



**“CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA CUENCA DEL RÍO SHULLCAS
(HUAYTAPALLANA) Y DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CACHI, COMO FUENTES
DE AGUA Y DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS HIDROLÓGICOS PARA LAS
EMPRESAS DE AGUA POTABLE LOCALES”**

INFORME DHR DE LA SUBCUENCA DEL RÍO SHULLCAS

Elaborado por:



CONDESAN
Consortio para el Desarrollo Sostenible
de la Ecorregión Andina

Enero, 2015

Con el apoyo de:



Contenido

INTRODUCCIÓN.....	1
I. DIAGNÓSTICO BASE.....	3
1.1 Identificación y descripción de la Unidad de Análisis	3
1.1.1 Captaciones de la EPS y cuencas de aporte	4
1.1.2 Otras captaciones, cuencas de interés y territorios relevantes.....	5
1.1.3 Conclusiones de la unidad de análisis.....	5
1.2 Análisis de Oferta Hídrica en la unidad de análisis	5
1.2.1 Cuáles son las Fuentes y tipo	5
1.2.2 Monitoreo Hidrometeorológico (comportamiento de las fuentes)	7
1.3 Análisis de la Demanda Hídrica en la unidad de análisis	8
1.3.1 Uso actual del agua por parte de la SEDAM HUANCAYO.....	9
1.3.2 Tendencias del uso del Agua en la unidad de análisis	10
1.3.3 Principales problemas relacionados con la demanda del agua	10
1.3.4 Conclusiones sobre demanda hídrica en la unidad de análisis.....	11
1.4 Análisis de Actores	11
1.4.1 Identificación de actores y su relación con la gestión del agua.....	11
1.4.2 Mapa de actores y oportunidades de colaboración	13
1.4.3 Conflictos entre actores.....	15
1.4.4 Conclusiones sobre los actores involucrados	15
1.5 Análisis de los Servicios Ecosistémicos Hídricos	15
1.5.1 Identificación de los SEH en la unidad de análisis.....	16
1.5.2 Priorización de los SEH.....	16
1.5.3 Beneficiarios y contribuyentes de los SEH	17
1.5.4 Cambios en el uso del suelo y su impacto en los SEH.....	18
1.5.5 Conclusiones sobre el grado de conocimiento de los SEH.....	19
1.6 Análisis del impacto de las acciones implementadas o en proyecto.....	19
1.6.1 Impacto de las acciones sobre los SEH.....	20
1.6.2 Conclusiones sobre el impacto de las acciones implementadas o en proyecto.....	24
II. PROPUESTAS PARA LA ACCION	25
2.1 Proceso Metodológico para la priorización de Acciones	25



2.2	Acciones directas, implementadas dentro del área a conservar y/o preservar.	26
2.3	Acciones indirectas, implementadas fuera del área de interés.....	28
2.4	Recomendaciones de acciones generales.....	29
2.5	Indicadores para el monitoreo hidrológico.....	30
2.6	Estrategias de Monitoreo Hidrológico	31
2.6.1	Monitoreo Hidrológico en cuencas pares	31
III.	BIBLIOGRAFIA	34
IV.	ANEXOS	35
4.1	Metodología “Diagnostico Hidrológico Rápido – DHR”	35
4.1.1	Metodología	35
4.1.2	Recorrido de la microcuenca con entrevistas a los actores.....	36
4.1.3	Socialización de resultados preliminares	39
4.2	Fichas DHR.....	40
4.3	Registro Fotográfico.....	52
4.4	Ejemplos de equipos para el monitoreo hidrológico	54
4.5	Protocolo IMHEA.....	58



Índice de Tablas

Tabla 1 Fuentes Subterráneas utilizadas por la SEDAM Huancayo	6
Tabla 2 Lagunas reguladas por la SEDAM Huancayo	6
Tabla 3 Capacidad de producción de las fuentes subterráneas de la SEDAM Huancayo	9
Tabla 4 Actores en la unidad de análisis	11
Tabla 5 Aportes o posibles contribuciones de los Actores en la Unidad de Análisis	13
Tabla 6 Beneficiarios y contribuyentes en la Unidad de Análisis.....	17
Tabla 7 Cambios en el uso del suelo e impactos en los SEH de la Unidad de Análisis.....	18
Tabla 8 Beneficios Hidrológicos de las acciones implementadas o en proyecto para los MRSE.....	21

Índice de Figuras

Figura 1 Mapa de ubicación de Huancayo.....	3
Figura 2 Mapa de las fuentes hídricas para la ciudad de Huancayo.....	4
Figura 3 Tipo de actores involucrados en la unidad de análisis.....	12
Figura 4 Mapa de actores en la unidad de análisis	13
Figura 5 Priorización de SEH en la unidad de análisis para la SEDAM Huancayo	17
Figura 6 Proceso Metodológico para la priorización de acciones.....	26
Figura 7 Propuesta de acciones directas, a implementar dentro de las microcuencas de aporte..	27
Figura 8 Propuesta de acciones indirectas, a implementar fuera de las microcuencas de aporte.	28
Figura 9 Indicadores de impacto y objetivo propuestos para la unidad de análisis.....	30
Figura 10 Muestra un pluviómetro instalado en campo y generando datos y en la derecha los detalles del pluviógrafo de balancines.....	32
Figura 11 Sistema de Monitoreo para determinar el impacto de las acciones de Conservación propuestos por el MRSE.....	32



GLOSARIO DE SIGLAS Y ACRONIMOS

ACR:	Área de Conservación Regional
ACR Huaytapallana	Área de Conservación Regional Huaytapallana
ALA:	Autoridad Local del Agua
ANA:	Autoridad Nacional del Agua
CARE Perú	Organización internacional de Desarrollo, , sin fines de lucro, sin fines políticos ni religiosos.
CPWF	Challenge Program on Water and Food
CONDESAN:	Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecoregión Andina
CUT:	Cambio de uso de la tierra
DHR:	Diagnóstico Hidrológico Rápido
EPS:	Empresa prestadora de Servicios de agua potable y saneamiento
iMHEA:	Iniciativa de Monitoreo Hidrológico de Ecosistemas Andinos.
IWS:	Investments in Watershed Services
MINAM:	Ministerio del Ambiente
MRSE:	Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos
OMS:	Organización Mundial de la Salud
ONG:	Organización No Gubernamental
PMO:	Planes Maestro Optimizados
PRODERN	Programa de Desarrollo Económico Sostenible y Gestión Estratégica de los Recursos Naturales en Apurímac, Ayacucho, Huancavelica, Junín y Pasco
RSE:	Retribución por Servicios Ecosistémicos
SEH:	Servicios Ecosistémicos Hídricos
SEDAM Huancayo S:A:	Empresa de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Municipal de Huancayo
SUNASS:	Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento



INTRODUCCIÓN

El Programa Desarrollo Económico Sostenible y Gestión Estratégica de los Recursos Naturales en las Regiones de Apurímac, Ayacucho, Huancavelica, Junín y Pasco (PRODERN), surge de un Convenio Específico suscrito en abril de 2012, entre la República del Perú y el Reino de Bélgica.

El objetivo general del PRODERN: nivel de pobreza de los hombres y mujeres de las regiones considerados en el ámbito del Programa reducido, conservando y aprovechando sosteniblemente los recursos naturales y la diversidad biológica, tomando en cuenta las necesidades de las generaciones futuras; y, el objetivo específico: Al 2018, los Recursos Naturales, la Diversidad Biológica y los servicios ecosistémicos en el ámbito de influencia son identificados, evaluados, valorados, conservados y utilizados de acuerdo a una planificación del desarrollo en el marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental y la Política Nacional Ambiental (PNA), orientado a una mayor productividad, competitividad y acceso a mercados para los hombres y mujeres que inicialmente vivían en pobreza y extrema pobreza.

Considerando lo anterior, PRODERN viene realizando diversas acciones en las cuencas del río Huaytapallana y del río Cachi; proveedoras del agua para el abastecimiento de servicio de agua potable para las ciudades de Huancayo (Junín) y Ayacucho (Ayacucho), respectivamente. En dichas ciudades existe una creciente demanda de agua para consumo humano como consecuencia de la migración de la población rural a las áreas urbanas de esta región.

En este contexto, PRODERN, solicita la elaboración de un estudio con el propósito de generar insumos para comprender mejor los procesos hidrológicos y la demanda de agua para aproximar los posibles impactos de las acciones de conservación desde las empresas de agua potable, en el marco de “mecanismos de compensación ambiental y manejo de cuencas”, previsto en la Ley de Modernización de los Servicios de Saneamiento.

CONDESAN, es una organización No Gubernamental, que cuenta con experiencia técnica vinculada a la gobernanza del agua; en trabajo conjunto con distintos actores de la Región Andina, ha desarrollado y/o fortalecido el conocimiento integral de la dinámica hidrológica de las cuencas, buscando reducir las barreras existentes que complejizan la toma de decisiones para compartir los beneficios ecosistémicos entre los diversos actores, a diferente escala.

Entre las experiencias de generación de información y aprendizajes para la toma de decisiones se pueden mencionar al "Challenge Program on Water and Food (CPWF)" ; la "Iniciativa de Monitoreo Hidrológico de Ecosistemas Andinos" y el "Investments in Watershed Services (IWS) - Perú" . Estas experiencias han servido como base para desarrollar herramientas adecuadas para los objetivos planteados en los diferentes contextos, entre ellas se encuentra el “Diagnóstico Hidrológico Rápido” (DHR).

Esta experiencia desarrollada por CONDESAN, fue solicitada por el MINAM y SUNASS para la implementación de DHR, en tres cuencas piloto priorizadas: Mariño (Apurímac), Mishquiyacu, Rumiyacu y Almendra (San Martín) y Tilacancha (Amazonas), que abastecen de agua potable a través de las EPS locales, a las ciudades de Abancay, Moyobamba y Chachapoyas respectivamente; para facilitar la identificación de acciones ambientales efectivas. La SUNASS priorizó la atención a estas cuencas debido a que las EPS que se encuentran en ellas (EMUSAP Abancay, EMUSAP S.R.L. y EPS Moyobamba), modificarán sus tarifas de agua potable este año (2014) con miras al siguiente quinquenio. No obstante, el MINAM y SUNASS vienen identificando otras cuencas para aplicar también el DHR.



Como producto de la intervención de los DHR en estas tres cuencas se ha generado una guía metodológica, de manera que sirva para la identificación e implementación de acciones de conservación, recuperación y uso sostenible en todas las cuencas donde operan las EPS del país; buscando facilitar la incorporación de dichas acciones en los Planes Maestros Optimizados (PMO) y los estudios tarifarios correspondientes. La aplicación de esta Guía también puede contribuir con la formulación de los Planes de Conservación Ambiental y Manejo de Cuencas (PCA) y Convenios con las comunidades, según sea el caso, requeridos para aplicación del incremento tarifario.

Con estos antecedentes, PRODERN ha solicitado a CONDESAN implementar el DHR en ambas cuencas (Shullcas y Cachi) para comprender mejor los procesos hidrológicos y la demanda de agua, consecuentemente aproximar los posibles impactos de las acciones de conservación desde las empresas de agua potable.

El presente informe corresponde a la presentación de resultados del DHR desarrollado para la microcuenca del río Shullcas (Huaytapallana), que abastece de agua a la SEDAM Huancayo S.A., Empresa de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Municipal de Huancayo S.A. El documento presenta el análisis en dos secciones principales, la primera corresponde a un diagnóstico que describe el estado actual de la cuenca, y la segunda identifica acciones efectivas en beneficio de los SEH.



I. DIAGNÓSTICO BASE

En esta sección se describe el estado actual de la microcuenca del río Shullcas, lo que incluye el análisis de temas elementales para tener una visión integral. Dicha visión servirá para tomar decisiones sustentables y de beneficio común entre los diferentes actores en la microcuenca.

Al final de cada tema tratado en esta sección, se hace un análisis de dicho tema a manera de conclusiones.

1.1 Identificación y descripción de la Unidad de Análisis

El objetivo de este primer punto es identificar el ámbito espacial de acción y análisis, para en base a éste, desarrollar el diagnóstico hidrológico. Principalmente, la zona de interés son las áreas de aporte a las fuentes hídricas de la EPS; sin embargo, es importante identificar zonas cercanas o aledañas en las que exista o se proyecte iniciativas de conservación y/o retribución.

En la microcuenca del río Shullcas se encuentran las fuentes hídricas para la población de la ciudad de Huancayo, la cual está ubicada en la región Junín, provincia Huancayo, en los distritos Huancayo y el Tambo (ver Figura 1).

Figura 1 Mapa de ubicación de Huancayo.



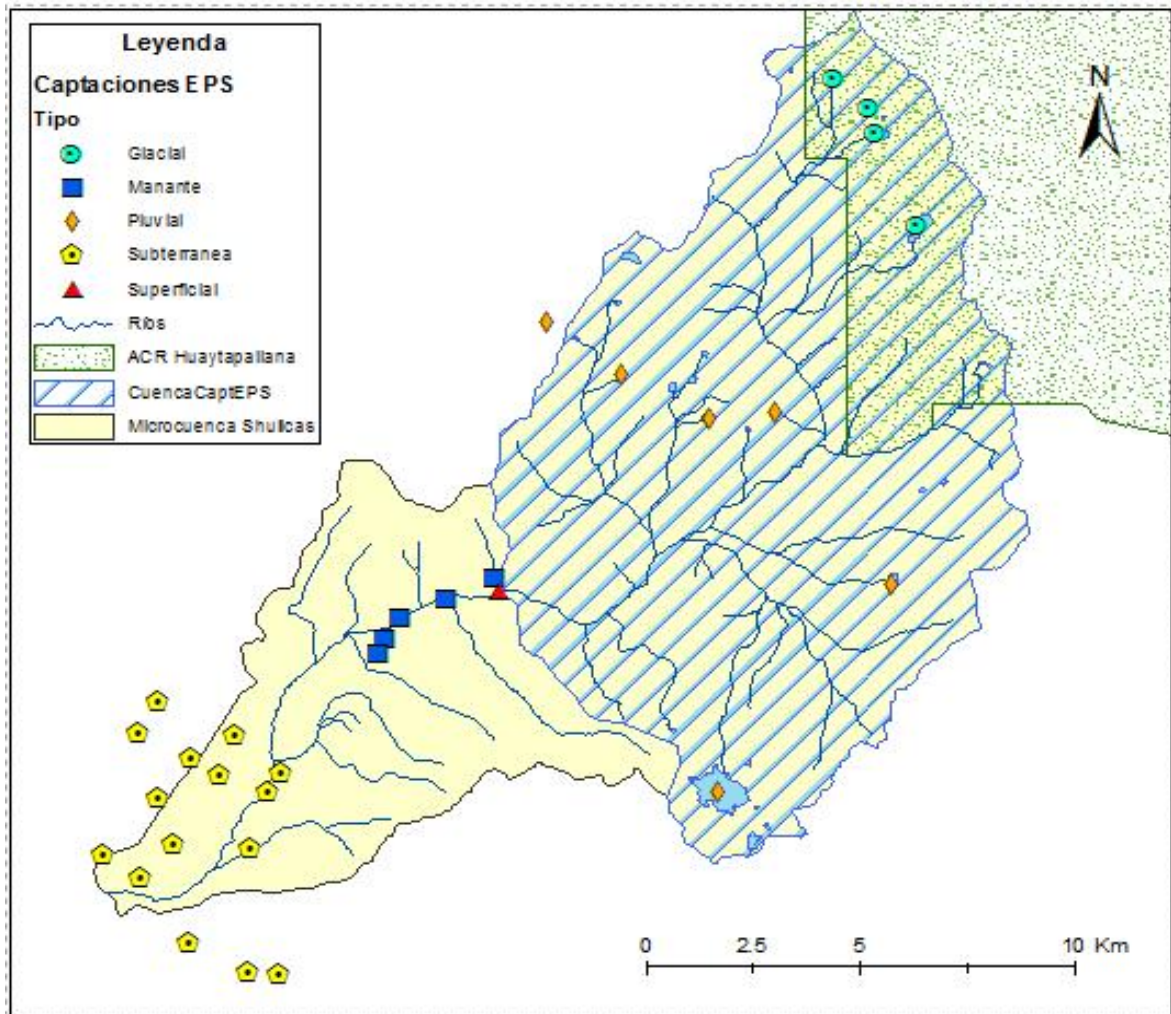
Fuente: elaboración propia a partir de información geográfica proporcionada por el Gobierno Regional de Junín.

La SEDAM Huancayo S.A., Empresa de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Municipal de Huancayo, es una empresa Municipal de derecho privado, con autonomía técnica, administrativa y económica. Su ámbito de servicio de agua potable y alcantarillado, son las localidades Huancayo, Orcotuna y Víques - Huacrapuquio.

Para facilitar la ubicación de la unidad de análisis se ha elaborado el siguiente mapa, que muestra las fuentes hídricas para la SEDAM Huancayo, lo que incluye: microcuencas, captaciones de la SEDAM, cuencas de aporte a las captaciones y otras posibles zonas de interés.



Figura 2 Mapa de las fuentes hídricas para la ciudad de Huancayo



Fuente: elaboración propia a partir de información geográfica proporcionada por CARE Perú

La cabecera de la microcuenca del río Shullcas es un área que pertenece a la Comunidad Campesina San Bartolomé de Acopalca.

1.1.1 Captaciones de la EPS y cuencas de aporte

Las cuencas de aporte son las zonas que contribuyen con agua a los puntos de captación de la SEDAM HUANCAYO. En las Figuras 2, se muestran los tipos de captaciones de la EPS, simbolizados con diferentes figuras y colores. El mapa también muestra la microcuenca de aporte a la principal captación superficial (polígono con líneas inclinadas azules), dicha captación es denominada "Captación N24", representada en el mapa por un triángulo de color rojo.

La cuenca de aporte para la SEDAM HUANCAYO, constituye la cabecera y parte de la cuenca media del río Shullcas. En ésta área se encuentran ubicadas 10 lagunas que actualmente son reguladas a manera de embalse, 4 de ellas reciben un aporte del deshielo glaciar (en la figura denominadas "Glacial"), cuya agua llega finalmente al río Shullcas y es captada por la "Captación N24".

