra actividad que cabe mencionar es la crianza de animales menores como cuyes, gallinas, entre otros, limitándose solo para el autoconsumo familiar (ONERN, 1976).

La crianza de animales es una actividad económica importante en las familias de la zona, no solo por el ingreso monetario inmediato que obtienen regularmente y en casos de emergencia, sino también por los subproductos obtenidos de esta, los que a su vez forman parte de su dieta diaria. Los ovinos proporcionan carne, fibras y pieles, constituyéndose en una gran fuente de autoconsumo e ingresos.

La crianza de camélidos sudamericanos, principalmente llamas, favorece a las familias en cuanto brinda recursos como carne, lana y cuero, pero además es utilizada como medio de carga.

• Uso agrícola

La actividad agrícola constituye una actividad económica complementaria, debido a que los cultivos son destinados principalmente al autoconsumo. La producción agrícola, presenta bajos rendimientos en producción y en productividad debido a los factores climáticos adversos (heladas y sequías), la falta de capacitación del campesino y el abandono por parte del Estado (MINAM, 2014). Entre las especies cultivadas se encuentran: trigo, papa, haba, olluco, mashua, cebada, quinua, arveja, maíz, entre otros (ONERN, 1976).

6.4. Valoración del estado de conservación de los ecosistemas

La aplicación de la metodología para la medición de los 10 indicadores utilizados para estimar el estado de conservación de los ecosistemas se basa en el cálculo del valor relativo de los indicadores medidos en el campo y la aplicación de la tabla de valoración del estado de conservación para los ecosistemas pajonal y césped de puna, según la Guía complementaria para la compensación ambiental: ecosistemas altoandinos, aprobado por R. M. n.º 183-2016-MINAM.

Es importante precisar que la presente metodología para evaluar el estado de conservación de pastizales altoandinos (pajonal y césped de puna) no tiene un enfoque de productividad o forrajero. Lo hace basado en criterios o indicadores que reflejan el estado en el cual se encuentra la estructura y función del sistema ecológico (Pyke et al. 2002) y está orientado a los servicios ecosistémicos.

Esta calificación del estado de conservación responde a ubicar los valores relativos recogidos en campo para poder ubicarlos en las diferentes escalas, en función a los indicadores de la florística del sitio, estabilidad del suelo e integridad biótica —que son evaluados— y, con el puntaje resultante de 0 a 10 representa el estado de conservación del ecosistema, de acuerdo al cuadro n.º4.

Cuadro n.º 4. Escala de calificación del estado de conservación

Escala	Valor relativo (%)	Estado
0 - 2	0 - 20	Muy pobre
2 - 4	20 - 40	Pobre
4 - 6	40 - 60	Regular
6 - 8	60 - 80	Bueno
8 - 10	80 -100	Muy bueno

Fuente: Guía complementaria para la compensación ambiental: ecosistemas altoandinos

En el cuadro n.º 5 se resume los resultados de la evaluación del estado de conservación de las parcelas de muestreo y su ubicación en coordenadas UTM, por cada ecosistema evaluado.

Cuadro n.º 5. Valoración del estado de conservación de los ecosistemas altoandinos

Nº	X	Y	Altitud (m)	Ecosistema	Distrito	Valor ecológico	Estado de conservación
1	377445	8698546	4682	Pajonal	Yauli	41	Regular
2	376071	8701668	4467	Césped	Yauli	25	Pobre
3	380497	8703573	4713	Césped	Yauli	44	Regular
4	379943	8702480	4657	Pajonal	Yauli	52	Regular
5	379822	8702246	4608	Pajonal	Yauli	55	Regular
6	379501	8701904	4490	Pajonal	Yauli	57	Regular
7	380375	8697376	4559	Pajonal	Yauli	100	Muy Bueno
8	380508	8697759	4442	Pajonal	Yauli	67	Bueno

Fuente: MINAM, 2017

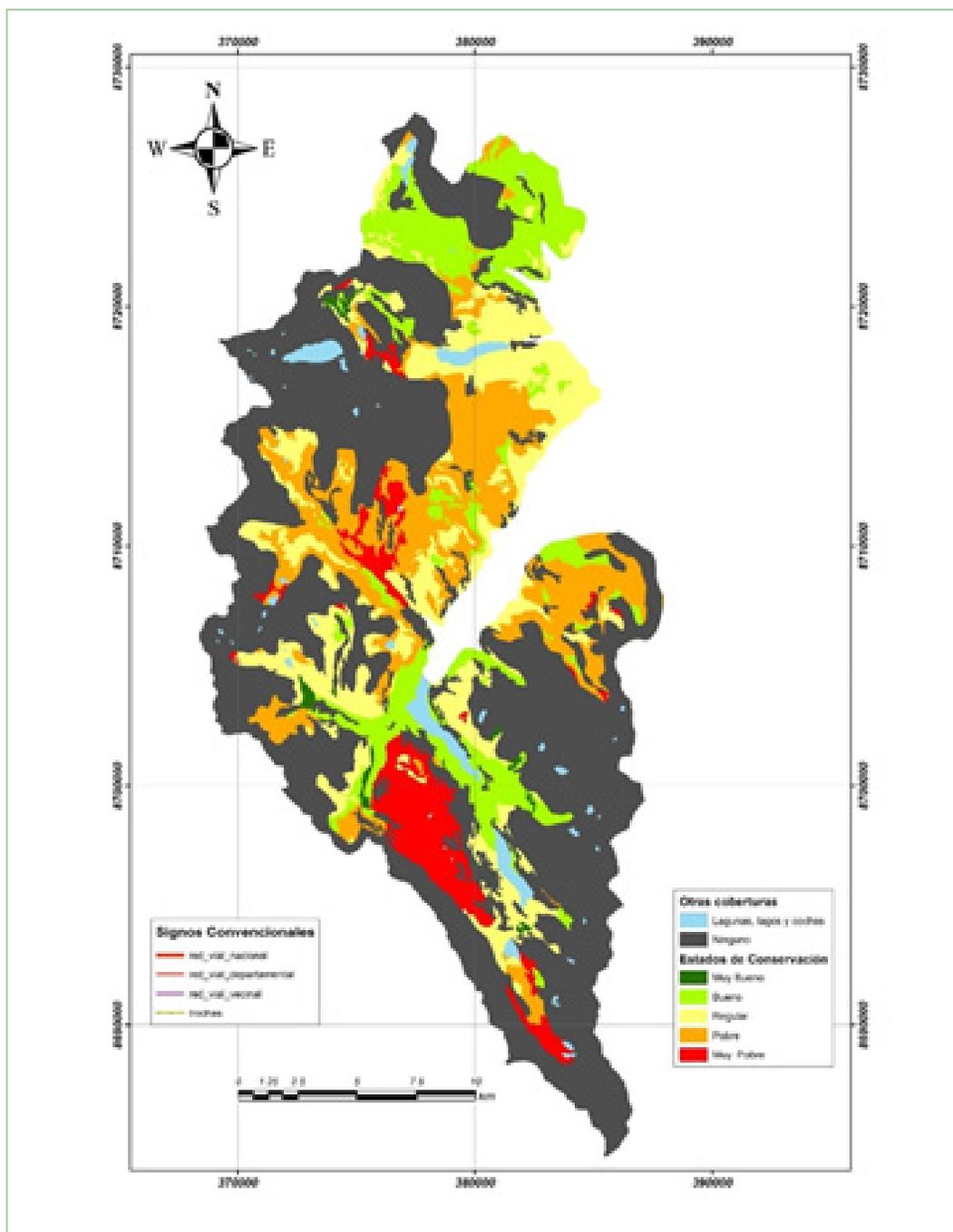
Luego de obtener el valor del estado de conservación a nivel de cada parcela evaluada, estas fueron extrapoladas hacia toda el área de la subcuenca, en base a los límites cartográficos de los tipos de ecosistemas, identificándose gráficamente en un mapa, tal como se muestra en la figura n.º 13.