La microcuenca de aporte a la principal captación de la SEDAM Huancayo abarca las principales fuentes hídricas superficiales para la ciudad, incluyendo las 10 lagunas. El área de esta cuenca de aporte es de 156.2 Km².



1.1.2 Otras captaciones, cuencas de interés y territorios relevantes

El 21 de julio del 2011, el Gobierno Regional de Junín creó el Área de Conservación Regional Huaytapallana (ACR Huaytapallana), el cual se ubica en el ámbito de las cadenas montañosas que conforman la cordillera del Huaytapallana. El objetivo de proteger esta área obedece a la conservación del sistema hídrico que nace en dicha zona, y en base a éste, los ecosistemas y la vida humana con una visión de presente y futuro.

Actualmente, el ACR Huaytapallana posee su Plan Maestro de gestión, el cual fue generado por diferentes actores, que incluye el apoyo de las comunidades que se ubican en dicha área. El Gobierno Regional de Junín junto con el Comité Técnico de Gestión del ACR Huaytapallana ha mostrado su interés en llevar a cabo una estrategia de Retribución por Servicios Ecosistémicos en el área conservada. En la Figura 2, se muestra al ACR Huaytapallana representada por un polígono con relleno punteado de color verde.

El Área de Conservación Regional Huaytapallana cubre una pequeña parte del área de interés para la EPS, constituyendo el 19% de la cuenca de aporte (29.2 Km²).

1.1.3 Conclusiones de la unidad de análisis

En este análisis se identificó tres espacios bien definidos:

- La microcuenca del río Shullcas, con un área de 221.9 Km².
- La microcuenca de aporte a la principal captación de la SEDAM HUANCAYO, "Captación N24", la cual se ubica en la cabecera y zona media de la microcuenca del río Shullcas (con un área de 156.2 Km²). Esta microcuenca son las abastecedoras de agua a la ciudad de Huancayo.
- Otra zona identificada es el Área de Conservación Regional Huaytapallana; sin embargo, la superficie del ACR que coincide con el área de aporte a la captación de la EPS constituye tan solo el 19 % del área de interés (29.2 Km²).

El análisis del presente DHR, para caracterizar los servicios ecosistémicos hídricos, se realizará sobre la segunda escala; es decir, la microcuenca de aporte a la Captación N24.

1.2 Análisis de Oferta Hídrica en la unidad de análisis

El siguiente análisis busca identificar las fuentes hídricas, el tipo de oferta hídrica y el conocimiento hidrológico de la unidad de análisis con el que se cuenta.

1.2.1 Cuáles son las Fuentes y tipo

Para la SEDAM Huancayo, las fuentes del recurso hídrico son de 3 tipos: superficial, subterránea y del deshielo glacial.

En cuanto al aporte de tipo subterráneo, la EPS capta agua de: 18 pozos profundos, que se encuentran en sitios cercanos a la ciudad de Huancayo; y manantes, ubicados en la cuenca media del río Shullcas. Dicho aporte subterráneo es el más importante, constituyéndose la mayor



contribución para la EPS entre los 3 tipos. A continuación se enlista a los pozos y la Figura 2 muestra su ubicación con respecto a la microcuenca Shullcas (pentagonos amarillos "pozos" y cuadrados azules "manantes").

Tabla 1 Fuentes Subterráneas utilizadas por la SEDAM Huancayo

Nombre
Pozo San Pedro
Pozo Esperanza
Pozo Umuto
Pozo Aza
Pozo Urpaycancha
Pozo Estadio Castilla
Caison Agua De Las Virgenes
Pozo La Florida
Pozo Colegio Castilla
Pozo N° 18
Pozo San Antonio
Pozo Tupac
Pozo Yanama
Pozo Azapampa
Pozo Chilca
Captacion La Huaycha(Galerias Filtrantes)
Estacion De Bombeo Orcotuna
Estacion De Bombeo Viques

Fuente: SEDAM Huancayo.

En cuanto a la oferta hídrica de tipo superficial, un conjunto de 10 lagunas (4 con aporte Glaciar y 6 de tipo pluvial), son operadas permanentemente a manera de embalses para que posteriormente, aguas abajo, el agua sea captada del río Shullcas (Captación N°24).

Durante la época de estiaje, la SEDAM Huancayo estima que las 10 lagunas pueden almacenar hasta 6.9 millones de m³ de agua. Del sistema de lagunas operadas, la de mayor aporte (63%) es la Laguna pluvial Huacracochoa.

La siguiente tabla muestra el nombre de las lagunas y su tipo.

Tabla 2 Lagunas reguladas por la SEDAM Huancayo

Laguna	Tipo
Lazo Huantay	Glaciar
Chuspicocha	Glaciar
Chico Chuspi	Glaciar



Duraznuyoc	Glacial
Huacracocha	Pluvial
Yanacocha	Pluvial
Quellacocha	Pluvial
Quinsacocha	Pluvial
Patococha	Pluvial
Llacsacocha	Pluvial

Fuente: SEDAM Huancayo.

Según la SEDAM Huancayo, el caudal promedio del río Shullcas en épocas de avenida es de aproximadamente 5 m³/s y durante la época de estiaje, aproximadamente 1.5 m³/s.

1.2.2 Monitoreo Hidrometeorológico (comportamiento de las fuentes)

Precipitación

En la microcuenca del río Shullcas se ha identificado 1 estación operada por ElectroPerú, conocida como Virgen de las nieves. La precipitación es monitoreada mediante un pluviógrafo automático, ubicado en el abra de la carretera a Pariamanca, el cual actualmente se encuentra funcionando, aunque no está claro si los datos están disponibles para otras instituciones.

Cabe indicar que anteriormente esta estación era convencional y se desconoce su período de datos disponibles.

Los meses de diciembre a marzo corresponden al período de lluvias, y la época de estiaje es de junio a setiembre.

Caudal

En cuanto a información de caudal, la AAA identificó la presencia de una estación hidrográfica, denominada Shullcas, ubicada en Acopalca. Se desconoce si ésta estación está operando regularmente ni su frecuencia en la toma de datos.

Otras variables Meteorológicas

Existen dos estaciones meteorológicas en la microcuenca del río Shullcas denominadas: Acopalca (ubicado en el centro de la comuna) y Lasuntay (ubicada en la salida de la laguna).

La estación Acopalca es de tipo convencional, pertenece al SENAMHI y se encuentra monitoreando las variables: temperatura, humedad relativa, viento y radiación solar. Actualmente se encuentra operando normalmente y cuenta con registros largos de datos disponibles.

La estación Lasuntay es de tipo automática con transmisión, instalada por el proyecto PRAA en el año 2012. Las variables monitoreadas son: temperatura, humedad relativa, viento y radiación solar. La operación de la estación no es clara debido a que al parecer, ninguna institución quiere



hacerse cargo de esta función, por lo que se considera que la continuidad del registro de sus datos está en riesgo.

1.2.1 Conclusiones sobre la oferta hídrica

- La oferta hídrica para SEDAM Huancayo es de 3 tipos: superficial, subterránea y del deshielo glacial. El aporte subterráneo es muy importante, constituyéndose la mayor contribución para la EPS entre los 3 tipos.
- En cuanto a la oferta hídrica de tipo superficial, un conjunto de 10 lagunas (4 con aporte Glaciar y 6 de tipo pluvial), son operadas permanentemente a manera de embalses para que posteriormente, aguas abajo, el agua sea captada del río Shullcas (Captación N°24).
- La SEDAM HUANCAYO carece de un sistema de monitoreo hidro - meteorológico continuo de sus fuentes hídricas.
- El monitoreo existente está muy limitado. Destaca la estación meteorológica convencional de Acopalca por tener registros largos, y la estación meteorológica de Lasuntay de reciente instalación por parte del proyecto PRAA, por ser una estación de la mejor calidad de equipos y disponer de transmisión a tiempo real. Sin embargo, quedó en evidencia durante la visita que no existe una responsabilidad clara sobre la operación de esta última estación.
- El monitoreo de caudales en la cuenca es muy pobre. La estación histórica en el río Shullcas es una estación que no mide caudales naturales del río, ya que el caudal que pasa por esta estación está afectada por la operación del sistema de lagunas, es decir, nos proporciona más información sobre esta operación que sobre la hidrología natural de la cuenca. No existe información de caudales naturales en toda la cuenca del Río Shullcas.

1.3 Análisis de la Demanda Hídrica en la unidad de análisis

Los siguientes son los usos identificados en la unidad de análisis:

- Para consumo doméstico:
SEDAM Huancayo tiene una demanda actual de 1500 a 1600 lt/s, de los cuales aproximadamente 600 lt/s provienen de la captación del río Shullcas y 900 lt/s de pozos subterráneos. Adicionalmente, existen 4 juntas de agua potable en la cuenca media que captan 70 lt/s del río Shullcas.

SEDAM Huancayo proporciona sus servicios a 3 localidades: Huancayo, Viques - Huacrapuquio y Orcotuna, con una población total de 331374 habitantes en el año 2012 (73884 conexiones de agua), según el Plan Maestro Optimizado de la EPS.

- Para Riego:
La junta de riego está dividida en dos: para los agricultores de la margen derecha del río se capta 400 lt/s del río Shullcas, y para aquellos ubicados en la margen izquierda, se capta 100 lt/s del río Shullcas.



La Comisión de Regantes tiene un total de 2350 usuarios, que se dividen en: 2000 en la margen derecha del río Shullcas y 350 en la margen izquierda, con una superficie total regada de 1641 has.

- Para Acuicultura:
Se identificó piscinas para la crianza de truchas en la cuenca alta y media del río Shullcas, se desconoce el caudal captado, sin embargo éste caudal retorna al río (normalmente sin tratamiento).

1.3.1 Uso actual del agua por parte de la SEDAM HUANCAYO

La SEDAM HUANCAYO. se encuentra utilizando los siguientes tipos de captación¹:

- Superficiales: La captación N24, también conocida como "Camisería", es la principal captación de agua superficial. Actualmente capta entre 350 a 500 lt/s que representa el 85% del aporte de agua superficial.
- Subterráneas: El aporte subterráneo consiste en 14 pozos tabulares profundos, 1 manantial de media ladera, y 4 manantiales ubicados en la cuenca media. La mayoría de los pozos están localizados en el distrito de El Tambo. El servicio de provisión de agua en las zonas cuya fuente son los pozos profundos, depende de las horas de funcionamiento de los equipos de bombeo, aproximadamente funcionan 15.4 horas al día. La siguiente tabla muestra la capacidad de producción de las fuentes subterráneas.

Tabla 3 Capacidad de producción de las fuentes subterráneas de la SEDAM Huancayo

°	ESTACION DE BOMBEO	PROF (m)	SISTEMA	AÑO INICIO OPERACION	Q (l/s)	POTENCIA	BOMBEO A
DISTRITO: CHILCA							
01°	Chilca	78	Sumergible	1992	25	60 HP	Reser. Azapampa
02°	Azapampa	120	Sumergible	2008	24	70 HP	Reser. Azapampa
DISTRITO: HUANCAYO							
01°	Yanama	110	Eje vertical	1973	61	125 HP	Red de distribución
02°	Parque Túpac Amaru	116	Sumergible	2002	40	100 HP	Reser. Cerrito
03°	San Antonio	120	Sumergible	1973	62	150 HP	Reser. San Antonio
04°	Pozo 18	160	Sumergible	1999	38	125 HP	Reser. San Antonio
DISTRITO: EL TAMBO							
01°	La Esperanza	115	Eje vertical	1992	80	200 HP	Red de distribución
02°	Umuto	114	Sumergible	1995	52	150 HP	Red de distribución
03°	Urpaycancha	125	Sumergible	1973	48	150 HP	Reser. Urpaycancha
04°	Estadio Castilla	90	Eje vertical	1992	49	150 HP	Red de distribución
05°	La Florida	95	Eje vertical	1991	65	180 HP	Red de distribución
06°	Colegio Mariscal Castilla	110	Eje vertical	1991	55	150 HP	Red de distribución
07°	Agua de las Vírgenes	9	Eje vertical	1997	100	250 HP	Red de distribución
08°	Aza	140	Eje vertical	2005	25	150 HP	Reser. Aza
09°	San Pedro	160	Eje vertical	2009	85	200 HP	Reser. San Pedro

Fuente: SEDAM Huancayo. Agosto 2013.

¹ Determinación de la formula tarifaria, estructura tarifaria y metas de gestión aplicable a la EPS SEDAM Huancayo S.A.. Diciembre, Junio, 2014. & Entrevistas DHR



1.3.2 Tendencias del uso del Agua en la unidad de análisis

Poblacional (Uso domestico)

Debido al crecimiento de la ciudad de Huancayo se estima un incremento en la demanda urbana, la tasa de crecimiento de Huancayo es del 0.015%.

Agrario (Riego)

También se estima un incremento en la demanda por riego debido a estímulos en la actividad agrícola en la cuenca media del río Shullcas.

Con el fin de cubrir este incremento de la demanda, tanto poblacional como agrario, la Junta de Regantes se encuentra gestionando un proyecto ante entidades gubernamentales nacionales, el cual consiste en:

- Incrementar la altura de la represa de la laguna Huacracocha, que permitiría almacenar 4 millones de m³ adicionales de agua,
- Incrementar el almacenamiento de la laguna Yanacocha, y,
- Construir dos represas adicionales.

1.3.3 Principales problemas relacionados con la demanda del agua

Calidad del agua.

La presencia de microalgas en el agua proveniente de la Laguna Huacracocha, se ha convertido en un desafío para la EPS al momento de tratar dicha agua para que cumpla con los estándares para consumo humano. Las microalgas se han generado debido a que antiguamente en la laguna Huacracocha existió actividad piscícola. En el momento en el que se identificó el problema, se clausuraron las piscinas (2013); sin embargo, la problemática persiste.

Se identificó la presencia de sodio y magnesio en el agua proveniente de pozos. Su origen es de tipo natural, en consecuencia, la EPS debe diluir el agua para que pueda ser utilizada por la población.

Finalmente, debido a las actividades culturales y turísticas en la laguna Lazohuntay, se ha intensificado la presencia de residuos sólidos y contaminación en dicha laguna. Actualmente, la SEDAM y la comunidad Acopalca, realizan faenas de limpieza en la zona.

Cantidad de agua

Ciertas zonas del area urbana de Huancayo poseen un acceso restringido al servicio de agua potable, en ciertos barrios el acceso es por horas. SEDAM Huancayo indicó que la capacidad de los reservorios no cubre la demanda.

Otro problema para la SEDAM relacionado con la cantidad, es el alto costo de energía eléctrica por el bombeo de agua subterránea. Se estima que el costo es de aproximadamente 18.000 soles por 30 m³ de agua.



1.3.4 Conclusiones sobre demanda hídrica en la unidad de análisis

- SEDAM Huancayo es un usuario de la Comisión de Regantes, y debido al crecimiento permanente de la demanda, la Junta de Regantes actualmente está gestionando un proyecto para cubrir dicha demanda, mediante el incremento de la capacidad de los embalses existentes y la construcción de nuevos embalses.
- Se desconoce el estado actual del agua subterránea en la ciudad de Huancayo, esto a pesar de ser la principal fuente hídrica para SEDAM.
- De las 10 lagunas operadas a manera de embalse, la laguna de Huacracocha aporta con el 60% de agua, es decir su aporte en cuanto a cantidad es muy importante. Sin embargo, la calidad de agua de esta fuente es baja por la presencia de microalgas, lo que encarece su tratamiento. El origen de las microalgas es debido a actividad de piscicultura, la cual ya ha sido clausurada pero la problemática de la calidad persiste.

1.4 Análisis de Actores

1.4.1 Identificación de actores y su relación con la gestión del agua

Se ha identificado a varios actores interesados en implementar mecanismos de retribución en la microcuenca del río Shullcas. El Grupo Impulsor y el Gobierno Regional de Junín muestran un especial interés, sobre todo en la conexión que tendría el mecanismo con las actividades planteadas por el Plan Maestro del ACR Huaytapallana.

La conformación del Grupo Impulsor ha logrado convocar una serie de actores que tienen una relevancia a nivel local, nacional e internacional.

La Tabla 4, muestra los actores relacionados con el MRSE de la unidad de análisis, incluyendo al Grupo Impulsor y sus integrantes. Así mismo, la tabla identifica como están relacionados los actores con la gestión del agua en la microcuenca.

Tabla 4 Actores en la unidad de análisis

Relación directa con el aprovechamiento del SEH	Interés en la conservación y/o Relación indirecta con SEH	Relación directa con el proceso MRSEH
SEDAM Huancayo S.A.	Gobierno Regional de Junín (ACR Huaytapallana)	Grupo Impulsor
Comisión de Regantes	PRODERN	Comunidad Acopalca
	ALA/ANA	
	CARE-Perú	
	Ministerio del Ambiente	
	Cooperación Técnica Belga	
	Municipalidad Provincial de	



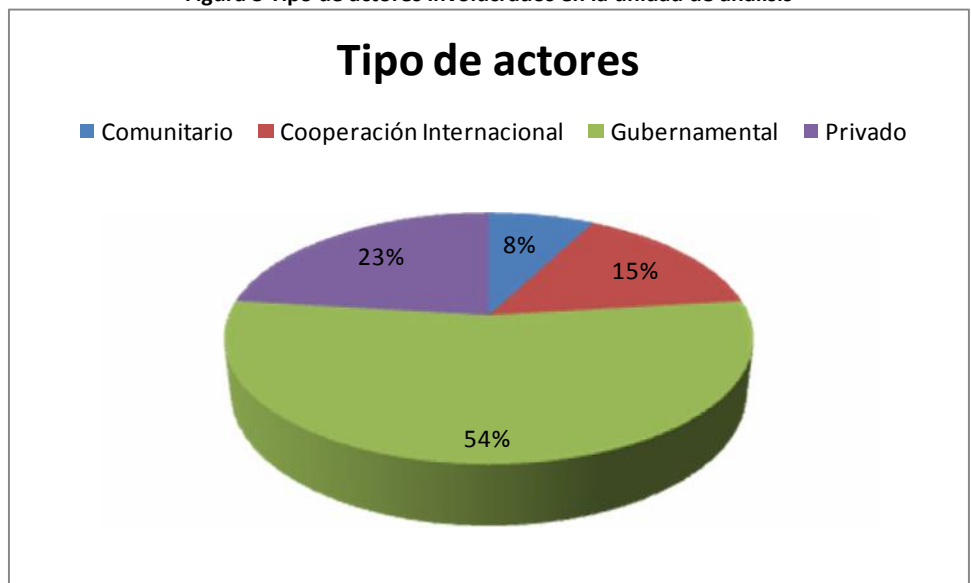
Relación directa con el aprovechamiento del SEH	Interés en la conservación y/o Relación indirecta con SEH	Relación directa con el proceso MRSEH
	Huancayo	
	SERNANP, Servicio Nacional de Areas Naturales Protegidas por el Estado	
	SUNASS	

Fuente: Elaboración propia

Los actores que tienen una relación directa con el proceso MRSEH, son principalmente la Comunidad Acopalca y el Grupo Impulsor. La comunidad Acopalca es la propietaria del área que está en la cuenca media y alta del río Shullcas y cuyas acciones en la zona influyen en la provisión de servicios ecosistémicos. Por otro lado, la SEDAM Huancayo y la Comisión de Regantes son los actores que aprovechan los SEH. Finalmente, en la unidad de análisis existen varios otros actores que tienen interés en la conservación o una relación indirecta con los SEH.