Cabe mencionar que el ecosistema bofedal no fue considerado de prioridad por la poca superficie existente respecto al pajonal y al césped de puna.

Las áreas calificadas como “Muy pobre” que se muestran en el mapa, corresponden a aquellas que se encuentran muy degradadas y que no fue necesario levantar parcelas para su medición, sino que fueron calificadas en base a la observación directa en campo de determinados indicadores clave y fácilmente observables.

Respecto a las áreas de color gris calificado como “Ninguno”, corresponde a las áreas con escasa o nula vegetación, por lo que no fue necesaria su evaluación.

Figura n.º 13. Calificación del estado de conservación de los ecosistemas evaluados



Fuente: MINAM, 2017

6.5. Hidrología y servicio ecosistémico

6.5.1. Unidad de análisis subcuenca del río Yauli

La subcuenca del río Yauli tiene un área de 691 Km², se ubica en la provincia de Yauli, en el departamento de Junín, cuenca del río Mantaro, vertiente del Amazonas. Altitudinalmente, se emplaza entre los 3800 y 5000 m a lo largo de la cordillera central de los Andes. Su acceso es mediante la carretera central, por la parte baja y al interior de ella, a través de caminos no asfaltados que permiten llegar hasta cierta parte alta de la subcuenca.

La subcuenca de Yauli comprende los siguientes distritos: Yauli, el cual abarca el 59 % del área total de la subsubcuenca; Morococha, el cual representa el 20 %, Santa Rosa de Sacco, que comprende el 10 %; La Oroya, que representa el 7 % y Huay Huay, que abarca el 4 % del total del área.

El río Yauli tiene una pendiente media de 1,5 %; la altitud media de la subcuenca es de 4573 m y presenta tramos encajonados y pequeñas áreas onduladas como la zona de las lagunas Huallacocha y Pomacocha. El relieve topográfico es predominantemente abrupto y la temperatura media anual es de 3,2 °C.

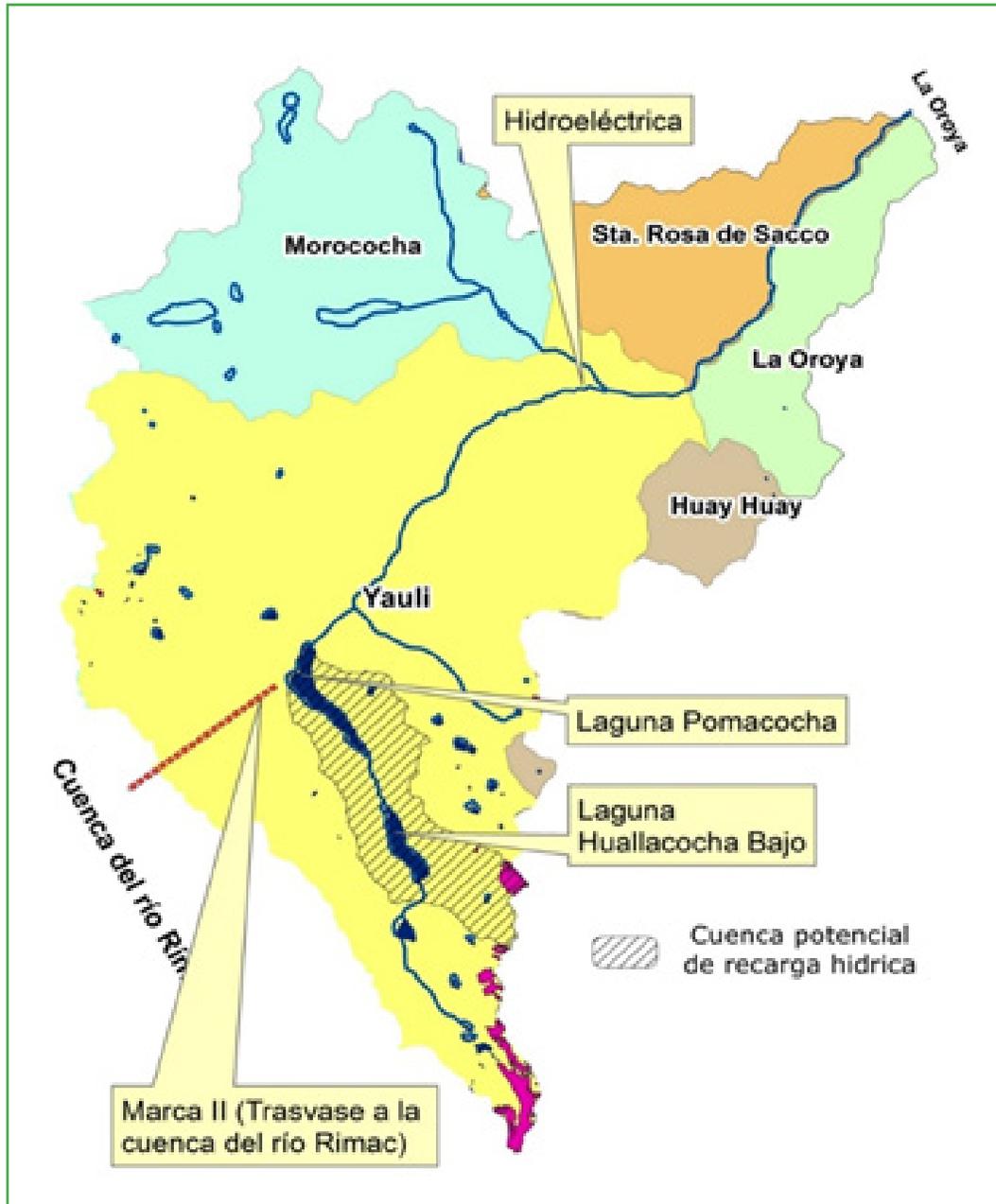
En la subsubcuenca del río Yauli, se tiene previsto el proyecto Marca II, el cual consiste en trabajar con las lagunas de Pomacocha y Huallacocha Bajo, para llevar sus aguas a la cuenca del río Rímac.