De los actores involucrados en la propuesta del MRSE en la microcuenca de aporte a las captaciones de la SEDAM Huancayo, el 54% es de tipo gubernamental, hay un importante aporte del sector privado (23%), y con una menor proporción (8%) actores comunitarios y (15%) cooperación internacional. El hecho de aglutinar un gran número de instituciones gubernamentales, puede tomarse como una oportunidad para obtener un mayor respaldo del gobierno para la iniciativa de MRSE.

Figura 3 Tipo de actores involucrados en la unidad de análisis



Fuente: Elaboración propia.



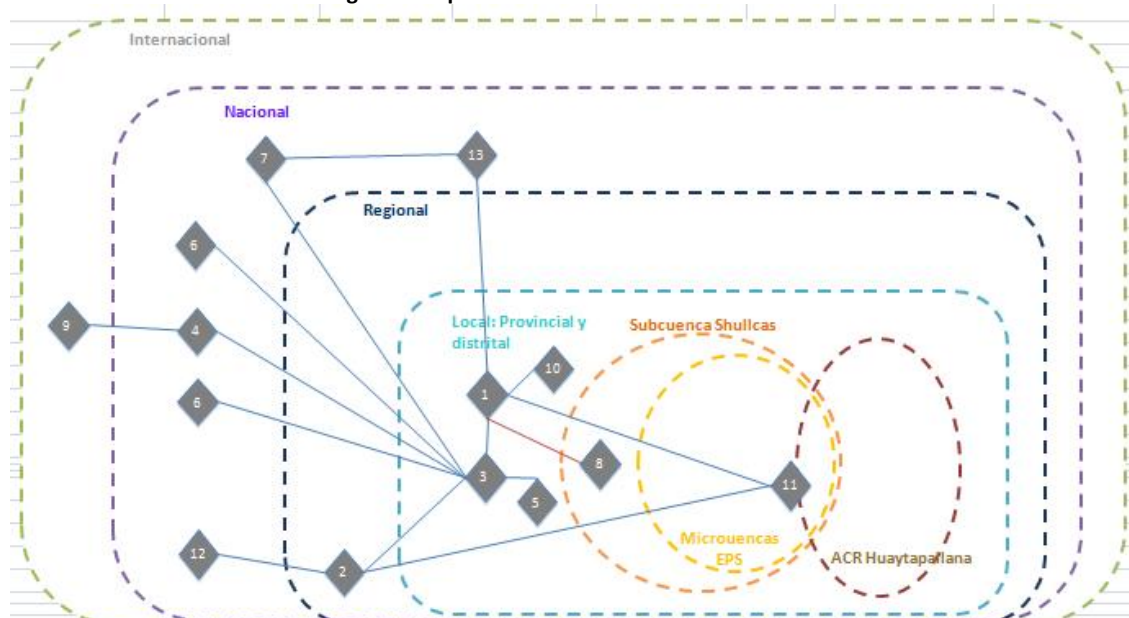
1.4.2 Mapa de actores y oportunidades de colaboración

En un MRSE para la unidad de análisis, los actores presentes pueden aportar con conocimiento, recursos económicos, respaldo legal, capacidad de gestión, entre otros aspectos que son de mucha relevancia para la sostenibilidad de las propuestas que se estimen convenientes para mantener y/o mejorar la funcionalidad del ecosistema.

El siguiente mapa de actores, pretende representar esquemáticamente la ubicación de la microcuenca de aporte a las captaciones de la EPS respecto a un contexto: de la microcuenca Shullcas, local, nacional e internacional. Además, el diagrama también representa las redes de conexión entre los actores.

Cada rombo en la figura representa a un actor, que puede ser identificado con el número dentro del rombo y la primera columna de la Tabla 5. Adicionalmente, la tabla también muestra de que manera el actor puede aportar ante una iniciativa MRSE.

Figura 4 Mapa de actores en la unidad de análisis



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5 Aportes o posibles contribuciones de los Actores en la Unidad de Análisis

No.	Principales Actores relacionados con la gestión del Agua	Posibles aportes para un MRSE
1	SEDAM Huancayo S.A.	<p>Cobro de un valor adicional mensual por cada planilla de agua para el desarrollo de las actividades de RSE.</p> <p>Monitoreo de la ejecución y el impacto de las acciones, planteadas como parte del mecanismo de retribución por servicios ecosistémicos, sobre la hidrología de las cuencas.</p>
2	Gobierno Regional de Junin (ACR)	Apoyo y gestión de las actividades de desarrollo integral de las localidades rurales



No.	Principales Actores relacionados con la gestión del Agua	Posibles aportes para un MRSE
	Huaytapallana)	del ACR Huaytapallana, traducidos en el mejoramiento de sus ingresos y nivel de vida.
3	Grupo Impulsor	Gestión y difusión de la iniciativa de RSE. Articular actividades entre los diferentes actores de la microcuenca del río Shullcas. Evitar la sobreposición de actividades.
4	PRODERN	Asesoría técnica, complementada con asesoría organizacional y capacitación.
5	ALA/ANA	Normatividad para el uso del agua, Ley de RH, autoridad para hacer cumplir la normativa y/o monitorear su cumplimiento
6	CARE-Perú	Apoyo y gestión de las actividades de desarrollo integral de las localidades rurales ubicadas en las cabeceras de cuenca.
7	Ministerio del Ambiente	Rectoría del sector ambiental que orienta y promueve la implementación de acciones de conservación, recuperación y uso sostenible en un modelo MRSE, acorde a las necesidades del territorio.
8	Comisión de Regantes	Apoyo a las actividades de conservación de las fuentes hídricas, mediante mingas de trabajo.
9	Cooperación Técnica Belga	Financiamiento de actividades relacionadas con el crecimiento económico y la inclusión social.
10	Municipalidad Provincial de Huancayo	Respaldo a la iniciativa RSEH, mediante el apoyo institucional a SEDAM Huancayo.
11	Comunidad Acopalca	Predisposición para aceptar y respetar los acuerdos de MRSE. Apoyo a las actividades de recuperación y conservación de las cabeceras de cuenca
12	SERNANP, Servicio Nacional de Areas Naturales Protegidas por el Estado	Orientar y apoyar la gestión del ACR Huaytapallana, cuya administración está a



No.	Principales Actores relacionados con la gestión del Agua	Posibles aportes para un MRSE
		cargo del Gobierno Regional
13	SUNASS	<p>Marco legal para regular, supervisar y fiscalizar el desarrollo del mercado de servicios de agua potable y alcantarillado, así como resolver los conflictos derivados de éstos.</p> <p>Orientación, aprobación y regulación de un incremento tarifario, el cual responde a una planificación de la EPS que incluye mecanismos de retribución ambiental y manejo de cuencas.</p>

1.4.3 Conflictos entre actores

Se identificó la existencia de un conflicto antiguo entre la Junta de Regantes con SEDAM Huancayo. Su origen son las divergencias que surgieron por la asignación y entrega de agua durante la época de sequía.

Actualmente el conflicto ha sido superado; sin embargo, preocupa a la SEDAM que el sistema de lagunas, actualmente administrado por la EPS, pasará a ser administrado por el comité de Regantes en un futuro cercano.

1.4.4 Conclusiones sobre los actores involucrados

- Varios actores se relacionan a través del Comité Impulsor, esto hace que la propuesta tenga una mayor fuerza.
- La Junta de Regantes, el mayor usuario de recursos hídricos en la cuenca del Shullcas, no está involucrado en la iniciativa de MRSE
- Problemas de articulación y coordinación interinstitucional debido a la presencia de varias organizaciones trabajando de manera independiente en el manejo de recursos naturales en la microcuenca.

1.5 Análisis de los Servicios Ecosistémicos Hídricos

Los servicios ecosistémicos, son los beneficios que los seres humanos obtienen de los ecosistemas. Los servicios ecosistémicos hídricos – SEH, son los beneficios relacionados con el agua. Por ejemplo la regulación del ciclo hidrológico, el rendimiento hídrico, el mantenimiento de la calidad de agua, recarga de acuíferos, la belleza escénica, entre otros (CONDESAN, 2011).

En este apartado, analizaremos los principales SEH que brinda la microcuenca de aporte a las captaciones de la SEDAM Huancayo, servicios que son aprovechados por la población de Huancayo. Posteriormente, se realiza una propuesta de priorización en función de los



beneficiarios del servicio y el nivel de impacto esperado por las acciones que se implementan en la microcuenca.

1.5.1 Identificación de los SEH en la unidad de análisis

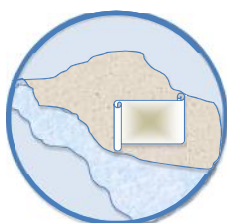
Los siguientes son los SEH identificados con mayor prioridad en unidad de análisis, con una breve descripción conceptual ²de los mismos.



Regulación Hídrica, se produce cuando el ecosistema almacena agua en los períodos lluviosos y la libera lentamente en los períodos secos o de estiaje. Es decir, el ecosistema proporciona un balance natural entre caudales de época lluviosa con caudales de época seca. A mayor capacidad de regulación, mayores serán los caudales de regulación o caudales base; así mismo los caudales de crecida serán controlados hasta cierto grado. El resto de los SEH depende en gran medida de la capacidad de regulación de un ecosistema (Celleri, 2010). La regulación hídrica depende de la intensidad de la precipitación (a menos intensidad, mayor infiltración), de la cobertura vegetal y de la profundidad del suelo superficial.



Calidad química del agua, es la capacidad que tienen los ecosistemas para purificar el agua, lo cual depende de la filtración y absorción de partículas del suelo y de organismos vivos presentes en el agua y suelo. Contaminantes como grasas, exceso de nutrientes, sólidos suspendidos, entre otros, son filtrados y procesados en la medida que el agua se transporta a través del suelo cubierto por coberturas naturales, bofedales, y zonas ribereñas. Es decir, este servicio tiene una relación directa con la cobertura vegetal del suelo y el estado natural de las zonas ribereñas.



Belleza escénica, una de las formas más evidentes de experimentar un ecosistema es a través de los sentidos. La belleza escénica es una de las formas fundamentales en las que las personas experimentan y se relacionan con el espacio físico que los rodea. Frecuentemente es asociado con el empoderamiento cultural o la identidad social, sentido de pertenencia y el deseo de seguridad. Paisajes con suficientes elementos naturales, entre ellos el agua como elemento básico para la presencia de vegetación, se ha identificado como componente fundamental para proveer Belleza Escénica en un paisaje natural.

1.5.2 Priorización de los SEH

El régimen de precipitaciones (lluvias estacionales) y la divergencia de intereses identificados por acceso al agua en épocas de estiajes, permiten asegurar que uno de los servicios ecosistémicos hídricos prioritarios para la microcuenca de aporte de la SEDAM Huancayo es el de Regulación Hídrica.

El complejo suelo y cobertura vegetal son los encargados de la regulación hídrica natural de los ecosistemas y los ecosistemas andinos se caracterizan por brindar de manera eficiente estos

² Con base en las siguientes fuentes recopiladas: Celleri, 2010, Ecosystem Services Framework (<http://www.ecosystemserviceseq.com.au>), CONDESAN, 2010. www.condesan.org



servicios; de ahí se deriva la percepción generalizada de que las cuencas altas son “fuentes” de agua.

En este contexto, al conservar la cobertura vegetal, se almacenan importantes cantidades de agua en las capas orgánicas del suelo, al igual que en las más profundas, y además la cobertura protege contra la erosión y degradación del suelo. De allí que la presencia de cobertura natural en la cuenca alta garantiza caudales base durante la estación seca.

Figura 5 Priorización de SEH en la unidad de análisis para la SEDAM Huancayo



Fuente: Elaboración propia

Actualmente, la SEDAM Huancayo realiza una gran inversión en el proceso de tratamiento físico y químico del agua, que permitan cumplir los estándares establecidos para su consumo humano. En este sentido, el SEH de Calidad Química del Agua posee una prioridad media en la unidad de análisis.

El origen de la contaminación en el agua proviene de actividades de acuicultura que existieron, principalmente en la Laguna Huacracocha. Los remanentes de dicha actividad han permitido la proliferación de microalgas en el agua, a pesar de que en el año 2013 se clausuró las piscinas.

1.5.3 Beneficiarios y contribuyentes de los SEH

La Tabla 6, muestra los beneficiarios directos e indirectos, así como los contribuyentes a los SEH priorizados en las cuencas de aporte a las captaciones de la SEDAM Huancayo.

Tabla 6 Beneficiarios y contribuyentes en la Unidad de Análisis

SEH	Prioridad	Beneficiarios Directos del SEH	Beneficiarios Indirectos del SEH	Contribuyentes ³ al SEH
Regulación hídrica	Alta	Junta de Regantes	SEDAM Huancayo Población de Huancayo	Comunidad de Acopalca

³ El Dictamen que propone la Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos (discutido y aprobado el 09/12/13) define como "**Contribuyentes al servicio ecosistémico**" a toda persona natural o jurídica, pública o privada, que mediante acciones contribuye a la conservación, recuperación y manejo sostenible de las fuentes de los servicios ecosistémicos.



SEH	Prioridad	Beneficiarios Directos del SEH	Beneficiarios Indirectos del SEH	Contribuyentes ³ al SEH
Calidad Química del Agua	Media	SEDAM Huancayo	Población de Huancayo	

Fuente: Elaboración propia.

Los beneficiarios directos de los SEH priorizados en la unidad de análisis son: SEDAM Huancayo y la Junta de Regantes. A través de estos tres actores, son beneficiados indirectamente, también la SEDAM Huancayo, la población de Huancayo y la Comunidad de Acopalca.

Los contribuyentes o quienes a través de sus acciones conservarían o impactarían a los SEH, es la comunidad de Acopalca.

1.5.4 Cambios en el uso del suelo y su impacto en los SEH

Los principales cambios de uso de la tierra (CUT) son:

- La quema y destrucción de pastos naturales, la quema de pastos normalmente es ejecutada por la comunidad de Acopalca con el fin de dar lugar a nuevos brotes para la alimentación de ganado. Por otro lado, la destrucción de dichos pastos, busca expandir la agricultura intensiva en la zona.
- Se identificó la construcción de zanjas de infiltración e instalación de cercas de protección en extensas áreas de la cuenca alta del río Shullcas. Esta actividad se ejecutó como parte de un proyecto para la adaptación al cambio climático, emprendido por la ONG CARE con el PRAA.
- Reforestación, otra actividad del proyecto mencionado anteriormente, (ONG CARE con el PRAA), incluyó la siembra de árboles nativos.
- Incremento del área urbana, debido al crecimiento poblacional de la ciudad de Huancayo, se identificó un acelerado cambio de uso de suelo rural a una zona urbana. Huancayo tiene una alta tasa de crecimiento poblacional.

La siguiente tabla muestra los impactos (positivos y/o negativos) que los cambios en el uso del suelo pueden ocasionar a los SEH identificados como prioritarios.

Tabla 7 Cambios en el uso del suelo e impactos en los SEH de la Unidad de Análisis.

Cambio en el uso del suelo	Impacto (positivo y/o negativo)
Quema de pastos naturales	Erosión del suelo, pérdida de la capacidad de regulación
Destrucción de pastos naturales	Disminución de la regulación hídrica de la cuenca y producción de sedimentos en el agua



Construcción de zanjas de infiltración y protección de estas áreas con cercas	Mejora en la capacidad de regulación hídrica
Reforestación	Mejora en la capacidad de regulación hídrica Disminución en la producción de sedimentos
Incremento del área urbana	Reducción del área agrícola, impermeabilización del suelo, posible impacto sobre la recarga del agua subterránea

Fuente: Elaboración propia

Las actividades que están cambiando la cobertura vegetal natural de las cabeceras de cuenca, tienden a disminuir la regulación hídrica y a incrementar la producción de sedimentos en el agua. Por otro lado, el Proyecto de CARE, que incluye construcción de zanjas de infiltración, cercas y reforestación con especies nativas, mejora la capacidad de regulación hídrica y la disminución en la producción de sedimentos.

1.5.5 Conclusiones sobre el grado de conocimiento de los SEH

- Los conflictos que surgen durante las épocas de estiaje, permiten asegurar que uno de los servicios ecosistémicos hídricos prioritarios para la microcuenca Shullcas, es la Regulación Hídrica.
- Otro SEH de prioridad es la Calidad Química del Agua, se asigna esta prioridad ya que el agua de la Laguna de Huacracocha posee microalgas por la presencia de criadero de truchas, lo que encarece su tratamiento.
- A pesar de que el Servicio Ecosistémico de Belleza Escénica, no es prioritario para la SEDAM Huancayo, es un servicio presente en la microcuenca del río Shullcas debido a la importancia turística que representa el Huaytapallana y el impulso turístico que el Gobierno Regional se encuentra emprendiendo.

1.6 Análisis del impacto de las acciones implementadas o en proyecto

Desde la creación del ACR Huaytapallana (2011), ésta zona ha constituido el punto en el que se concentran varios esfuerzos de gestión ambiental de la región. El trabajo de conservación ha estado a cargo de la Gerencia de recursos naturales y Gestión del Medio Ambiente del Gobierno Regional, departamento que apoyó a la creación y forma parte del Grupo Impulsor del ACR Huaytapallana.

En octubre del 2014, se presentó el Plan Maestro del ACR Huaytapallana, el cual consiste en un documento de planificación y gestión para los próximos 5 años.



Además del Gobierno Regional de Junín, existen otros actores en la microcuenca, como por ejemplo CARE Perú o el PRAA, que han emprendido actividades de conservación y restauración de la cobertura vegetal natural con el fin de conservar las fuentes hídricas que se ubican en la cuenca alta.

1.6.1 Impacto de las acciones sobre los SEH

La Tabla 8 resume las acciones identificadas en la unidad de análisis, la institución a cargo de la implementación, así como también los beneficios y/o perjuicios que cada acción ejercería sobre los SEH.



Tabla 8 Beneficios Hidrológicos de las acciones implementadas o en proyecto para los MRSE

No.	Acciones de conservación y/o cambio de uso de la tierra ⁴	Implementada	En proyecto	Quien propone la acción?	Descripción del beneficio/perjuicio al SEH de la acción implementadas o propuestas
1	Construcción de Zanjas de Infiltración	X		CARE / PRAA PERU	Mejora la regulación hídrica
2	Construcción de cercas para evitar el paso de ganado a las áreas de exclusión de pastoreo (con zanjas de infiltración)	X		CARE / PRAA PERU	Las cercas permiten la recuperación natural de la cobertura vegetal, lo que beneficia a todos los servicios ecosistémicos hídricos, con un especial énfasis en la regulación hídrica.
3	Forestación con especies Nativas (Polilepis)	X		CARE / PRAA PERU	disminución de sedimentos y reducción de la capacidad reguladora hídrica
4	Implementación de un sistema de control y vigilancia en el ACR Huaytapallana		X	ACR Huaytapallana, Gobierno Regional	Evitar que se continúe el proceso de degradación en la cuenca (disminución sedimentos y regulación hídrica).

⁴ Sin ningún orden especial, acciones identificadas durante el recorrido realizado a la microcuenca del río Shullcas.



No.	Acciones de conservación y/o cambio de uso de la tierra ⁴	Implementada	En proyecto	Quien propone la acción?	Descripción del beneficio/perjuicio al SEH de la acción implementadas o propuestas
5	Repoblación de camélidos sudamericanos domésticos (alpacas y llamas) y silvestres (vicuñas) en el ámbito del ACR Huaytapallana.		X	ACR Huaytapallana, Gobierno Regional	Si esta repoblación reemplaza al ganado vacuno, disminuye la producción de sedimentos y mejora la regulación hídrica
6	Capacitación de autoridades, líderes locales, maestros y organizaciones juveniles en temas de educación ambiental		X	ACR Huaytapallana, Gobierno Regional	Fortalecen la sostenibilidad de las otras acciones, así como la organización entre instituciones, , lo que beneficia a todos los SEH.
7	Desarrollo e implementación de alianzas estratégicas para la investigación		X	ACR Huaytapallana, Gobierno Regional	Mejora el conocimiento de la dinámica hidrológica, ecológica en la microcuenca, lo que beneficia a todos los SEH.
8	Impulso a los servicios turísticos y a asociaciones artesanales de las comunidades campesinas del ACR Huaytapallana.		X	ACR Huaytapallana, Gobierno Regional	Ligado a la conservación de la cuenca alta, beneficia a la conservación del suelo y la cobertura vegetal, y con ello mejorar la regulación y la provisión de agua en la cuenca.



No.	Acciones de conservación y/o cambio de uso de la tierra ⁴	Implementada	En proyecto	Quien propone la acción?	Descripción del beneficio/perjuicio al SEH de la acción implementadas o propuestas
9	Difusión entre la población local los valores de la ACR Huaytapallana y las actividades que se realizan para su conservación.		X	ACR Huaytapallana, Gobierno Regional	Las campañas de difusión de los objetivos, justificación y acuerdos de conservación, fortalecen la sostenibilidad de las otras acciones.
10	Limpieza de desperdicios sólidos que la actividad cultural-turística deja en la laguna Lazohuntay	X	X	SEDAM Huancayo Comunidad Acopalca	Beneficia al SEH de Calidad Química del Agua y Belleza Escénica
11	Impulso a la gestión de actividades productivas ligadas a la conservación		X	PRODERN	Ligado a la conservación de la cuenca alta, beneficia a la conservación del suelo y la cobertura vegetal, y con ello mejorar la regulación y la provisión de agua en la cuenca.



1.6.2 Conclusiones sobre el impacto de las acciones implementadas o en proyecto

- Se ha identificado varias acciones relacionadas con MRSE en proyecto de ser implementadas en el ACR Huaytapallana; sin embargo, el ACR cubre una pequeña parte del área de interés para la EPS.
- La Comunidad Acopalca ha participado en actividades de conservación de la cuenca alta del río Shullcas: trabajos de reforestación y construcción de zanjas de infiltración en el marco del proyecto CARE/PRAA.
- Actualmente, la SEDAM Huancayo ha identificado la problemática de residuos sólidos en las lagunas en las que se desarrolla actividades turísticas y culturales en la cabecera del río Shullcas. En este sentido, en conjunto con la comunidad Acopalca, se han organizado y ejecutado faenas para la limpieza de la Laguna LazoHuntay.



II. PROPUESTAS PARA LA ACCION

El punto de partida para las propuestas de acción es la identificación del o los servicios ecosistémicos hídricos prioritarios en las microcuencas y especialmente para la SEDAM Huancayo. En base a esto, se sugieren acciones concretas, en donde se separa aquellas acciones a realizar dentro de la unidad de análisis (directas) y las acciones que contribuyen a la conservación de un área a través de una inversión fuera de él (indirectas).

Las propuestas de acción que se plantean en este capítulo, se definen como el conjunto de actividades, acuerdos y/o estrategias, propuestas por los actores del mecanismo de retribución en la unidad de análisis, que buscan recuperar, mantener o mejorar los servicios ecosistémicos prioritarios. Finalmente, se describen acciones con un enfoque de Microcuenca, las cuales son importantes para el soporte de las acciones planteadas para la SEDAM Huancayo.

En este análisis también se señala los indicadores y el proceso de monitoreo de la efectividad que las acciones propuestas tendrían para los servicios ecosistémicos hídricos prioritarios. Es importante señalar que las propuestas que se plantean están enfocadas a los beneficios hidrológicos de la cuenca y en ese sentido el criterio costo – efectividad también está enfocado prioritariamente desde el punto de vista de la hidrología.

2.1 Proceso Metodológico para la priorización de Acciones

El proceso de identificación de acciones efectivas consiste en:

- 1) Retomar los SE priorizados en la parte del diagnóstico,
- 2) Retomar las causas de degradación, de los servicios ecosistémicos, identificados en la parte de diagnóstico,
- 3) En base a los dos puntos anteriores definimos los objetivos que buscamos con la intervención en la unidad de análisis,
- 4) Realizamos una preselección de las acciones (recopiladas en la fase de diagnóstico) que responden a los objetivos planteados en el paso 3,
- 5) En base a los criterios establecidos en la “Guía Metodológica para el DHR”, el estado del arte del conocimiento y la experiencia del equipo técnico que elabora el DHR, se realiza la priorización de las diferentes acciones preseleccionadas,
- 6) Finalmente, se agrupan las acciones priorizadas en base a estrategias comunes para su implementación y se organizan los cuadros para las acciones directas y acciones indirectas.

El siguiente diagrama busca representar este proceso.



Figura 6 Proceso Metodológico para la priorización de acciones.



2.2 Acciones directas, implementadas dentro del área a conservar y/o preservar.

Consideramos “acciones directas” a aquellas que se implementan directamente dentro del área que buscamos conservar, esto incluye las cuencas de aporte a las captaciones de agua potable; por lo tanto, las acciones directas son las que tienen un efecto directo sobre la conservación de estas fuentes.

Es importante mencionar que estas propuestas indican áreas y lugar de implementación de manera general; mayor detalle deberá ser calculado y determinado durante la elaboración de los proyectos específicos de implementación.

En la siguiente Figura se muestra las Acciones Directas que se priorizaron de acuerdo a la metodología antes explicada, en el cual podemos observar los SEH priorizados, los objetivos y dos estrategias planteadas.

El Servicio Ecosistémico Hídrico que se priorizan para la conservación de las fuentes hídricas de la SEDAM Huancayo, es la regulación hídrica. Con esta consideración, el objetivo planteado para el manejo dentro de las cuencas de aporte es conservar y/o restaurar la cobertura vegetal nativa en las microcuencas de aporte a las fuentes hídricas.

Las acciones han sido agrupadas dentro de 2 estrategias principales:

- Restaurar la cobertura vegetal nativa en las microcuencas de aporte, incluyendo la restauración de bofedales.



- Conservar la cobertura vegetal nativa y bofedales.

Figura 7 Propuesta de acciones directas, a implementar dentro de las microcuencas de aporte.

ACCIONES DIRECTAS			
Servicio Ecosistémico Priorizado	Regulación Hídrica		
Objetivo	Conservar y/o restaurar la cobertura vegetal nativa de la cuenca de aporte a las captaciones de agua para la ciudad de Huancayo.		
Estrategias	<table border="1"> <tr> <td>Restauración de la cobertura vegetal nativa, incluye restauración de bofedales.</td> <td>Conservación de la cobertura vegetal nativa y conservación de bofedales.</td> </tr> </table>	Restauración de la cobertura vegetal nativa, incluye restauración de bofedales.	Conservación de la cobertura vegetal nativa y conservación de bofedales.
Restauración de la cobertura vegetal nativa, incluye restauración de bofedales.	Conservación de la cobertura vegetal nativa y conservación de bofedales.		
Actividades	<table border="1"> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> • Clausura de pastizales y luego manejo del pastoreo mediante potreros familiares. • Forestación con especies nativas en zonas muy degradadas con fuerte pendiente. • Tanto la conservación y manejo de pastos, como la forestación requieren procesos de capacitación y fortalecimiento organizacional. </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • Promover la actividad turística (bien organizada y gestionada) como una alternativa para disminuir la presión pecuaria sobre SEH. Ejm: <i>Empadronamiento de los maestros chamanes y mayor control del turismo cultural.</i> • Promover más la crianza de camélidos sudamericanos y a la vez disminuir la crianza de ganado vacuno y ovino. • Delimitar bien las carreteras y evitar rutas alternas innecesarias. </td> </tr> </table>	<ul style="list-style-type: none"> • Clausura de pastizales y luego manejo del pastoreo mediante potreros familiares. • Forestación con especies nativas en zonas muy degradadas con fuerte pendiente. • Tanto la conservación y manejo de pastos, como la forestación requieren procesos de capacitación y fortalecimiento organizacional. 	<ul style="list-style-type: none"> • Promover la actividad turística (bien organizada y gestionada) como una alternativa para disminuir la presión pecuaria sobre SEH. Ejm: <i>Empadronamiento de los maestros chamanes y mayor control del turismo cultural.</i> • Promover más la crianza de camélidos sudamericanos y a la vez disminuir la crianza de ganado vacuno y ovino. • Delimitar bien las carreteras y evitar rutas alternas innecesarias.
<ul style="list-style-type: none"> • Clausura de pastizales y luego manejo del pastoreo mediante potreros familiares. • Forestación con especies nativas en zonas muy degradadas con fuerte pendiente. • Tanto la conservación y manejo de pastos, como la forestación requieren procesos de capacitación y fortalecimiento organizacional. 	<ul style="list-style-type: none"> • Promover la actividad turística (bien organizada y gestionada) como una alternativa para disminuir la presión pecuaria sobre SEH. Ejm: <i>Empadronamiento de los maestros chamanes y mayor control del turismo cultural.</i> • Promover más la crianza de camélidos sudamericanos y a la vez disminuir la crianza de ganado vacuno y ovino. • Delimitar bien las carreteras y evitar rutas alternas innecesarias. 		

Para la primera estrategia, se identificó que las actividades principales de los pobladores de la cabecera, son la crianza de ganado y la agricultura; en este sentido, se plantea con una prioridad alta, la clausura de pastizales y posteriormente, el manejo del pastoreo mediante potreros familiares.

En cuanto a restauración, también se plantea forestar con especies nativas, concretamente en zonas que actualmente están muy degradadas y que presentan una pendiente fuerte. Un punto importante a tomar en cuenta es que el manejo de pastos y la reforestación, requieren procesos de capacitación y un fortalecimiento organizacional de la comunidad de Acopalca.

La segunda estrategia de acción Directa propone, de forma prioritaria, promover la actividad turística como una alternativa para disminuir la presión pecuaria sobre los SEH; esta puesta en valor de la actividad turística debe ser organizada y gestionada con una visión de sostenibilidad. Por ejemplo, se considera prioritario emprender un empadronamiento de los maestros chamanes y realizar un mayor control del turismo cultural.

Adicionalmente, con el fin de disminuir la crianza de ganado vacuno y ovino, se propone promover la crianza de camélidos sudamericanos, cuyo impacto sobre la cobertura vegetal natural en la cabecera de la microcuenca es menor.



Finalmente, se propone delimitar adecuadamente los caminos de acceso a la cabecera, lo que permitirá evitar que se realicen rutas alternas innecesarias.

2.3 Acciones indirectas, implementadas fuera del área de interés.

Las “acciones indirectas”, son aquellas que se plantean fuera de la unidad de análisis, no es una intervención directa sobre el área a conservar; pero son estratégicamente necesarias para promover y motivar la conservación y/o restauración de estos servicios ecosistémicos en la unidad de análisis.

Por lo general, estas acciones están más relacionadas con temas de gestión a nivel de todos los actores de la cuenca, o con proyectos productivos alternativos fuera de la unidad de análisis, cuya finalidad, además de generar ingresos económicos, es disminuir la presión de carga dentro de la unidad de análisis.

Es importante encontrar los mecanismos necesarios para que estos proyectos productivos estén condicionados a la conservación de la unidad de análisis y asegurar que no se conviertan en incentivos perversos.

Figura 8 Propuesta de acciones indirectas, a implementar fuera de las microcuencas de aporte.

Servicio Ecosistémico Priorizado	Regulación Hídrica	
Objetivo	Conservar y/o restaurar la cobertura vegetal nativa de la cuenca de aporte a las captaciones de agua para la ciudad de Huancayo.	
Estrategias	Actividades productivas alternativas para disminuir la presión sobre los ecosistemas proveedores de los SEHs.	Evitar la producción focal de sedimentos .
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> • Intensificación de la crianza de ganado estabulado, recoger la experiencia de la SAIS CAHUIDE. • Producción de forraje verde en zonas aledañas al centro poblado. • Capacitación en manejo y crianza de ganado mejorado. • Sistemas de riego presurizado para la producción de forrajes y cultivos de pan llevar. • Capacitación para la producción de quesos de calidad. • Todo esto debe estar condicionado a la conservación de la parte alta de la cuenca. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar el proceso de extracción de los bosques talados en la parte media de la cuenca. • Acuerdos para el manejo adecuado de los criaderos de trucha. • Evitar la crianza intensiva de truchas en las lagunas que son fuente de agua para el sistema de Shullcas.

Para las acciones indirectas, el servicio Ecosistémico Hídrico priorizado y el objetivo se mantienen, pero como estrategia se propone:



- Apoyar a actividades productivas alternativas para disminuir la presión sobre los ecosistemas proveedores de los SEH, y
- Evitar la producción focal de sedimentos.

En la primera estrategia, se propone intensificar la crianza de ganado estibulado, para lo cual se puede usar como referencia la experiencia de la SAIS Cahiude (Sociedad Agraria de Interés Social). Adicionalmente, se propone implementar la producción de forraje verde en zonas aledañas al centro poblado, actividad que requerirá mejorar el sistema de riego de la zona, con este fin se propone implementar sistemas de riego presurizado.

Una vez mejorada la producción de forrajes, dentro de la primera estrategia también se propone incorporar la crianza de ganado mejorado, esto debe incluir capacitaciones para la crianza del ganado y para la producción de quesos de calidad.

Es importante resaltar que las actividades mencionadas anteriormente, deben estar condicionadas a la conservación de la cabecera de la microucuenca Shullcas.

La segunda estrategia busca evitar la producción focal de sedimentos en el agua, para lo que se proponen 3 actividades principales: evitar la crianza intensiva de truchas en las lagunas que son fuente hídrica para la SEDAM Huancayo, establecer acuerdos para el manejo adecuado de los criaderos de truchas y mejorar el proceso de extracción de bosques talados en la parte media de la cuenca.

2.4 Recomendaciones de acciones generales.

Un tercer nivel de acciones propuestas son recomendaciones generales que incluyen acciones principalmente relacionadas con la “gestión en la cuenca”, las cuales buscan facilitar y generar condiciones para que los procesos de conservación y/o restauración de los servicios ecosistémicos hídricos se implementen y sean sostenibles.

El aporte subterráneo es muy importante para la SEDAM Huancayo; sin embargo, actualmente se carece de información sobre los mecanismos de recarga de estas fuentes. En este sentido, se propone las siguientes actividades para mejorar dicho conocimiento:

- Determinar la influencia que tiene la urbanización en la recarga
- Implementar un sistema de monitoreo de los niveles piezométricos en los pozos

En cuanto a la gestión de la cuenca se propone:

- Continuar con los estudios de batimetría de las lagunas que son utilizadas como reguladores del sistema Shullcas (10 lagunas regularizadas),
- Plan de comunicación y sensibilización a la población usuaria de agua potable en Huancayo,
- Involucrar a los regantes en el diseño e implementación del MRSEH,



- El proyecto de afianzamiento hídrico que se está gestionando desde el ministerio de agricultura, debería incluir acciones de conservación en la cuneca .
- Reforzar la comunicación y la coordinación de acciones para que la Comunidades visibilicen mejor los beneficios del ACR.
- Implementar un proceso para la priorización de acciones con la Comunidad de Acopalca, con el fin de facilitar el proceso de negociación del MRSE.
- Elaborar un plan de manejo integral del sistema hidráulico del Shullcas, definiendo claramente responsabilidades de los diferentes usuarios y el operador.

2.5 Indicadores para el monitoreo hidrológico

Medir el impacto de las acciones sobre la hidrología de las cuencas, es un desafío que requiere implementar sistemas de monitoreo que puedan responder preguntas específicas que deseamos conocer, esto demanda conocimiento, creatividad y sobre todo claridad en definir bien los indicadores a monitorear.