Cabe mencionar que las aguas de la subcuenca del río Yauli se contaminan aguas abajo de las citadas lagunas, por lo que no es aprovechado para consumo. Asimismo, el río Yauli es una fuente de contaminación de las aguas del río Mantaro, debido a que la principal actividad en dicha subcuenca es la actividad minera de las empresas Volcan y Chinalco. Los principales ecosistemas altoandinos en la citada subcuenca son el césped de puna, el pajonal de puna y los bofedales.

6.5.2 Área potencial de recarga hídrica

La conservación del sistema de las lagunas reguladas tanto para el uso hidroenergético de la central Pachachaca y para el futuro proyecto Marca II de Sedapal, de importancia en época de estiaje, se presenta en la figura n.º 14. Las áreas potenciales de recarga hídrica de la laguna Pomacocha y Huallacocha Bajo tienen un área aproximada de 42 Km² (figura n.º 14).

Figura n.º 14. Área o cuenca potencial de recarga hídrica



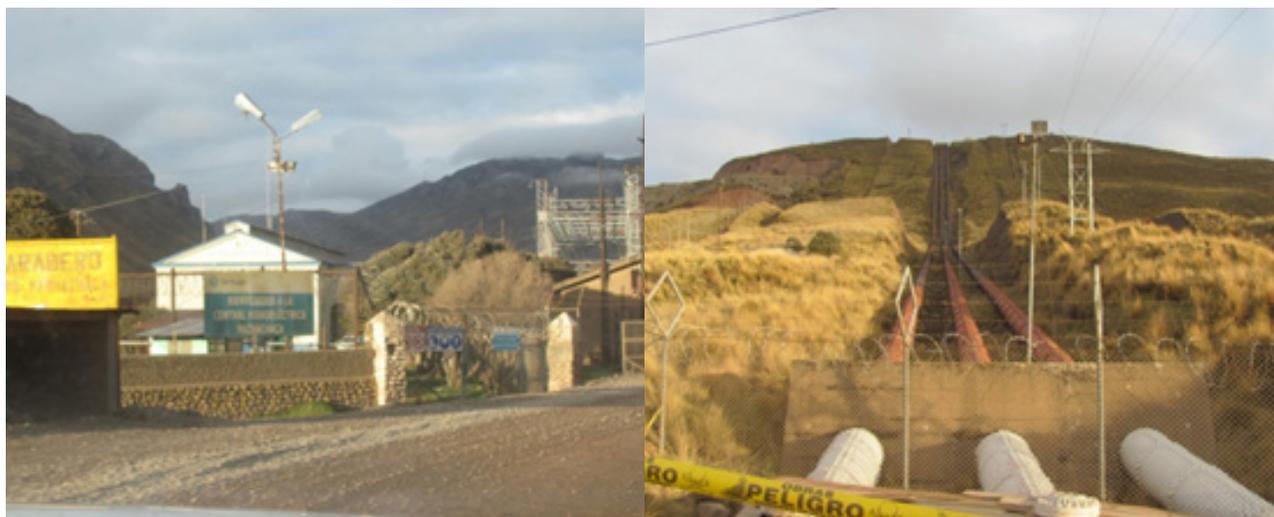
Fuente: MINAM, 2017

Existe la Central Hidroeléctrica Pachachaca, ubicada a 4031 m de altitud en el distrito de Yauli, en la región Junín. Pachachaca, junto con las centrales hidroeléctricas de La Oroya y Malpaso, fue inicialmente construida para abastecer la demanda propia de la actividad minera de Cerro de Pasco Copper Corporation, conformando el Departamento de Electricidad y Telecomunicaciones (DET) de esta compañía minera. En el año 2001, los activos de la DET fueron vendidos a la empresa Electroandes, compañía que fue privatizada y comprada por PSEG Global ese mismo año y operó la central hasta el 2007. A fines de ese año, SN Power Perú compró los activos de la Central Hidroeléctrica Pachachaca. Finalmente, en el 2014, Statkraft, principal accionista de SN Power Perú, pasó a tomar el control de sus activos y operación.

Las aguas utilizadas en la central de Pachachaca provienen de los embalses Pomacocha, Huallacocha Alta y Huallacocha Baja. El agua es posteriormente conducida, a través de un canal, hacia la cámara de carga Taza Nueva. También se abastece de la cuenca del río Pucará a partir del embalse de Taza Vieja, donde el agua se deriva por una tubería a la casa de máquinas y genera energía a través de tres unidades de generación y dos turbinas Pelton de eje horizontal por unidad.

Su capacidad instalada es 9,00 MW, con una potencia efectiva de 9,65 MW, con una generación anual igual a 49 GWh, con una altura bruta de 225,4 metros y un caudal de diseño igual a 6 m³/s (figura n.º 15).

Figura n.º 15. Central Hidroeléctrica Pachachaca



Fuente: MINAM, 2017

6.5.3. Climatología

a. Temperatura

Según la Municipalidad Distrital de Yauli (2017); el clima es predominantemente frígido, la temperatura, según la estación meteorológica de Tuctu, registra una media mensual entre 4,0 °C y 5,9 °C; sin una variación anual significativa y con una temperatura promedio anual de 5,0 °C. Esta escasa variabilidad es una característica propiamente de estas zonas, las bajas temperaturas son en promedio $-2,0$ °C.

Según Ambicho y Córdor (2013), el promedio anual de la temperatura media del aire presenta valores alrededor de los 4,3 °C en las partes altas de la cuenca, por encima de los 4000 m de altitud. La temperatura se incrementa llegando hasta 8,1 °C y 10,4 °C para el rango de altitud entre los 3000 y 4000 m de altitud. La temperatura oscila entre 14,6 °C y 17,4 °C para el rango de altitud entre los 2000 y 3000 m.

En el mes de julio se registran los valores más bajos de los promedios multianuales de la temperatura media del aire, con valores de hasta 6,9 °C. El promedio multianual de la temperatura media del aire tiene valores máximos en el mes de noviembre, cuando alcanza una temperatura de 9,0 °C (Ambicho y Córdor, 2013).

b. Humedad relativa

En la cuenca del río Mantaro, donde se ubica la subcuenca del río Yauli, la humedad relativa media anual tiene un rango de 80,12 % y 53,63 % entre los meses de enero a julio.

c. Precipitación

Según la Municipalidad Distrital de Yauli (2017), durante el año, los meses de enero y febrero son el periodo más lluvioso, registrándose valores entre 88,4 mm y 132,3 mm. En los meses de junio y julio, el periodo más seco, se registran valores entre 7,4 mm y 17,2 mm. Los valores de la precipitación promedio anual están entre 782,0 y 850,9 mm en la estación Huascacocha (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú-DR-11 Junín).

Según el IGP (2005), en la cuenca del río Mantaro, donde se ubica la subcuenca del río Yauli, las precipitaciones en promedio para toda la cuenca se inician en el mes de julio y se incrementan gradualmente en los meses de agosto y setiembre, haciéndose más significativas a partir de octubre hasta alcanzar valores máximos en febrero.

Los meses de mayores precipitaciones son enero, febrero y marzo; en abril, la precipitación disminuye bruscamente, para luego alcanzar los valores mínimos en junio. Este patrón se cumple en casi todas las estaciones de la cuenca. Asimismo, el 83 % de la precipitación anual ocurre entre los meses de octubre a abril, de los cuales el 48 % están distribuidos casi equitativamente entre los meses de enero, febrero y marzo.

La ANA (2010), realizó un análisis de varias estaciones de la cuenca del río Mantaro y tuvo como resultado la distribución de la precipitación media por altitud. El análisis contempla altitudes desde los 553 hasta los 4985 m (cuadro n.º 6).

Cuadro n.º 6. Precipitaciones medias mensuales de la cuenca del río Mantaro

Elevación msnm	Meses											
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
553-1000	180.64	162.96	154	97.18	56.92	39.38	38.9	50.9	81.04	111.84	116.24	155.02
1000-1500	195.1	171.9	170	106.8	67.3	44.4	42.9	55.9	91.3	119.8	121.2	165.2
1500-2000	138.20	123.15	123	66.40	35.10	19.15	23.45	29.60	57	73.55	77.30	112.35
2000-2500	124.93	118.23	111.57	51.13	26.23	12.57	16.57	20.87	44.27	59.60	64	94.13
2500-3000	130.97	127.99	125.55	57	29.84	14.33	20.86	24.79	52.85	66.21	71.31	103.96
3000-3500	127.12	135.90	131.96	49.25	22.95	9.80	14.18	22.76	43.36	60.09	64.89	90.89
3500-4000	131.72	145.75	140.17	62.46	27.72	10.71	13.33	23.68	45.65	69.65	73.97	104.77
4000-4500	132.83	147.55	140.45	65.83	24.51	9.16	11.46	19.62	43.74	68.31	72.41	107.75
4500-4985	144.45	153.65	143.92	71.09	23.40	7.25	9.18	15.15	39.78	63.50	71.01	110.02

Fuente: Elaboración ANA

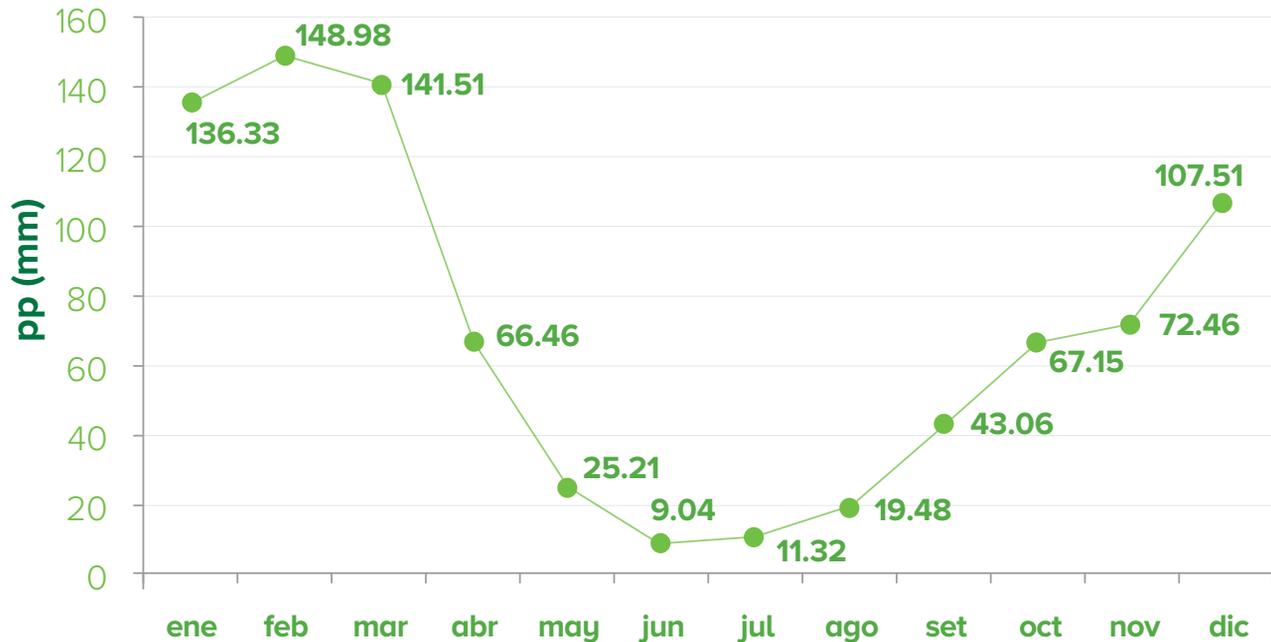
En tanto que la subcuenca del río Yauli se emplaza entre los 3800 y 5000 m de altitud, donde el promedio anual de la precipitación es igual a 849 mm (cuadro n.º 7). Los meses de enero a marzo son aquellos en los que más llueve, y los meses de junio y julio son los meses con las menores precipitaciones (figura n.º 16).