El primer paso para el diseño de un sistema de monitoreo, es identificar bien los indicadores, y para esto es necesario tener claridad sobre los impactos que esperamos obtener, con las acciones priorizadas, sobre los servicios ecosistémicos hídricos en la unidad de análisis definida.

El servicio ecosistémico hídricos priorizado en la microcuenca del Shullcas es la regulación hídrica, cuyo indicador de desempeño es el caudal mínimo o caudal base de la cuenca.

Además de establecer indicadores de impacto para los servicios ecosistémicos priorizados, es importante identificar indicadores de impacto a nivel de objetivo; es decir, que identifica la conservación y/o restauración de cobertura vegetal nativa. La siguiente figura muestra los indicadores de impacto y de objetivo.

Figura 9 Indicadores de impacto y objetivo propuestos para la unidad de análisis

<p>Servicio Ecosistémico Priorizado</p>	<p>Regulación Hídrica</p> <p>Indicador de Impacto: Caudal Base (lps en época de estiaje)</p>
	<p>Conservar y/o restaurar la cobertura vegetal nativa de la cuenca de aporte a las captaciones de agua para la ciudad de Huancayo.</p> <p>Indicador de Objetivo: área (has.) con cobertura vegetal nativa conservada y/o restaurada</p>



2.6 Estrategias de Monitoreo Hidrológico

De acuerdo a lo observado durante la visita de campo para la implementación del DHR y de acuerdo a la disponibilidad de información existente, se plantea el siguiente sistema de monitoreo que permita medir el impacto de la conservación de las fuentes de agua.

2.6.1 Monitoreo Hidrológico en cuencas pares

Para medir el impacto de la conservación y/o restauración será necesario implementar un sistema de monitoreo de cuencas pares (Ver protocolo de la iMHEA en Anexo 4.5) que consiste en identificar dos cuencas muy cercanas, que una funcione como testigo y la otra donde se implementen las acciones de conservación, ambas se instrumentalizan para medir detalladamente los regímenes de precipitación y el comportamiento de los caudales, así se puede conocer a detalle la relación lluvia – caudal, y en base a comparación del comportamiento hidrológico de ambas cuencas se podrán determinar el impacto de las acciones implementadas en la cuenca.

Aunque podría ser ideal medir durante uno o dos años hidrológicos una línea base hidrológica en ambas cuencas, antes de iniciar las acciones en la cuenca a intervenir, por el diseño par no es indispensable, ya que la información de la cuenca testigo proporciona una referencia, o una meta hacia la cual se estaría trabajando con la intervención.

Se han identificado dos microcuencas que tienen la siguiente particularidad: una de ellas se encuentra bien conservada y se considera como la microcuenca testigo que dé una idea del potencial al que se podría llegar mediante la conservación y restauración de las cuencas degradadas. En la otra microcuenca, presenta mayor degradación, será donde el MRSE tiene previsto la implementación de diferentes acciones de conservación y restauración en los próximos años.

Para obtener un sistema de monitoreo de cuencas pares que genere los indicadores propuestos, se sugiere implementar este monitoreo con los siguientes pasos:

- Ubicar los sitios de monitoreo de caudal y de lluvia.
- Diseñar el sistema de monitoreo hidrológico que relaciones las variables de lluvia y caudal.
- Construcción de infraestructura e instalación de equipos para el monitoreo.
- Calibración de equipos de monitoreo.
- Costo aproximado para implementar este sistema de monitoreo es de 20,000 USD



Figura 10 Muestra un pluviómetro instalado en campo y generando datos y en la derecha los detalles del pluviógrafo de balancines.



En la Figura 11, se muestra las cuencas seleccionadas para el monitoreo en la microcuenca del río Shullcas.

Figura 11 Sistema de Monitoreo para determinar el impacto de las acciones de Conservación propuestos por el MRSE



Acciones consideradas como parte del sistema de monitoreo permanente son:

1. Descarga periódica de datos de precipitación (una vez cada mes o dos meses).
2. Análisis de calidad de los datos y procesamiento.
3. Reportes
4. Los costos a considerar son: logística para la descarga, tiempos del personal encargado de la descarga y tiempos del personal encargado del control de calidad y procesamiento de los datos.

En el Anexo 4.4 se ha incluido ejemplos de equipos que se pueden ser utilizados para el sistema de monitoreo, dicho anexo muestra las características técnicas de los equipos.



III. BIBLIOGRAFIA

Bosch, J., J. Hewlet. 1982. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *Journal of Hydrology* 55: 3-23.

CARE Perú. Plan de Gestión Integrada de Recursos Hídricos del Shullcas. Balance oferta - demanda. 2012.

Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina - CONDESAN. 2011. Mecanismos para compartir beneficios: una oportunidad para los actores de las cuencas. Serie Propuestas Andinas N° 1, año 1.

Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina - CONDESAN. 2010. Servicios ambientales hidrológicos en la región andina: Estado del conocimiento, la acción y la política para asegurar su provisión mediante esquemas de pago por servicios ambientales. Lima, IEP; CONDESAN, 2010.

Gobierno Regional de Junín. Plan Maestro del Área de Conservación Regional Huaytapallana. Agosto, 2014.

Hamilton, L., N. Dudley, G. Greminger, N. Hassan, D. Lamb, S. Stolton, S. Tognetti. 2009. Los bosques y el agua: Estudio temático elaborado en el ámbito de la evaluación de los recursos forestales mundiales 2005. FAO. Roma

INEI, Instituto Nacional de Estadística e Informática, X Censo de Población y V de Vivienda. 2005.

Perez, Aliaga. Inventario de afloramientos de agua subterránea (manantiales y puquiales) en la subcuenca Shullcas. PRAA Adaptación al impacto del retroceso acelerado de glaciares en los Andes tropicales. CARE. Marzo, 2011.

SENAMHI. Determinación de la disponibilidad hídrica presente y futura en la subcuenca del río Shullcas. PRAA Perú. 2011.

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento – SUNASS. Estudio Tarifario. Determinación de la fórmula tarifaria, estructura tarifaria y metas de gestión aplicable a la Entidad Prestadora de Servicios de Agua y Alcantarillado SEDAM Huancayo S.A. Junio, 2014.



IV. ANEXOS

4.1 Metodología “Diagnostico Hidrológico Rápido – DHR”

El diagnóstico hidrológico rápido – DHR, es una herramienta generada por CONDESAN para atender una demanda concreta de la Incubadora de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos (Incubadora MRSE) del Ministerio del Ambiente del Perú, que buscaba entender mejor los procesos hidrológicos en las cuencas andinas con el fin de caracterizar los servicios ecosistémicos hídricos y los beneficios que estos brindan; al mismo tiempo comprender mejor los posibles impactos de las acciones de conservación de estos servicios ecosistémicos y por lo tanto su efectividad, de tal manera que se pueda hacer una priorización de los mismos y de esa manera enfocar mejor el diseño de los mecanismo de RSE en las cuencas.

El DHR tiene los siguientes objetivos:

- Identificar y priorizar los servicios ecosistémicos hídricos de interés para las EPS en las cuencas priorizadas.
- Priorizar acciones de conservación y/o recuperación de los SEH en base al criterio costo – efectividad
- Diseñar indicadores de desempeño (a nivel de actividad, resultado e impacto) de los SEH priorizados, incluida su línea de base en los casos que sea posible con la información disponible.
- Diseñar un sistema de monitoreo y evaluación de los indicadores de actividad, resultado e impacto sobre el SEH.

Para realizar el DHR se ha diseñado 6 fichas, cada una describiendo y/o caracterizando un tema en particular relacionado con los mecanismos RSE:

Ficha N°1: descripción de la Oferta Hídrica y caracterización hidrológica de la cuenca;

Ficha N°2: descripción y caracterización de la demanda hídrica en la cuenca;

Ficha N°3: descripción y caracterización de los servicios ecosistémicos hídricos;

Ficha N°4: beneficios hidrológicos de las acciones del mecanismo de RSE;

Ficha N°5: descripción del monitoreo actual de la cuenca, hidra-meteorológico y operacional;

Ficha N°6: descripción y mapeo de los actores involucrados en la conservación y aprovechamiento de los SEH en la cuenca.

El llenado de las fichas se realiza a través de revisión bibliográfica facilitada por los contratantes y principalmente a través de una visita de campo a la cuenca en estudio y una serie de entrevistas con actores clave que están relacionados con la gestión del agua en la cuenca y con representantes de la organización que promueve el mecanismo RSE en la cuenca.

4.1.1 Metodología

El Diagnóstico Hidrológico Rápido consiste en las siguientes partes:

- Reunión de arranque (presentación de la metodología y solicitud de información)
- Recopilación de información secundaria (entrega por parte de SUNASS).
- Recorrido de Campo
- Reunión de Entrada con la EPS
- Recorrido de la microcuenca con entrevistas a los actores.
- Análisis de la información recopilada
- Primera entrega de fichas e informe



- Socialización de Resultados
- Entrega final de fichas e informe

4.1.2 Recorrido de la microcuenca con entrevistas a los actores

Las reuniones y entrevistas fueron una fuente de información muy importante para el desarrollo del Diagnóstico Hidrológico Rápido. A continuación se describe las actividades y entrevistas realizadas durante la implementación del DHR de la subcuenca Shullcas.

El trabajo de campo se realizó del 29 de setiembre al 03 de octubre del 2014, todas las actividades se hicieron con un representante del MINAM.

Se realizaron las siguientes actividades:

- 29 de setiembre de 2014. Reunión con representantes de SEDAM Huancayo S.A., en la oficina de dicha institución, a manera de apertura de la visita.

Participaron de esta reunión:

Nº	Nombres y Apellidos	Institución	Cargo
1	Hugo Vilcahuamán Tadeo	SEDAM Huancayo S.A.	Jefe de Área de Ingeniería
2	Iván Pérez Garay	SEDAM Huancayo S.A.	Jefe de Área de Operaciones
3	Alfredo Perales	SEDAM Huancayo S.A.	Jefe Oficina General de Planificación y Presupuesto
4	Marco Ramón Tacori	SEDAM Huancayo S.A.	Gerente General
5	Hugo Valdivia	PRODERN	ATN PUPN
6	Carlos Gutierrez	PRODERN	ATN GAR
7	Sandro Domínguez	MINAM	
8	Bert De Bievre	CONDESAN	
9	Luis Acosta	CONDESAN	
10	Katya Pérez	CONDESAN	
11	Timos Varpouzolio	Universidad de Wageningen	

- 30 de setiembre de 2014. En la mañana se asistió a la presentación del Plan Maestro del Área de Conservación Regional Huaytapallana, posteriormente se realizó una reunión con delegados de SEDAM Huancayo S.A., en la oficina de dicha institución.

Participaron de esta reunión:

Nº	Nombres y Apellidos	Institución	Cargo
1	Angela Bastidas	SUNASS-ODS-HUANCAYO	Representante
2	Iván Pérez Garay	SEDAM Huancayo S.A.	Jefe de Área de Operaciones
3	Wilfredo Córdova	SEDAM Huancayo S.A.	Jefe PTAV
4	Sandro Domínguez	MINAM	
5	Bert De Bievre	CONDESAN	
6	Luis Acosta	CONDESAN	



7	Katya Pérez	CONDESAN	
8	Timos Varpouzolio	Universidad de Wageningen	

- c) 30 de setiembre de 2014. Reunión con la Aurtoridad Administradora del Agua., en la oficina de dicha institución.

Participaron de esta reunión:

Nº	Nombres y Apellidos	Institución	Cargo
1	Juan Sulca	AAA	Jefe de la AAA Montero
2	Bert De Bievre	CONDESAN	
3	Luis Acosta	CONDESAN	
4	Timos Varpouzolio	Universidad de Wageningen	

- d) 01 de octubre de 2014. Recorrido a las fuentes hídricas de la SEDAM Huancayo S.A. En el recorrido se visitó la Captación N24, las Lagunas Lazo Huntay y Huacracocha, y en el camino se observó panorámicamente el estado de la cobertura vegetal en la microcuenca.

Participaron de este recorrido:

Nº	Nombres y Apellidos	Institución	Cargo
1	Angela Bastidas	SUNASS-ODS-HUANCAYO	Representante
2	Iván Pérez Garay	SEDAM Huancayo S.A.	Jefe de Área de Operaciones
3	David Núñez	SEDAM Huancayo S.A.	Técnico Topógrafo
4	Hugo Valdivia	PRODERN	ATN PUPN
5	Alcidez	SEDAM Huancayo S.A.	Lagunero
6	Sandro Domínguez	MINAM	
7	Bert De Bievre	CONDESAN	
8	Luis Acosta	CONDESAN	
9	Katya Pérez	CONDESAN	
10	Timos Varpouzolio	Universidad de Wageningen	

- e) 02 de octubre de 2014. Visita a la Planta de Tratamiento de la SEDAM Huancayo S.A.

Participaron de esta visita:

Nº	Nombres y Apellidos	Institución	Cargo
1	Roxana Flores	SEDAM Huancayo S.A.	Jefe de Laboratorio y Calidad de Control
2	Carlos Angu	SEDAM Huancayo S.A.	Supervisor de Planta
3	David Núñez	SEDAM Huancayo S.A.	Técnico Topógrafo
4	Sandro Domínguez	MINAM	
5	Bert De Bievre	CONDESAN	
6	Luis Acosta	CONDESAN	
7	Katya Pérez	CONDESAN	
8	Timos Varpouzolio	Universidad de Wageningen	



- f) 02 de octubre de 2014. Entrevista con representante de regantes.

Participaron de esta reunión:

Nº	Nombres y Apellidos	Institución	
1	FelixGarhuamacaRicse	Comisión de Usuarios Shullcas	Presidente
2	Sandro Domínguez	MINAM	
3	Bert De Bievre	CONDESAN	
4	Luis Acosta	CONDESAN	
5	Katya Pérez	CONDESAN	
6	Timos Varpouzolio	Universidad de Wageningen	

- g) 02 de octubre de 2014. Entrevista con ANA / AAA Mantero, en las instalaciones de dicha institución.

Participaron de esta reunión:

Nº	Nombres y Apellidos	Institución	
1	Geovany Vargas	ANA / AAA Mantero	Sub Director
2	Sandro Domínguez	MINAM	
3	Bert De Bievre	CONDESAN	
4	Luis Acosta	CONDESAN	
5	Katya Pérez	CONDESAN	
6	Timos Varpouzolio	Universidad de Wageningen	

- h) 02 de octubre de 2014. Reunión con el Gobierno Regional, en las instalaciones de dicha institución.

Participaron de esta reunión:

Nº	Nombres y Apellidos	Institución	Cargo
1	Carlos Gutierrez	PRODERN	ATN GAR
2	José Quispe Vera	GORE - Junín	Jefe del ACRHuaytapallana
3	ChristyMendez	GORE - Junín	GRRNGMA
4	Rosi Rojas	GORE - Junín	SGRNMA
5	Sandro Domínguez	MINAM	
6	Bert De Bievre	CONDESAN	
7	Luis Acosta	CONDESAN	
8	Katya Pérez	CONDESAN	

- i) 03 de octubre de 2014. Entrevista con representante de la Comunidad Acopalca

Participaron de esta reunión:

Nº	Nombres y Apellidos	Institución	
1	Saúl AlleaHuarca	Comunidad Campesina Acopalca	Presidente
2	Bert De Bievre	CONDESAN	



3	Luis Acosta	CONDESAN	
4	Katya Pérez	CONDESAN	
5	Timos Varpouzolio	Universidad de Wageningen	

- j) 03 de octubre de 2014. Reunión con representantes de SEDAM Huancayo S.A., en la oficina de dicha institución, a manera de finalización de la visita.

Participaron de esta reunión:

Nº	Nombres y Apellidos	Institución	Cargo
1	Marco Ramón Tacori	SEDAM Huancayo S.A.	Gerente General
2	Iván Pérez Garay	SEDAM Huancayo S.A.	Jefe de Área de Operaciones
3	Alfredo Perales	SEDAM Huancayo S.A.	Jefe Oficina General de Planificación y Presupuesto
4	Bert De Bievre	CONDESAN	
5	Luis Acosta	CONDESAN	
6	Katya Pérez	CONDESAN	

4.1.3 Socialización de resultados preliminares

- k) Reunión de Socialización de Resultados, Lima

La reunión se realizó el 7 de noviembre de 2014, participaron:

Nº	Nombres y Apellidos	Institución	Cargo
1	Rogelio Rivas	SUNASS	
2	Miguel Layseca	SUNASS	
3	María Mercedes Medina	PRODERN	
4	Diana Miranda	MINAM	
5	Sandro Dominguez	MINAM	
6	Luis Acosta	CONDESAN	
7	Bert De Bievre	CONDESAN	

- l) Reunión de Socialización de Resultados, se realizó en Huancayo el 11 de noviembre.



4.2 Fichas DHR

Ficha N° 1: Información Institucional e Hitos del Proceso	
Nombre de la Cuenca Piloto	Microcuenca del río Shullcas
Instituciones Promotoras	Gobierno Regional de Junín
	SEDAM Huancayo S.A., Empresa de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Municipal de Huancayo
	Comité Impulsor
	CARE Perú
	PRODERN, Programa de Desarrollo Económico Sostenible y Gestión Estratégica de los Recursos Naturales en Apurímac, Ayacucho, Huancavelica, Junín y Pasco
	Mesa de Diálogo Ambiental, Región Junín
	Autoridad Regional Ambiental
Instituciones Participantes	Gobierno Regional de Junín
	SEDAM Huancayo S.A., Empresa de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Municipal de Huancayo
	ALA, Autoridad Local del Agua
	CARE Perú
	Comunidad de Acopalta
	Comité Impulsor
	PRODERN, Programa de Desarrollo Económico Sostenible y Gestión Estratégica de los Recursos Naturales en Apurímac, Ayacucho, Huancavelica, Junín y Pasco
Auspiciantes	Gobierno Regional de Junín
	SEDAM Huancayo S.A., Empresa de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Municipal de Huancayo
	PRODERN, Programa de Desarrollo Económico Sostenible y Gestión Estratégica de los Recursos Naturales en Apurímac, Ayacucho, Huancavelica, Junín y Pasco
Hitos del proceso	2011, Entrega de estudios de la cuenca del río Shullcas (CARE)
	2011, 21 de Julio. Se establece el Área de Conservación Regional Huaytapallana.
	2014, Presentación del Plan de Manejo del ACR Huaytapallana
Persona de Contacto (nombre, cargo, mail)	Hugo Valdivia PRODERN hugo.valdivia@btcctb.org



Ficha N° 2: Identificación y descripción de la Unidad de Análisis

I. Ubicación Política y Geográfica de la Cuenca

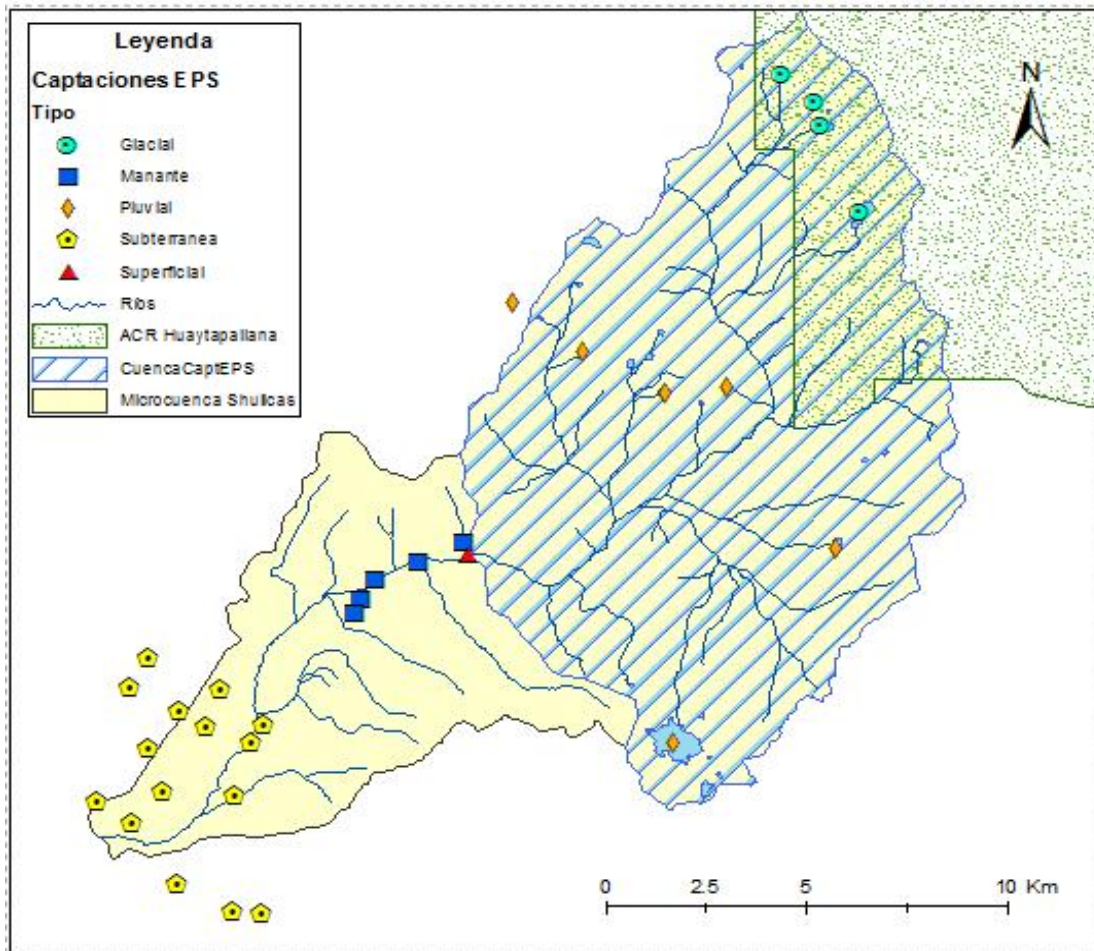
Nombre Común	Microcuenca del río Shullcas		
Ubicación Política:			
Distrito	Huancayo y el Tambo		
Provincia	Huancayo		
Region	Junín		
Ubicación Geográfica:			
Coord. Norte	8687410 a 8665086		
Coord. Este	496047 a 474181		
Altitud	Mayor	5557	Menor 3200
Área de la cuenca (km2)	221.9		
Delimitacion Hidrografica	Codigo ANA		
Region Hidrografica	Amazonas	4	
Unidad Hidrografica	Ucayali	499	
Cuenca	Mantaro	4996	
Subcuenca			
Microcuenca	Shullcas		

II. Delimitación de la unidad de análisis

Descripcion de la Unidad de Analisis	<p>Existen dos escalas de trabajo diferentes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Subcuenca del río Shullcas 2. La microcuenca de aporte a la principal captación de la SEDAM Huancayo, "Captación 24". <p>Este DHR se enfoca en la segunda escala.</p>
--------------------------------------	---



Mapas



Ficha N° 3: Caracterización de la Oferta Hídrica de la Unidad de Análisis

Características de la Unidad de análisis				
Área de la cuenca (km2)	Cuenca del río Shullcas: 221.9 Cuenca de aporte para SEDAM Huancayo:156.2			
Rango de altitudes (m.s.n.m)	Mayor	5557	Menor 3200	
Descripción de topografía predominante				
Fuentes actuales del Agua	Tipo de Fuente	Descripción		
	Superficial	La EPS capta el agua del río Shullcas, cuya agua proviene de 10 lagunas que son reguladas a manera de embalses.		
	Subterránea	SEDAM también capta agua de un conjunto de pozos que se encuentran en Huancayo y manantes ubicados en la cuenca media.		
	Glacial	4 de las 10 Lagunas ubicadas en la cabecera de la cuenca del río Shullcas, reciben un aporte del deshielo de glaciares		
Coberturas actual (% de cada cobertura)	Tipo		%	Área (km2)
	Cuenca del río Shullcas			
	Pajonal/Césped de puna		58.2%	129.1
	Herbazal de tundra		14.4%	32.1
	Cultivos Agropecuarios		7.3%	16.1
	Bofedal		7.1%	15.7
	Urbano		5.1%	11.4
	Tierras Andinas sin Vegetación		4.1%	9.0
	Nevados		2.6%	5.8
	Forestal		1.3%	2.8
Año de actualización:		2011		
Fuente:		Información Geográfica proporcionada por CARE Junín		
Usos de la tierra actual (% de cada uso)	Tipo		%	Área (km2)
	Cuenca del río Shullcas			
	Pastoreo		82%	182.2
	Agrícola		7%	15.4
	Urbano		6%	13.0
	Nevado		3%	5.8
	Forestal		2%	3.9
	Agrícola_Secano		1%	1.7
Año de actualización:		2011		
Fuente:		Información Geográfica proporcionada por CARE Junín		
Cambios en el uso de la tierra	Cambio	Causa	Estado	Impacto
	Quema de pastos naturales	Dar lugar a nuevos brotes para la alimentación del ganado	Actividad realizada por la comunidad Acopalca en la cabecera de la cuenca	Erosión del suelo, pérdida de la capacidad de regulación
	Destrucción de pastos naturales	Expansión de la agricultura intensiva	Actividad realizada por la comunidad Acopalca en la cabecera de la cuenca	Disminución de la regulación hídrica de la cuenca y producción de sedimentos en el agua
	Construcción de zanjas de infiltración y protección de estas áreas con cercas	Proyecto de la ONG CARE con el PRAA, para la adaptación al cambio climático	Proyecto finalizado	Mejora en la capacidad de regulación hídrica



	Reforestación	Proyecto de la ONG CARE con el PRAA, para la adaptación al cambio climático	Siembra de árboles en conjunto con la construcción de zanjas	Mejora en la capacidad de regulación hídrica Disminución en la producción de sedimentos
	Incremento del área urbana	Crecimiento poblacional de la ciudad de Huancayo	Huancayo tiene una alta tasa de crecimiento	Reducción del área agrícola, impermeabilización del suelo, posible impacto sobre la recarga del agua subterránea
	Fuente: Entrevistas y visitas de campo del DHR Informes CARE Junín			
Principales problemas relacionados con la oferta hídrica	Problema	Causa		Observaciones
	Disminución de la calidad del agua proveniente de la laguna de Huacracocha	Presencia de piscicultura en la laguna de Huacracocha ha originado la proliferación de algas y microalgas en el agua, aún después de que se ha clausurado esta actividad.		
	Contenido de sodio y magnesio en el agua proveniente de pozos	Contenido natural de estos componentes en los puntos de extracción del agua subterránea		Para que la EPS pueda utilizar esta agua, debe ser diluida
	Se ha identificado contaminación y presencia de desperdicios en las fuentes hídricas, (principalmente Lazohuntay).	Actividades culturales y turísticas en la laguna. La actividad cultural consiste en entregar pagos al Huaytapallana lo que involucra una serie de desperdicios sólidos y líquidos en los alrededores de la laguna		SEDAM y la Comunidad de Acopalca realizan faenas para la limpieza de la laguna.

Estacionalidad de la lluvia			
Precipitación Anual	(mm)		
Período de lluvias	Diciembre a marzo		
Mes más lluvioso			Precipitación promedio (mm/mes)
Período de estiaje	Junio a Septiembre		
Mes más seco			Precipitación promedio (mm/mes)

Conclusiones sobre el grado de conocimiento hidrológico y cambios del uso de la tierra	<p>La oferta hídrica para SEDAM Huancayo es de 3 tipos: superficial, subterránea y del deshielo glacial. El aporte subterráneo es muy importante, constituyéndose la mayor contribución para la EPS entre los 3 tipos.</p> <p>En cuanto a la oferta hídrica de tipo superficial, un conjunto de 10 lagunas (4 con aporte Glaciar y 6 de tipo pluvial), son operadas permanentemente a manera de embalses para que posteriormente, aguas abajo, el agua sea captada del río Shullcas (Captación N°24).</p>
--	---



Ficha N° 4: Caracterización de la Demanda Hídrica de la Unidad de Análisis			
Usos actuales del Agua Agricultura (%) Consumo humano (%) Hidroenergía (%) Otros (%)	Principales Usos	Descripción	%
	Consumo Humano	SEDAM Huancayo tiene una demanda actual de 1500 a 1600 lt/s, de los cuales aproximadamente 600 lt/s provienen de la captación del río Shullcas y ~ 900 lt/s de pozos subterráneos. Adicionalmente existen 4 juntas de agua potable que captan 70 lt/s del río Shullcas	53% del río Shullcas (SEDAM + Juntas de agua)
	Riego	La junta de riego está dividida en dos: la margen derecha capta 400 lt/s y la margen izquierda capta 100 lt/s	47% del río Shullcas
	Acuicultura	Crianza de truchas en la cuenca alta y media del río Shullcas. Se desconoce el caudal captado, sin embargo éste caudal retorna al río (sin tratamiento)	
Futuras demandas de agua en la cuenca: En que sector se prevé el incremento de la demanda y si se tiene idea del porcentaje que incrementará	Debido al crecimiento de la ciudad de Huancayo se estima un incremento en la demanda urbana, la tasa de crecimiento de Huancayo es del 0.015%. También se estima un crecimiento en la demanda de agua para riego. Con el fin de cubrir este incremento se ha presentado un proyecto que consiste: * Incremento de la altura de la represa de la laguna Huacracocha que permitiría almacenar 4 millones de m3 adicionales. * aumentar el almacenamiento de la laguna de Yanacocha * construcción de dos represas adicionales.		
Usuarios actuales del agua	SEDAM Huancayo tiene 3 administraciones: Huancayo, Víques-Huacrapuquio y Orcotuna, con un total de 331374 habitantes en el año 2012 (73884 conexiones de agua), según el Plan Maestro Optimizado de la EPS. La Comisión de Regantes tiene un total de 2350 usuarios, que se dividen en: 2000 en la margen derecha del río Shullcas y 350 en la margen izquierda, con una superficie total de área regada de 1641 has.		
Principales problemas relacionados con el uso del agua	Problema	Causa	Observaciones
	Población con acceso restringido al servicio de agua potable, ciertos barrios tienen acceso por horas	Capacidad de los reservorios no cubre la demanda	
	Encarecimiento del tratamiento del agua proveniente de la laguna de Huacracocha	Presencia de microalgas por los resagos de la actividad piscícola en la laguna	En el 2013 fueron clausuradas las piscinas, pero el problema persiste
	Alto costo por el bombeo del agua subterránea	El costo de energía eléctrica por el bombeo es de aproximadamente 18000 soles por 30 m3 de agua	
Conflictos por el agua entre usuarios	Anteriormente existió un conflicto de la Junta de Regantes con SEDAM Huancayo por la entrega de agua durante la época de sequía. Actualmente el conflicto ha sido superado; sin embargo, preocupa a la SEDAM que el sistema de lagunas pasará a ser administrado por el comité de Regantes. Falta de aplicación de la legislación respecto a descargas sin tratamiento de los criaderos de truchas a las quebradas que son las fuentes de agua potable.		
Conclusiones sobre el uso y demanda	SEDAM Huancayo es un usuario de la Comisión de Regantes, y debido al crecimiento permanente de la demanda, la Junta de Regantes actualmente está gestionando un proyecto para cubrir dicha demanda, mediante el incremento de la capacidad de los embalses existentes y la construcción de nuevos embalses. Se desconoce el estado actual del agua subterránea en la ciudad de Huancayo, esto a pesar de ser la principal fuente hídrica para SEDAM. De las 10 lagunas operadas a manera de embalse, la laguna de Huacracocha aporta con el 60% de agua, es decir su aporte en cuanto a cantidad es muy importante. Sin embargo, la calidad de agua de esta fuente es baja por la presencia de microalgas, lo que encarece su tratamiento. El origen de las microalgas es debido a actividad de piscicultura que ya ha sido clausurada.		
Recomendaciones sobre el uso y demanda	Si bien es cierto que el crecimiento de la demanda obliga a buscar nuevas fuentes para la demanda futura, es importante concentrar esfuerzos en el manejo adecuado de las fuentes hídricas actuales. En este sentido, es importante investigar sobre el estado actual del agua subterránea de Huancayo que es la principal fuente hídrica para la ciudad.		



Ficha N° 5: Caracterización de los Servicios Ecosistémicos Hídricos de la Unidad de Análisis

	SEH	Prioridad	Beneficiarios Directos del SEH	Beneficiarios Indirectos del SEH	Coadyuvantes del SEH	Zonas de importancia para el servicio
Cuál es el SEH que se está generando en la cuenca?	Regulación hídrica	Alta	Junta de Regantes	SEDAM Huancayo Población de Huancayo	Comunidad de Acopalca	Cuenca de Aporte al punto de captación de la SEDAM Huancayo
	Calidad Química del Agua	Media	SEDAM Huancayo	Población de Huancayo	Comunidad de Acopalca	Cuenca de Aporte al punto de captación de la SEDAM Huancayo
Conclusiones sobre el grado conocimiento de los SEH en la cuenca	<p>Los conflictos que surgen durante las épocas de estiaje, permiten asegurar que uno de los servicios ecosistémicos hídricos prioritarios para la subcuenca Shullcas, es la Regulación Hídrica.</p> <p>Otro SEH de prioridad es la Calidad Química del Agua, se asigna esta prioridad ya que el agua de la Laguna de Huacracoche posee microalgas por la presencia de criadero de truchas, lo que encarece su tratamiento.</p> <p>El Servicio de Belleza Escénica también se considera prioritario debido a la importancia turística que representa el Huaytapallana y el impulso turístico que el Gobierno Regional se encuentra emprendiendo.</p>					
Recomendaciones sobre el grado de conocimiento de los SEH en la cuenca	<p>En la actualidad no se dispone de ninguna serie de datos que permita evaluar el impacto de las acciones implementadas hasta el momento.</p>					



Ficha N° 6: Beneficios hidrológicos de las acciones implementadas o propuestas como parte del mecanismo de RSE

Acciones de conservación y/o cambio de uso de la tierra	La acción esta siendo implementada actualmente	La acción está en proyecto de implementación	Quien implementa la acción en el campo?	Descripción del beneficio /perjuicio al SE H de la acción implementadas o en proyecto
Construcción de Zanjas de Infiltración	X		CARE / PRAA PERU	Mejora la regulación hídrica
Construcción de cercas para evitar el paso de ganado a las áreas de exclusión de pastoreo (con zanjas de infiltración)	X		CARE / PRAA PERU	Las cercas permiten la recuperación natural de la cobertura vegetal, lo que beneficia a todos los servicios ecosistémicos hídricos, con un especial énfasis en la regulación hídrica.
Forestación con especies Nativas (Polilepis)	X		CARE / PRAA PERU	disminución de sedimentos y reducción de la capacidad reguladora hídrica
Implementación de un sistema de control y vigilancia en el ACR Huaytapallana		X	ACR Huaytapallana, Gobierno Regional	Evitar que se continúe el proceso de degradación en la cuenca (disminución sedimentos y regulación hídrica).
Repoblación de camélidos sudamericanos domésticos (alpacas y llamas) y silvestres (vicuñas) en el ámbito del ACR Huaytapallana.		X	ACR Huaytapallana, Gobierno Regional	Si esta repoblación reemplaza al ganado vacuno, disminuye la producción de sedimentos y mejora la regulación hídrica
Capacitación de autoridades, líderes locales, maestros y organizaciones juveniles en temas de educación ambiental		X	ACR Huaytapallana, Gobierno Regional	Fortalecen la sostenibilidad de las otras acciones, así como la organización entre instituciones, , lo que beneficia a todos los SEH.
Desarrollo e implementación de alianzas estratégicas para la investigación		X	ACR Huaytapallana, Gobierno Regional	Mejora el conocimiento de la dinámica hidrológica, ecológica en la microcuenca, lo que beneficia a todos los SEH.
Impulso a los servicios turísticos y a asociaciones artesanales de las comunidades campesinas del ACR Huaytapallana.		X	ACR Huaytapallana, Gobierno Regional	Ligado a la conservación de la cuenca alta, beneficia a la conservación del suelo y la cobertura vegetal, y con ello mejorar la regulación y la provisión de agua en la cuenca.
Difusión entre la población local los valores de la ACR Huaytapallana y las actividades que se realizan para su conservación.		X	ACR Huaytapallana, Gobierno Regional	Las campañas de difusión de los objetivos, justificación y acuerdos de conservación, fortalecen la sostenibilidad de las otras acciones.
Limpieza de desperdicios sólidos que la actividad cultural-turística deja en la laguna Lazohuntay	X	X	SEDAM Huancayo Comunidad Acopalca	Beneficia al SEH de Calidad Química del Agua y Belleza Escénica
Impulso a la gestión de actividades productivas ligadas a la conservación		X	PRODERN	Ligado a la conservación de la cuenca alta, beneficia a la conservación del suelo y la cobertura vegetal, y con ello mejorar la regulación y la provisión de agua en la cuenca.