Cuadro n.º 7. Precipitaciones mensuales entre las altitudes de la subcuenca del río Yauli

Elevación m.s.n.m.	(mm)												total
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic	
3500-4000	131.72	145.75	140.17	62.46	27.72	10.71	13.33	23.68	45.65	69.65	73.97	104.77	859.58
4000-4500	132.83	147.55	140.45	65.83	24.51	9.16	11.46	19.62	43.74	68.31	72.41	107.75	843.62
4000-4985	144.45	153.65	143.92	71.09	23.40	7.25	9.18	15.15	39.78	63.50	71.01	110.02	852.40
Promedio	136.33	148.98	141.51	66.46	25.21	9.04	11.32	19.48	43.06	67.15	72.46	107.51	848.53

Fuente: ANA, 2010

Figura n.º 16. Variación de la precipitación mensual para la subcuenca del río Yauli



Fuente: ANA, 2010

6.5.4. Recurso hídrico

La subcuenca del río Yauli tiene como principales afluentes los ríos Pomacocha, Pucará y Rumichaca (figura n.º 17). El río Pomacocha-Yauli, con sus lagunas reguladas, es el afluente más importante, cuyas aguas son derivadas para fines energéticos. Asimismo, se sabe que dichas aguas son contaminadas por la actividad minera (Ambicho y Córdor, 2013).

La laguna más grande es la de Pomacocha (figura n.º 18), la cual incluye aguas arriba las lagunas de Huallacocha Baja y Huallacocha Alta. Asimismo, por el sector de Pucará se tienen las lagunas Huascacocha y Huacracocha.

El canal más grande de la subcuenca lo constituye el que sale de la laguna Pomacocha y llega a la central hidroeléctrica de Pachachaca. Este canal tiene una longitud de 15 km, está revestido en concreto y tiene una capacidad de conducción aproximada de 6 m³/s. Este canal es usado para fines energéticos (figura n.º 19).

Figura n.º 18. Vista de la laguna Pomacocha



Fuente: MINAM, 2017

Figura n.º 19. Canal principal en la subcuenca del río Yauli



Fuente: MINAM, 2017

a. Oferta hídrica

Según la ANA (2010), los caudales medios mensuales generados para el río Yauli, con el análisis de un periodo de tiempo comprendido entre 1965-2005, tiene como resultado que el caudal promedio anual es igual a 7,52 m³/s (237 MMC). Se observa que en los meses de enero a marzo se presentan los mayores caudales (cuadro n.º 8).

Su régimen hidrológico tiene dos etapas: I) etapa de avenidas, de enero a marzo y II) etapa de estiaje, de abril a diciembre. En la etapa de estiaje, el recurso hídrico que llega a la hidroeléctrica procede del manejo del sistema Pomacocha (figura n.º 20).

Cuadro n.º 8. Caudales medios mensuales (m³/s) en la cuenca del río Yauli

Río	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
Yauli	10,32	14,28	15,32	9,97	5,17	3,80	3,76	3,86	4,40	5,97	5,59	7,83	7,52

Fuente: ANA (2010).

Figura n.º 20. Variación de la precipitación mensual en la cuenca del río Yauli



Fuente: ANA, 2010

b. Demanda hídrica

La subcuenca del río Yauli tiene una orientación minera y energética, la cual ha influido en la demanda de agua. El sistema de uso de recursos hídricos de la cuenca —que incluye regulaciones y represamientos importantes (sistema Pomacocha y canales de derivación)— está orientado casi exclusiva y principalmente al uso energético en dos centrales hidroeléctricas, principalmente la Central Hidroeléctrica de Pachachaca y luego la Central Hidroeléctrica La Oroya.

Este sistema de uso de aguas está vigente desde 1950, en donde se acentúa la explotación minera en la cuenca. El sistema de uso energético se complica al existir la contaminación de aguas superficiales del río Yauli, a la cual se suma la grave contaminación del aire en la ciudad de La Oroya y áreas adyacentes de la cuenca.

En ese panorama, el uso agropecuario del agua es muy limitado, aun existiendo comunidades campesinas en la zona. Para el uso agropecuario (riego de pastos cultivados en altura) solo quedarían las muy escasas fuentes no contaminadas de pequeños manantiales y afluentes menores muy limitados. Los efectos de la contaminación del río Yauli se sienten hasta sectores más allá del límite de la cuenca (ANA, 2010).

Proyecto Marca II

Según SEDAPAL (2012), el proyecto Marca II radica en trasvasar el agua de la subcuenca del río Yauli hacia la cuenca del río Rímac, con la finalidad de abastecer de agua potable a la ciudad de Lima.

El proyecto consiste básicamente en la derivación de las aguas superficiales de las lagunas Huallacocha Bajo y Pomacocha para regular el caudal del río Blanco y aportar 2m³/s a la cuenca del Rímac en época de estiaje, aguas que serán captadas y potabilizadas en la planta de la Atarjea.