<p>Conclusiones sobre las acciones implementadas o propuestas como parte del mecanismo de RSE</p>	<p>Se ha identificado varias acciones relacionadas con MRSE en proyecto de ser implementadas en el ACR Huaytapallana. El ACR cubre una pequeña parte del área de interés para la EPS. La Comunidad Acopalca ha participado en actividades de conservación de la cuenca alta del río Shulcas: trabajos de reforestación y construcción de zanjas de infiltración del proyecto CARE/PRAA, y en la limpieza de la Laguna LazoHuntay.</p>
<p>Recomendaciones sobre las acciones implementadas o propuestas como parte del mecanismo de RSE</p>	<p>Aplicar las actividades propuestas para el ACR Huaytapallana en la cuenca de aporte a la captación de la EPS, área que pertenece a la Comunidad Acopalca.</p>



Ficha N° 7: Monitoreo en la Unidad de Análisis actual, hidro-meteorológico y operacional

Información de caudales (disponible)				
	Nombre	Ubicación	Tipo	Observaciones
Estaciones hidrológicas existentes	Shullcas	Acopalca	Hidrográfica	
Frecuencia de toma de datos	?			
Período de datos disponibles en la estación	Esta estación es histórica		Observaciones	
Estado actual de la estación				
Funcionamiento Sin Funcionamiento (fecha)	No está claro si está operando regularmente. En AAA expresan dudas sobre el funcionamiento			
Caudal promedio registrado (m3/s)				

Información de precipitación (disponible)				
	Nombre	Ubicación	Tipo	Observaciones
Estaciones Pluviométricas existentes	Virgen de las nieves	En el abra de la carretera a Paríamarca	Pluviográfica automática	Operado por ElectroPerú
Frecuencia de toma de datos	Automática, anteriormente hubo estación pluviométrica convencional en el mismo sitio			
Período de datos disponibles en la estación			Observaciones	
Estado actual de la estación	En buen estado, pero no está claro si los datos están disponibles para otras instituciones			
Funcionamiento Sin Funcionamiento (fecha)	Funcionando			
Precipitación promedio (mm/mes)				

Otra Información Meteorológica (disponible)				
	Nombre	Ubicación	Tipo	Observaciones
Estaciones Meteorológicas existentes	Acopalca Lasuntay	centro de la comuna salida laguna	Convencional Automática con transmisión	SENAMHI instalado por proy PRAA
Variables monitoreadas	Temperatura, humedad relativa, viento, radiación solar			
Período de datos disponibles en la estación	Acopalca tiene registros largos Lasuntay fue instalado en 2012		Observaciones	
Estado actual de la estación	Acopalca operando normalmente. La operación de Lasuntay está en este momento poco claro. Al parecer ninguna institución quiere hacerse cargo de la operación.			
Funcionamiento Sin Funcionamiento (fecha)	En funcionamiento, aunque en el caso de Lasuntay, su operación está en riesgo.			

Conclusiones sobre el monitoreo en la unidad de análisis	<p>El monitoreo existente está muy limitado. Destaca la estación meteorológica convencional de Acopalca por tener registros largos, y la estación meteorológica de Lasuntay de reciente instalación por parte del proyecto PRAA, por ser una estación de la mejor calidad de equipos y disponer de transmisión a tiempo real. Sin embargo, quedó en evidencia durante la visita que existe una responsabilidad clara sobre la operación de esta última estación.</p> <p>El monitoreo de caudales en la cuenca es muy pobre. La estación histórica en el río Shullcas es una estación que no mide caudales naturales del río, ya que el caudal que pasa por esta estación está afectada por la operación del sistema de lagunas, es decir, nos proporciona más información sobre esta operación que sobre la hidrología natural de la cuenca. No existe información de caudales naturales en toda la cuenca del Río Shullcas.</p>
Recomendaciones sobre el Monitoreo en la unidad de análisis	<p>La inversión realizada por el proyecto PRAA en la estación meteorológica Lasuntay está en riesgo de perderse por falta de quien asuma su operación.</p> <p>Es necesario reflexionar con los actores involucrados sobre las necesidades de información de caudales que apoyen el Mecanismo de Retribución.</p>

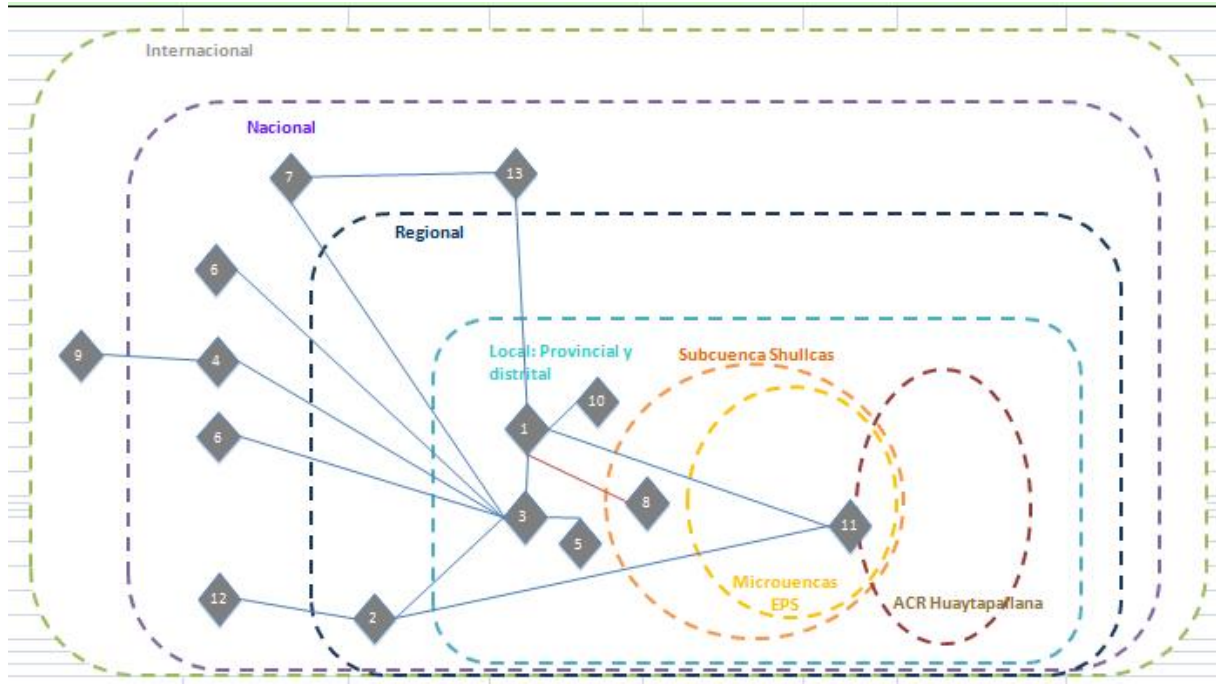


Ficha N° 8: Actores involucrados en la conservación y Aprovechamiento de los SE H en la Unidad de Análisis

No.	Principales Actores relacionados con la gestión del Agua	Relación directa con el Aprovechamiento del SEH	Relación directa con el proceso MRSEH	Interés en la conservación y/o relación indirecta con SEH	Tipo de actor: gubernamental, privado, comunitario, otro	Actor entrevistado?	Divergencia de intereses con otro actor	Poseen experiencia y/o recursos para medidas de retribución de SE H	Relevancia implementación medida retribución SE H
1	SEDAM Huancayo S.A.	X			Gubernamental	Si	Con la Junta de regantes durante épocas de Estiaje	Cobro de un valor adicional mensual por cada planilla de agua para el desarrollo de las actividades de RSE	X
2	Gobierno Regional de Junín (ACR Huaytapallana)			X	Gubernamental	Si		Interés en la conservación de las fuentes hídricas de la región para el manejo integral de sus recursos.	
3	Grupo Impulsor		X		Privado	Si		Gestión, articulación y difusión de la iniciativa de RSE	X
4	PRODERN			X	Cooperación Internacional	Si		Asesoría técnica, complementada con asesoría organizacional y capacitación.	
5	ALA/ANA			X	Gubernamental	Si		Normatividad para el uso del agua, Ley de RH, autoridad para hacer cumplir la normativa y/o monitorear su cumplimiento	
6	CARE-Perú			X	Privado	Si		Apoyo y gestión de las actividades de desarrollo integral de las localidades rurales ubicadas en las cabeceras de cuenca.	
7	Ministerio del Ambiente			X	Gubernamental	Si		Rectoría del sector ambiental que comprende los servicios ecosistémicos	
8	Comisión de Regantes	X			Privado	Si	Con SEDAM Huancayo por el manejo de los embalses	Apoyo a las actividades de conservación de las fuentes hídricas, mediante mingas de trabajo	X
9	Cooperación Técnica Belga			X	Cooperación Internacional	Si		Financiamiento de actividades relacionadas con el crecimiento económico y la inclusión social.	
10	Municipalidad Provincial de Huancayo			X	Gubernamental	No		Respaldo a la iniciativa RSEH	
11	Comunidad Acopalca		X		Comunitario	Si		Predisposición para aceptar y respetar los acuerdos de MRSE. Apoyo a las actividades de recuperación y conservación de las cabeceras de cuenca	X
12	SERNANP, Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado			X	Gubernamental	No		Orientar y apoyar la gestión del ACR Cordillera Escalera, cuya administración está a cargo del Gobierno Regional San Martín	
13	SUNASS			X	Gubernamental	Si		Marco legal para regular, supervisar y fiscalizar el desarrollo del mercado de servicios de agua potable y alcantarillado, así como resolver los conflictos derivados de éstos	

Conclusiones sobre los Actores involucrados	<p>Varios actores se relacionan a través del Comité Impulsor, esto hace que la propuesta tenga una mayor fuerza.</p> <p>La Junta de Regantes, el mayor usuario de recursos hídricos en la cuenca del Shullcas, no está involucrado en la iniciativa de MRSE</p> <p>Problemas de articulación y coordinación interinstitucional debido a la presencia de varias organizaciones trabajando de manera independiente en el manejo de recursos naturales en la microcuenca.</p>
Recomendaciones sobre los Actores involucrados	Fortalecer la alianza del Grupo Impulsor con la Comisión de Regantes, quienes están abiertos a participar en la conservación de la cuenca alta mediante faenas de trabajo.





4.3 Registro Fotográfico



Recorrido de Campo Laguna Lazohuntay



Recorrido de campo Estación Meteorológica instalada por el PRAA



Equipo de recorrido de Campo



Recorrido de campo Laguna Huacracocha



Recorrido de campo - estado de la cobertura vegetal natural



Planta de tratamiento SEDAM Huancayo



Recorrido de campo Estación Meteorológica del SENAMHI



Recorrido de campo Estación Meteorológica del SENAMHI



4.4 Ejemplos de equipos para el monitoreo hidrológico

SENSOR DE NIVEL

MODELO: SENSOR DE NIVEL INSTRUMENTATION NORTHWEST

MARCA AQUISTAR INW PT2X

- ✓ Registros de presión y temperatura
- ✓ Datalogger Integrado hasta 520.000 registros
- ✓ Diseño de compensación por las condiciones volátiles
- ✓ Se conecta fácilmente con otros sensores a través de la red RS485
- ✓ PT2X es ideal para la observación de los patrones de flujo, pruebas de bombeo, y el seguimiento de los niveles de las aguas subterráneas, ríos, tanques.

Está construido con acero inoxidable 316, Viton y Teflón proporciona lecturas de alta precisión en condiciones de campo, es robusto y resistente a la corrosión.

Características del Sensor

- ✓ Medidas de presión, temperatura y tiempo
- ✓ Disponible con cable ventilado y para mediciones absolutas
- ✓ Diseño de compensación de temperatura, donde las temperaturas del agua varían, como por ejemplo en los arroyos o las aplicaciones industriales de tanques
- ✓ Precisión típica : $\pm 0.06\%$ FSO
- ✓ Potencia, consumo bajo 2 baterías internas AA fácil de reemplazar
- ✓ Opciones de alimentación externa (12 V) con 2 baterías internas AA como seguridad
- ✓ Acero inoxidable 316, Viton, Teflón y la construcción (de titanio opcional)
- ✓ Disponible tanto para Modbus y los protocolos de SDI-12
- ✓ Se puede conectar accesorios para transmisión vía GPRS



ESPECIFICACIONES TECNICAS PARAMETROS	INW
PT2X	
CAPACIDAD DE MEMORIA	4MB, 520.000 registros memoria no volátil - sin pérdida de datos en el caso de un fallo de alimentación
MATERIAL DE LA CARCASA	Cuerpo Delrin y acero inoxidable 316 Protección Rating IP68, NEMA 6P (Desecante 1-3 mm indica gel de sílice (alta o capacidad estándar))
MATERIAL DEL SENSOR DE PRESION	Cerámica
DURACION DE LA BATERIA	2x1.5V AA alcalina duración aproximada 18 meses
DIMENSIONES	Longitud 30.2 cm cableado; 29,5 cm sin cables; diámetro1,9 cm
PESO	400 gramos
RANGO DE MEDICION	se puede calibrar según la columna de agua que se quiera medir
TIPODE PRECISION	± 0.05% FSO precisión típica
RESOLUCION	0.0034% FS
COMUNICACION	RS485 Modbus RTU
SDI-12	
TEMPERATURA	
RANGO DE TEMPERATURA	-40 a 80°C
PRECISION	± 0,5 ° C
RESOLUCION	0,1 ° C
RANGO COMPENSADO	-15 a 55°C

PLUVIOMETRO

MODELO: RG3-M (DATALOGGER INCLUIDO)

MARCA: ONSET

Este medidor de lluvia totalmente autónomo utiliza un colector de inflexión (cubeta basculante) y un Datalogger Pendan Event HOBO para registrar automáticamente hasta 3200 mm de

www.condesan.org



precipitación datos que se pueden utilizar para determinar las tasas de precipitación, horas y duración. También se registra la temperatura cuando se utiliza con un escudo de radiación solar opcional (RS1 Protector de Radiación Solar, o RSA M-).

La memoria no volátil retiene los datos incluso si la batería falla. La fecha de inicio y el tiempo puede ser programado por el usuario.

Mide hasta 10 centímetros de lluvia por hora con una resolución de 0.2 milímetros.

Almacena hora y fecha, proporciona detalles necesarios para determinar las tasas de precipitación y duración

Pluviómetro confiable, probado en el campo, una de las desventajas que presenta este equipo está en que la batería debe ser cambiada periódicamente.

PARAMETROS	ONSET
RG3-M	
TIPO DE SENSOR:	Cubeta basculante de aluminio
DIÁMETRO	15,24cm
RANGO DE TEMPERATURA DE OPERACIÓN	0 a 50°C
PRECISIÓN	± 1,0% (hasta 1 pulg / hora para el RG3 o 20 mm / hora para el RG3-M.)
MATERIAL	Aluminio
RESOLUCIÓN:	1 Tip
RESOLUCIÓN POR TIP:	0,2mm
MÁXIMA INTENSIDAD	100mm/hora
PESO	2,5 libras 1,2Kg
ALTURA	25,72cm

Características del Sensor

- ✓ Medidas de presión, temperatura y tiempo
- ✓ Disponible con cable ventilado y para mediciones absolutas



- ✓ Diseño de compensación de temperatura, donde las temperaturas del agua varían, como por ejemplo en los arroyos o las aplicaciones industriales de tanques
- ✓ Precisión típica : $\pm 0.06\%$ FSO
- ✓ Potencia, consumo bajo 2 baterías internas AA fácil de reemplazar
- ✓ Opciones de alimentación externa (12 V) con 2 baterías internas AA como seguridad
- ✓ Acero inoxidable 316, Viton, Teflón y la construcción (de titanio opcional)
- ✓ Disponible tanto para Modbus y los protocolos de SDI-12



4.5 Protocolo IMHEA

GUÍA METODOLÓGICA PARA EL MONITOREO HIDROLÓGICO DE ECOSISTEMAS ANDINOS

Célleri, Rolando^a; De Bièvre, Bert^b; Ochoa, Boris^{a,b}; Villacís, Marcos^c.

^a Grupo de Ciencias de la Tierra y del Ambiente, DIUC, Universidad de Cuenca (Ecuador).

^b Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina – CONDESAN.

^c Escuela Politécnica Nacional de Quito (Ecuador).

Resumen

La implementación de iniciativas para la conservación de cuencas andinas con énfasis en los recursos hídricos ha puesto a la luz muchas limitaciones técnicas, principalmente debido a la falta de conocimiento sobre los procesos hidrológicos y los impactos de las prácticas humanas sobre el recurso agua en ecosistemas andinos. La gran variabilidad de ecosistemas, climas y geomorfología en los Andes limita la aplicación de resultados que puedan ser generalizables en esta gran diversidad de ambientes y exige un mayor número de investigaciones hidrológicas a escala local, pero con un enfoque regional. Para incrementar el conocimiento de los procesos hidrológicos en los ecosistemas andinos y, en particular sobre los impactos del uso de la tierra sobre la regulación de caudales, varias instituciones han conformado la Iniciativa Regional de Monitoreo Hidrológico de Ecosistemas Andinos (iMHEA) basada en una colaboración activa y coordinada entre centros de investigación, gobiernos locales, nacionales y regionales, y organismos no gubernamentales. Este documento sintetiza los aportes y acuerdos alcanzados por este grupo de interesados en hacer monitoreo hidrológico, y establece criterios clave para realizar la instrumentación de microcuencas y su posterior monitoreo. Estos criterios pretenden asegurar que los datos y resultados derivados de un conjunto de microcuencas monitoreadas en ecosistemas andinos puedan ser integrados y comparados entre sí. De esta manera, se espera contribuir de la forma más efectiva a la generación de información relevante y útil para realizar interpretaciones y conclusiones regionales y aumentar significativamente la representatividad de la información disponible ante condiciones tan variables presentes en los ecosistemas de los Andes Tropicales.