Las principales obras civiles e hidráulicas son la construcción de un túnel transandino de 10 kilómetros en la cordillera de los Andes hacia el río Blanco, la elevación de dos presas para el almacenamiento y la regulación de 120 MMC, la captación de aguas de 10 quebradas tributarias y 42.5 km de canales colectores a la represa Pomacocha (figura n.º 21).

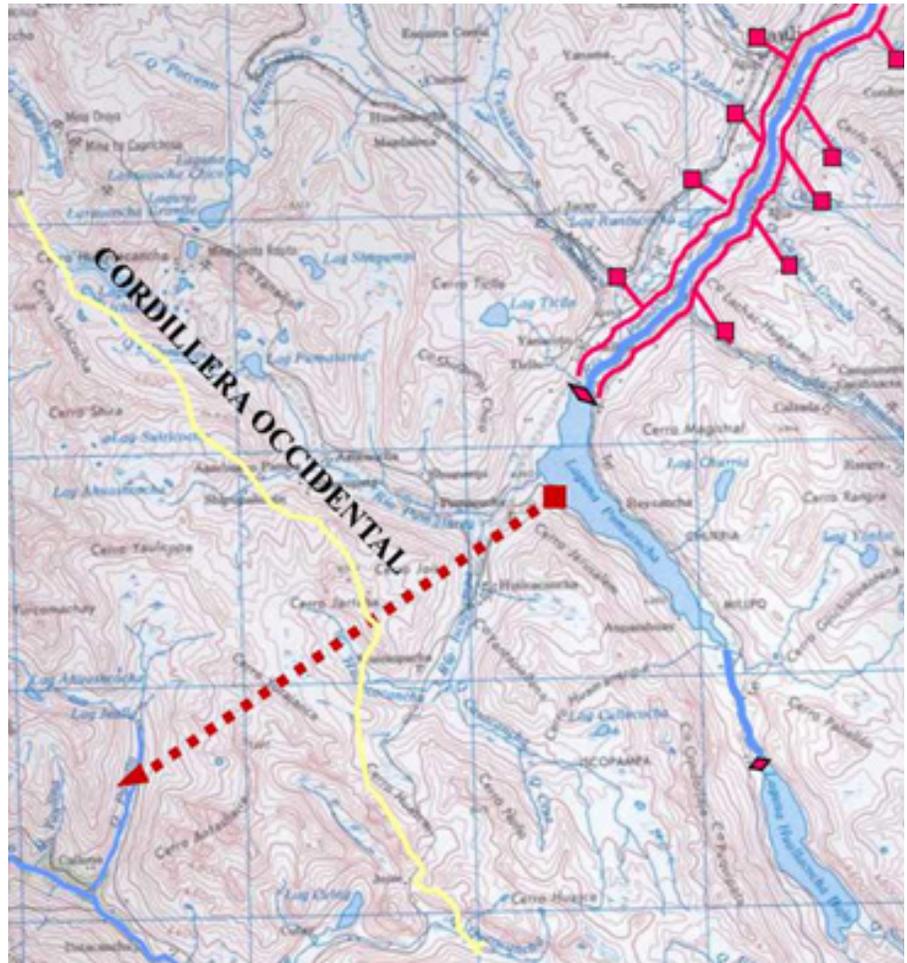
El proyecto Marca II se desarrollará entre las provincias de Yauli (Junín) y Huarochirí (Lima). El propósito de este proyecto es suplir las deficiencias de recursos hídricos en los periodos de estiaje.

Figura n.º 21. Mapa del proyecto Marca II

MARCA II

- Río Yauli con lagunas Pomacocha, Huallacocha Bajo
- Elevación de 2 Presas para almacenamiento y regulación de 120MMC
- Captaciones en 10 Quebradas Tributarias del Yauli
- 42.5 km. de Canales Colectores a Represa Pomacocha
- Tunel Trasandino de Pomacocha - Río Blanco (10 km.)
- Quebrada receptora y Río Blanco

Al río Rímac



Fuente: MINAM, 2017

6.5.5. Beneficiarios y contribuyentes del servicio ecosistémico hidrológico

El servicio ecosistémico de regulación hídrica tendrá como potencial beneficiario directo a los usuarios de agua para la generación de energía. El desarrollo de esta actividad beneficiará a la población de la subcuenca. Como beneficiario indirecto se tiene principalmente a las empresas mineras instaladas.

Para el caso del proyecto Marca II, el potencial beneficiario directo a los usuarios de agua sería Sedapal y la población que recibiría el servicio de agua potable.

Con relación a los contribuyentes, actores que ayudarán a la conservación, recuperación y uso sostenible de las fuentes de los servicios ecosistémicos hídricos, según sea el caso de la intervención, son las comunidades humanas que se encuentran relacionadas directamente con las zonas a intervenir por los proyectos de recuperación, conservación o uso sostenible. (cuadro n.º 9).

Cuadro n.º 9. Beneficiarios directos, indirectos y contribuyentes

Análisis	Servicio ecosistémico	Beneficiarios directos del SEH	Beneficiarios indirectos del SEH	Contribuyentes del SEH identificados
Para el caso de las aguas reguladas para uso hidroenergético	Regulación Hídrica	Central hidroeléctrica Pachachaca y la población	Empresas mineras instaladas	Población involucrada directamente y ubicada en la parte alta de la subcuenca del río Yauli
Para el caso de las aguas reguladas. Proyecto Marca II.	Regulación Hídrica	Empresa Sedapal y la población que recibe el servicio de agua potable	Otros usuarios que tengan relación con el futuro proyecto en la cuenca del río Rímac	Población involucrada directamente y ubicada en la parte alta de la subcuenca del río Yauli

Fuente: MINAM, 2017

7. Conclusiones y recomendaciones

- De los tres (3) ecosistemas altoandinos (> 3800 m de altitud) identificados en la subcuenca del río Yauli, fueron evaluados en la época seca dos de ellos, el pajonal de puna y el césped de puna, debido a que ocupan la mayor superficie de la subcuenca y por la importancia como fuente forrajera de la actividad pecuaria.
- De las ocho (8) parcelas evaluadas, cinco (5) parcelas resultaron con estado de conservación “regular” y las restantes calificaron como “pobre”, “bueno” y “muy bueno”. Esto es debido a que el sobrepastoreo viene ocasionando la degradación de los ecosistemas conformados por pasturas naturales.
- El servicio ecosistémico de regulación hídrica tendrá como potencial beneficiario directo a los usuarios de agua para la generación de energía, donde a través del desarrollo de dicha actividad es beneficiada la población de la subcuenca. Como beneficiario indirecto se tendrá principalmente a las empresas mineras instaladas.
- Al implementar el mecanismo de retribución por servicios ecosistémicos hídricos, los contribuyentes, conformados por las comunidades campesinas asentadas en la subcuenca, se verán beneficiados a través de las acciones de conservación y recuperación de los pastizales, lo cual se reflejaría en sus mayores ingresos económicos.
- Para implementar el MERESE en la subcuenca, se requiere aún completar el estudio con el diagnóstico social y económico.

8.

Bibliografía

- **ANA. 2010.** *Evaluación del recurso hídrico en la cuenca del Rímac.*
- **MIMAM. 2015.** *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal.*
- **MINAM. 2014.** *Ley de mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos.* Ley n.º 32215.
- **MINAM. 2016.** *Guía complementaria para la compensación ambiental: ecosistemas altoandinos pajonal* (Resolución Ministerial n.º 183-2016-MINAM).
- **MINAM. 2016.** *Reglamento de la Ley de mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos.* Decreto Supremo n.º 009-2016-MINAM.
- **ONERN, 1976.** *Mapa Ecológico del Perú. Memoria Explicativa.* Lima, ONERN. 147 p.
- **ONERN. 1975.** *Inventario y evaluación de los recursos naturales de la zona del proyecto Marcapomacocha.* Lima, ONERN. 585 p.

9.

Anexos

Anexo n.º 1.
Ficha resumen de
parcelas de evaluación

Parcela 1:

Indicadores	Área de referencia (AR)		Pajonal de puna - parcela 1		
	Valor	Puntaje	Valor	(%) AR	Puntaje
Riqueza (número de especies)					
• Gramíneas y graminoides	6	7	4	66,7	5
• Hierbas	11	1	12	109,1	1
• Arbustos	2	2	0	AR	0
Composición florística (%)					
• Gramíneas y graminoides	70	7	65	92,86	7
• Hierbas	25	1	35	140,0	1
• Arbustos	5	2	0	0	0
Cobertura aérea (%)	35	8	37	105,7	8
Suelo desnudo superficial (%)	1	8	20	---	0
Pérdida de suelo superficial	Nula	20	Moderado		5
Materia orgánica de horizonte superficial	6.9	4	1,88	27,25	2
Altura de la canopia de plantas importantes (cm)	31	2	7,5	24,2	0
Cantidad de biomasa aérea (g/m ²)	216	19	65,54	30,3	6
Cantidad de mantillo (g/m ²)	253	13	32,24	< 20%	0
Plantas invasoras (%)	4	6	9	---	6
Puntaje	---	100	---	---	41
Puntaje relativo (%)	---	100	---	---	41
Estado de conservación		Muy Bueno			Regular

Fuente: Minam, 2018

Parcela 2:

Indicadores	Área de referencia (AR)		Pajonal de puna - parcela 2		
	Valor	Puntaje	Valor	(%) AR	Puntaje
Riqueza (número de especies)					
• Gramíneas y gramínoideas	19	7	4	21,1	3
• Hierbas	11	1	10	90,9	1
• Arbustos	0	2	1	> AR	2
Composición florística (%)					
• Gramíneas y gramínoideas	50	7	12,9	25,8	3
• Hierbas	50	1	87,1	174,2	1
• Arbustos	0	2	0	0	0
Cobertura aérea (%)	90	8	37,7	41,9	3
Suelo desnudo superficial (%)	0	8	28	---	0
Pérdida de suelo superficial	Nula	20	Moderado		5
Materia orgánica de horizonte superficial	8	4	6,21	77,625	4
Altura de la canopia de plantas importantes (cm)	15	2	2,1	14,0	0
Cantidad de biomasa aérea (g/m ²)	58	19	8,3	14,3	0
Cantidad de mantillo (g/m ²)	10	13		< 20% AR	0
Plantas invasoras (%)	0	6	17	---	3
Puntaje	---	100	---	---	25
Puntaje relativo (%)	---	100	---	---	25
Estado de conservación		Muy Bueno			Pobre

Fuente: Minam, 2018

Parcela 3:

Indicadores	Área de referencia (AR)		Pajonal de puna - parcela 3		
	Valor	Puntaje	Valor	(%) AR	Puntaje
Riqueza (número de especies)					
• Gramíneas y graminoides	19	7	5	31,6	3
• Hierbas	11	1	12	109,1	1
• Arbustos	0	2	1	> AR	2
Composición florística (%)					
• Gramíneas y graminoides	50	7	29,4	58,8	5
• Hierbas	50	1	70,6	141,2	1
• Arbustos	0	2	0	0	0
Cobertura aérea (%)	90	8	54,5	60,6	6
Suelo desnudo superficial (%)	0	8	14	---	0
Pérdida de suelo superficial	Nula	20	Leve		15
Materia orgánica de horizonte superficial	8	4	6,79	84,875	4
Altura de la canopia de plantas importantes (cm)	15	2	4,1	27,3	1
Cantidad de biomasa aérea (g/m ²)	58	19	5,3	9,1	0
Cantidad de mantillo (g/m ²)	10	13		< 20% AR	0
Plantas invasoras (%)	0	6	7	---	6
Puntaje	---	100	---	---	44
Puntaje relativo (%)	---	100	---	---	44
Estado de conservación		Muy Bueno			Regular

Fuente: Minam, 2018

Parcela 4:

Indicadores	Área de referencia (AR)		Pajonal de puna - parcela 4		
	Valor	Puntaje	Valor	(%) AR	Puntaje
Riqueza (número de especies)					
• Gramíneas y graminoides	6	7	5	83,3	5
• Hierbas	11	1	14	127,3	1
• Arbustos	2	2	1	50	1
Composición florística (%)					
• Gramíneas y graminoides	70	7	77	110	7
• Hierbas	25	1	21	84,0	1
• Arbustos	5	2	2	0	0
Cobertura aérea (%)	35	8	31	88,6	8
Suelo desnudo superficial (%)	1	8	16	---	0
Pérdida de suelo superficial	Nula	20	Leve		15
Materia orgánica de horizonte superficial	6.9	4	5,65	81,884058	2
Altura de la canopia de plantas importantes (cm)	31	2	22,1	71,3	0
Cantidad de biomasa aérea (g/m ²)	216	19	141	65,3	6
Cantidad de mantillo (g/m ²)	253	13	194	76,7	0
Plantas invasoras (%)	4	6	7	---	6
Puntaje	---	100	---	---	52
Puntaje relativo (%)	---	100	---	---	52
Estado de conservación		Muy Bueno			Regular

Fuente: Minam, 2018

Parcela 5:

Indicadores	Área de referencia (AR)		Pajonal de puna - parcela 5		
	Valor	Puntaje	Valor	(%) AR	Puntaje
Riqueza (número de especies)					
• Gramíneas y gramínoideas	6	7	6	100	7
• Hierbas	11	1	11	100	1
• Arbustos	2	2	2	100	2
Composición florística (%)					
• Gramíneas y gramínoideas	70	7	70	100	7
• Hierbas	25	1	25	100	1
• Arbustos	5	2	5	100	2
Cobertura aérea (%)	35	8	29	82,9	6
Suelo desnudo superficial (%)	1	8	22	---	0
Pérdida de suelo superficial	Nula	20	Moderado		5
Materia orgánica de horizonte superficial	6,9	4	5,52	80	4
Altura de la canopia de plantas importantes (cm)	31	2	14,8	47,7	1
Cantidad de biomasa aérea (g/m ²)	216	19	140	64,8	12
Cantidad de mantillo (g/m ²)	253	13	127	50,2	4
Plantas invasoras (%)	4	6	12	---	3
Puntaje	---	100	---	---	55
Puntaje relativo (%)	---	100	---	---	55
Estado de conservación		Muy Bueno			Regular

Fuente: Minam, 2018

Parcela 6:

Indicadores	Área de referencia (AR)		Pajonal de puna - parcela 6		
	Valor	Puntaje	Valor	(%) AR	Puntaje
Riqueza (número de especies)					
• Gramíneas y gramínoideas	6	7	6	100	7
• Hierbas	11	1	13	118,2	1
• Arbustos	2	2	1	50	1
Composición florística (%)					
• Gramíneas y gramínoideas	70	7	71	101,428571	7
• Hierbas	25	1	23	92	1
• Arbustos	5	2	6	100	2
Cobertura aérea (%)	35	8	25	71,4	6
Suelo desnudo superficial (%)	1	8	7	---	0
Pérdida de suelo superficial	Nula	20	Moderado		5
Materia orgánica de horizonte superficial	6,9	4	5,81	84.2028986	4
Altura de la canopia de plantas importantes (cm)	31	2	19,9	64,2	1
Cantidad de biomasa aérea (g/m ²)	216	19	135	62,5	12
Cantidad de mantillo (g/m ²)	253	13	66	26,1	4
Plantas invasoras (%)	4	6	8	---	6
Puntaje	---	100	---	---	57
Puntaje relativo (%)	---	100	---	---	57
Estado de conservación		Muy Bueno			Regular

Fuente: Minam, 2018

Parcela 7:

Indicadores	Área de referencia (AR)		Pajonal de puna - parcela 7		
	Valor	Puntaje	Valor	(%) AR	Puntaje
Riqueza (número de especies)					
• Gramíneas y graminoides	6	7			
• Hierbas	11	1			
• Arbustos	2	2			
Composición florística (%)					
• Gramíneas y graminoides	70	7			
• Hierbas	25	1			
• Arbustos	5	2			
Cobertura aérea (%)	35	8			
Suelo desnudo superficial (%)	1	8			
Pérdida de suelo superficial	Nula	20			
Materia orgánica de horizonte superficial	6.9	4			
Altura de la canopia de plantas importantes (cm)	31	2			
Cantidad de biomasa aérea (g/m ²)	216	19			
Cantidad de mantillo (g/m ²)	253	13			
Plantas invasoras (%)	4	6			
Puntaje	---	100			
Puntaje relativo (%)	---	100			
Estado de conservación		Muy Bueno			

Fuente: Minam, 2018

Parcela 8:

Indicadores	Área de referencia (AR)		Pajonal de puna - parcela 8		
	Valor	Puntaje	Valor	(%) AR	Puntaje
Riqueza (número de especies)					
• Gramíneas y graminoides	6	7	5	83,3	7
• Hierbas	11	1	11	100	1
• Arbustos	2	2	1	50	1
Composición florística (%)					
• Gramíneas y graminoides	70	7	65	92,8571429	7
• Hierbas	25	1	29	116,0	1
• Arbustos	5	2	6	100	2
Cobertura aérea (%)	35	8	32	91,4	6
Suelo desnudo superficial (%)	1	8	5	---	0
Pérdida de suelo superficial	Nula	20	Leve		15
Materia orgánica de horizonte superficial	6.9	4	4.62	66,9565217	4
Altura de la canopia de plantas importantes (cm)	31	2	29	93,5	1
Cantidad de biomasa aérea (g/m ²)	216	19	244	113,0	12
Cantidad de mantillo (g/m ²)	253	13	214	84,6	4
Plantas invasoras (%)	4	6	8	---	6
Puntaje	---	100	---	---	67
Puntaje relativo (%)	---	100	---	---	67
Estado de conservación		Muy Bueno			Bueno

Fuente: Minam, 2018

Anexo n.º 2 Panel fotográfico

Parcela 1: Pajonal de puna



Fuente: Minam

Parcela 2: Césped de puna



Fuente: Minam

Parcela 1: Pajonal de puna



Fuente: Minam

Parcela 2: Césped de puna



Fuente: Minam

Parcela 5: Pajonal de puna



Fuente: Minam

Parcela 6: Pajonal de puna



Fuente: Minam

Parcela 7: Pajonal de puna



Fuente: Minam

Parcela 8: Pajonal de puna



Fuente: Minam



Foto: Michel León / Merese-Fida



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

EL PERÚ PRIMERO

Ministerio del Ambiente
Av. Antonio Miroquesada 425
Magdalena del Mar, Lima - Perú
(511) 611 - 6000
www.gob.pe/minam