1. UNA INICIATIVA REGIONAL DE MONITOREO HIDROLÓGICO DE ECOSISTEMAS ANDINOS: ANTECEDENTES

Debido a la extensión de los Andes, a la diversidad de ecosistemas y a la variabilidad espacial del clima, las labores de monitoreo son inmensas. A pesar de que en la actualidad las diferentes agencias nacionales de hidrología y meteorología mantienen varias redes hidrometeorológicas, es muy complicado generar información de forma permanente en todas las cuencas andinas prioritarias o requeridas por los distintos grupos de interés. Una solución a este problema es la acción coordinada y colaborativa entre grupos de investigadores y actores locales (empresas de agua potable, gobiernos locales, ONG, entre otros), actores nacionales (gobiernos, instituciones y servicios a cargo de redes de hidrología y meteorología) y actores regionales (Célleri et al., 2010). Para ello se vuelve imperativo vincular la información generada a múltiples escalas para aumentar el conocimiento y entendimiento de la hidrología de los ecosistemas andinos.

A partir del 2010, con la organización de un primer taller entre instituciones y organizaciones involucradas con el monitoreo a escala local, en la Universidad de Cuenca, Ecuador, se ha conformado www.condesan.org



la Iniciativa Regional de Monitoreo Hidrológico de Ecosistemas Andinos (iMHEA) con el objetivo de incrementar y fortalecer el conocimiento sobre la hidrología de ecosistemas andinos para mejorar la toma de decisiones en cuanto a la gestión integral de recursos hídricos a nivel de la región andina. Para ello se propone generar y gestionar información con estándares comunes, promover la interacción entre múltiples actores interesados en la hidrología de ecosistemas andinos, fortalecer las capacidades técnicas de actores locales, y divulgar y hacer accesibles a todos los actores los conocimientos generados.

Hasta ahora el monitoreo de pequeñas cuencas ha sido realizado principalmente por grupos académicos e investigación, ONG y municipios en áreas con una baja densidad de estaciones hidrometeorológica de las redes nacionales. Los grupos de investigación han trabajado típicamente en pequeñas cuencas experimentales (<15 km²), en función de objetivos de investigación específica y equipadas con una densa red de monitoreo (varios pluviógrafos, sensores de nivel, sensores de humedad, estaciones meteorológicas, etc.) para estudios de procesos hidrológicos. Por otro lado, los actores locales, nacionales y regionales normalmente trabajan en cuencas donde existen problemas relacionados con el (uso del) agua. Estos actores están empezando a implementar sistemas de monitoreo básico en sus cuencas de interés (por lo general inferior a 50 km²), a fin de contar con información sobre la variabilidad del aporte hídrico de sus cuencas. Estas escalas espaciales coinciden con aquellas de los proyectos de gestión/manejo de cuencas, que van de decenas o centenas de hectáreas (p. ej. reforestación) a decenas de km² (p.ej. protección de ecosistemas), por lo que éstas se consideran como escalas prácticas donde se requiere el monitoreo y la predicción hidrológica.

Mientras los datos obtenidos en cuencas experimentales son utilizados para la generación de conocimiento, y desarrollo y prueba de modelos hidrológicos, los datos conseguidos en las cuencas de los actores locales y regionales son utilizados para analizar y desarrollar soluciones para los problemas hídricos. Dadas las diferencias de objetivos que persiguen las diversas instituciones, el tipo y la configuración de los sensores y otros equipos de monitoreo, por lo general, son diferentes, así como la frecuencia de toma de datos e incluso la duración de los períodos de observación o monitoreo. El reto entonces es combinar las necesidades e intereses de estos sectores, para así derivar en un conjunto de métodos que promueva que la información sea consistente y que pueda servir simultáneamente a varios objetivos.

Al impulsar una acción coordinada y colaborativa en la región se puede promover que los grupos de investigación, los actores locales, y los institutos y servicios nacionales y organizaciones regionales trabajen conjuntamente para resolver los problemas hídricos más importantes a diversas escalas. Los grupos de investigación pueden apoyar a los actores locales y regionales con el diseño de sus redes de monitoreo, selección e instalación de equipos; asistencia en el procesamiento de datos, y generación de reportes sobre la condiciones hidrológicas que sean la base para la comunicación con las comunidades involucradas. Los actores locales, a menudo apoyados por técnicos de ONG, pueden ser los responsables del mantenimiento de los sensores e infraestructura, descarga de datos, pondrían a disposición los datos para su procesamiento, y participarían cofinanciando proyectos de investigación aplicada. Finalmente, las autoridades y agencias hidrometeorológicas nacionales, siendo los responsables de la generación de información a escala nacional, pueden promover vínculos con actores de la sociedad civil, incluidos universidades, centros de investigación y organizaciones no gubernamentales, que generan información hidrometeorológica a escalas complementarias.

A través de esta colaboración, se promueve también un proceso enriquecedor de intercambio de experiencias, los actores locales, nacionales y regionales tendrán la posibilidad de aumentar su nivel de conocimiento e interpretación de los procesos ambientales que ocurren en sus cuencas y compararlas a un nivel regional, los grupos de investigación se beneficiarán al contar con datos de calidad en varias cuencas distintas donde se podrán verificar las hipótesis y otras preguntas de investigación, y los institutos nacionales podrán integrar la información generada en estas estaciones para llenar vacíos de información en sitios donde la densidad de la red nacional es baja.



Este documento sintetiza los aportes y acuerdos alcanzados por este grupo de interesados en hacer monitoreo hidrológico, y establece criterios clave para realizar la instrumentación de microcuencas y su posterior monitoreo. Estos criterios pretenden asegurar que los datos y resultados derivados de un conjunto de microcuencas monitoreadas en ecosistemas andinos puedan ser integrados y comparados entre sí. De esta manera, se espera contribuir de la forma más efectiva a la generación de información relevante y útil para realizar interpretaciones y conclusiones regionales y aumentar significativamente la representatividad de la información disponible ante condiciones tan variables presentes en los ecosistemas de los Andes Tropicales.

2. JUSTIFICACIÓN

Los ecosistemas tropicales andinos juegan un rol protagónico en el abastecimiento de agua para muchas ciudades andinas y en la generación hidroeléctrica y riego de los países andinos. Por ejemplo, las ciudades de Bogotá, Cuenca y Quito reciben el 95, 100 y 85% de su agua de los páramos (Buytaert et al., 2006a; FAO, 2000; UAESPNN, 2005; ETAPA, 2004). La inmensa diversidad de ecosistemas presentes en los Andes puede ser caracterizada de forma sencilla en cinco grandes paisajes: los páramos, las punas, los bosques montanos, los valles secos interandinos y los desiertos de altura o salares (Cuesta et al., 2009).

A grandes rasgos, los ecosistemas andinos pueden ser diferenciados de acuerdo a su ubicación determinada por límites térmicos y su posición en la longitud de la cordillera. Sobre la línea de árboles se pueden distinguir el páramo, la jalca y la puna, la cual se divide en dos grandes regiones muy diferentes, la puna húmeda y la puna xerofítica, e inmediatamente por debajo del límite inferior de estos se ubican los bosques montanos, de los cuales se distinguen al menos tres grandes grupos que por sus condiciones climáticas, edáficas y ecológicas difieren unos de otros, bosques pluviales, pluvioestacionales y xerofíticos.

Geográficamente el páramo se encuentra ubicado desde el Oeste de Venezuela, centro y sur de Colombia, de norte a sur en Ecuador, hasta el norte de Perú. La jalca, un ecosistema que mantiene una buena similitud con el páramo, se encuentra en la parte norte y centro del Perú, en la transición entre el páramo y la puna. Mientras la puna puede hallarse desde Perú central hasta el norte de Argentina y Chile, con la puna húmeda desde el norte de Perú hasta el centro de la Cordillera Oriental de Bolivia, y la puna xerofítica al centro-sur del oeste de Bolivia y suroeste de Perú. Los bosques montanos por su parte se extienden en distintas zonas de los Andes del Norte y del Centro, la mayoría de los bosques andinos estacionales se ubican desde el centro de Perú hacia el centro y sur de Bolivia con pocos parches en Ecuador, Colombia y Venezuela. Los valles interandinos tienden a aparecer en los Andes del Centro (Perú y Bolivia) y ocupan pequeñas zonas de los Andes del Norte.

Es necesario diferenciar que los sistemas naturales de la cordillera occidental y los de la oriental difieren completamente entre ellos. Dentro de cada uno de estos paisajes mencionados, existen subdivisiones de mucha relevancia para estudiar el comportamiento hidrológico. Una descripción mucho más detallada de los ecosistemas andinos se puede encontrar en Josse et al (2009), donde se diferencian hasta 133 ecosistemas. Mayores detalles sobre el agua en bosques andinos en particular se pueden encontrar en Tobón (2008) y Cuesta et al. (2009).

A pesar de que estos ecosistemas andinos prestan muchos beneficios hidrológicos a las comunidades ubicadas río abajo, su hidrología es aún poco conocida. Los mayores obstáculos para el avance del conocimiento hidrológico han sido:

- (i) las dificultades de implementar y mantener cuencas de monitoreo permanente en las escalas apropiadas para realizar estudios de su funcionamiento hidrológico, en estos



ambientes remotos. Normalmente el monitoreo hidrológico se ha realizado en los sitios de aprovechamiento hídrico (como captaciones, presas) que, por lo general, corresponden a cuencas de tamaño mediano y grande (sobre los 50 km²) en las cuales existe una multitud de ecosistemas y de usos de tierra. Ello hace que la respuesta hidrológica (variación de caudales en el tiempo) no pueda ser atribuida a un ecosistema y/o uso de la tierra en particular. También es probable que en cuencas más grandes el porcentaje de los bosques o pajonal se reduzca significativamente por lo que las propiedades hidrológicas del bosque o pajonal serán difíciles de distinguir. Por ejemplo, la atenuación de crecidas regulares ya no será evidente y en el caso de flujos base es muy posible que al final de la época seca todo el flujo base a la salida de la cuenca provenga únicamente del bosque o páramo.

- (ii) la gran variabilidad que se presenta en las propiedades biofísicas de las cuencas y, en especial, de las condiciones meteorológicas (p.ej. Bendix, 2000; Vuille et al., 2000; Célleri et al., 2007) dificulta la generalización de los resultados de las investigaciones desarrolladas. Por ejemplo, los páramos, ecosistema que cubre apenas un área de unos 35.000 km² (Hofstede et al., 2003; Josse et al., 2009), se extienden a lo largo de un rango altitudinal de más de 1.500 m, cuyos límites inferior y superior varían latitudinalmente. Tiene una precipitación anual que puede variar desde 800 hasta sobre los 3000 mm, con fuertes gradientes altitudinales de precipitación, insolación, temperatura, entre otros; y pueden albergar varios tipos de suelos (p. ej. histosoles, inceptisoles, andosoles) y vegetación natural (p. ej. pajonales, arbustos enanos o rosetones gigantes como *Espeletia* o *Puya*). En la puna, los contrastes de aspectos claramente relacionados con la hidrología, son aún más grandes. La puna húmeda está influenciada por el régimen de humedad amazónica, mientras que la puna xerofítica tiene una clara influencia desde el Océano Pacífico. En bosques, el límite arbóreo en la vertiente oriental llega a 3.800 o 3.900 msnm mientras que en la vertiente interior de los Andes llega a ser tan bajo como 3.200 o 3.300 msnm; en este caso, un factor como la presencia de neblina, frecuente o no, influencia enormemente a la hidrología. Por ello es que es necesario estudiar numerosos sitios con distintas combinaciones de clima, suelos, vegetación, etc., para generalizar el conocimiento hidrológico sobre los ecosistemas andinos.
- (iii) la falta de reconocimiento de estos ecosistemas como proveedores de servicios hidrológicos claves por la opinión pública, a pesar de enorme contribución en los países andinos.

Las implicaciones de la insuficiencia de series de tiempo y los vacíos de conocimiento sobre el funcionamiento hidrológico de los ecosistemas andinos son, principalmente, dos. Primero, limita la gestión sostenible del recurso hídrico bajo un enfoque de cuenca hidrográfica y en consecuencia al desarrollo de la región andina. Por ejemplo, en la actualidad hay un marcado interés por la aplicación de esquemas de conservación, pagos por conservación de servicios ambientales, fondos del agua, acuerdos ambientales, entre otros (p. ej. Garzón, 2010; Asquith y Wunder, 2008), como alternativas para la conservación y protección de las cuencas andinas. Sin embargo, la falta de conocimiento sobre el funcionamiento hidrológico de las cuencas está limitando su aplicación ya que aún es complejo (i) recomendar acciones prioritarias de conservación y/o protección de las cuencas que dependen del conocimiento sobre el funcionamiento hidrológico y (ii) diseñar estrategias apropiadas para demostrar que éstas iniciativas han dado los frutos deseados.

Un ejemplo concreto en este tema se origina por la poca cuantificación de los efectos producidos por la deforestación sobre la regulación hídrica y la producción de sedimentos. Mientras no se tengan resultados concretos de estos efectos, muchas instituciones están a la espera de contar con información clave para conocer si sus inversiones en conservación producirán los efectos deseados y en algunos casos incluso se querrá conocer si tales acciones serán rentables (por ejemplo, en el caso de centrales hidroeléctricas relacionando los costos de conservación con los costos de dragado de los embalses). Las preguntas clave en este caso son: ¿qué porcentaje de la regulación hidrológica se



puede perder si la cuenca natural es afectada por diferentes formas de degradación? ¿Qué porcentaje de la regulación hidrológica se puede recuperar con acciones de restauración de ecosistemas degradados?

Por otro lado, la falta de información hidrológica local y regional que permita la validación de modelos creados bajo las condiciones de los ecosistemas andinos, implica la necesidad de aumentar el monitoreo en un mayor número de cuencas y abarcando un mayor número de ecosistemas (Célleri y Feyen, 2009). Los datos derivados de este monitoreo servirán para el desarrollo y verificación de modelos hidrológicos apropiados para la región. Los modelos hidrológicos son empleados especialmente para estudiar alternativas de uso de tierras o escenarios de desarrollo (p. ej. cambio de uso de tierras o cobertura vegetal) con el fin de determinar las mejores acciones de manejo de cuenca y evitar aquellas que podrían poner en riesgo la disponibilidad de agua.

La falta de modelos apropiados ha fomentado el uso de modelos desarrollados para otras regiones (Célleri y Feyen, 2009) cuya conceptualización puede ser completamente distinta de las condiciones encontradas en las cuencas andinas; por lo tanto, los resultados de su aplicación para predecir cambios ambientales o la realización de análisis de escenarios pueden llevar a conclusiones totalmente erróneas. Este problema se suma al hecho que la mayoría de proyectos donde se han implementado modelos hidrológicos en la región no han seguido los procedimientos establecidos y en varios casos ni siquiera se ha realizado la calibración del modelo, menos aún una validación (o verificación) o un análisis de incertidumbre. De esta manera no se ha podido avanzar en un tema clave que permitiría realizar una toma de decisiones con respecto al manejo de cuencas en procesos nacionales y regionales basado en conocimiento sólido de los ecosistemas.

Durante la última década se desarrollaron varias iniciativas de investigación en los Andes (p. ej. Célleri y Feyen, 2009; Crespo et al., 2010; Buytaert et al., 2006b, 2007; Fleischbein et al., 2006; Wilcke et al., 2009) con los objetivos de cerrar el balance hídrico y/o entender los mecanismos de liberación o entrega de agua de ecosistemas tanto naturales como alterados. Estos esfuerzos han conseguido generar un importante conocimiento sobre los efectos del cambio de uso de tierras en la generación de escorrentía, la regulación y los regímenes hidrológicos.

Sin embargo, dada la extrema variabilidad en el clima y la topografía de los Andes, es aún un problema el derivar conocimiento genérico que pueda ser extrapolado a cuencas no monitoreadas o con datos escasos, así como escalar los resultados encontrados en estas pequeñas cuencas de investigación (< 3 km²) a cuencas de mayor tamaño (Célleri, 2010; Célleri y Feyen, 2009) donde generalmente se requieren los resultados. Información a esta escala derivada del monitoreo por actores nacionales y regionales es fundamental.

Teniendo en cuenta los vacíos de conocimiento y la importancia que representa para los procesos llevados por los gobiernos, institutos y servicios nacionales y regionales, hidrólogos de la región han trabajado conjuntamente en la identificación de necesidades de información para incrementar el conocimiento de la hidrología y en especial sobre los impactos de las prácticas de uso de tierras sobre la regulación de caudales y el rendimiento hídrico. Para ello se requiere el establecimiento de nuevos sitios de monitoreo y su enlace con los ya existentes, siguiendo protocolos comunes para la recolección, funcional y sistemática, de datos. La necesidad de implementar sitios con monitoreo hidrológico ha sido tratada en varios foros y talleres regionales como los documentados por Sevink (2007), Albán (2007) y Célleri (2008).

En este contexto, es evidente la necesidad de ampliar el conocimiento hidrológico de los ecosistemas andinos para dar respuestas a los problemas identificados. Este conocimiento solo puede ser obtenido aumentando los sitios de estudio para cubrir un mayor número de los ecosistemas y las diferentes particularidades en clima, vegetación y uso de la tierra de cada uno de ellos, y establecer redes de trabajo articuladas con la sociedad civil, institutos de investigación del estado y académicos, y los



organismos del estado rectores del tema que compartan información a fin de encontrar las maneras más eficientes de responder a la demanda de conocimiento requerido para una buena toma de decisiones y un diseño de políticas eficaces. Adicionalmente, la escasez de iniciativas de investigación en el tema, y el hecho de que los países andinos compartan varios de los ecosistemas en cuestión, implica que un tratamiento de este tema a nivel subregional andino permita llegar a conclusiones regionales de la manera más costo-efectiva posible.

3. PRINCIPIOS QUE GUÍAN LA PROPUESTA

La iMHEA reconoce el rol de las autoridades de agua e institutos nacionales de hidrología y meteorología como los rectores de la temática hídrica en cada uno de sus países. Complementario a los esfuerzos nacionales de generación de información, las instituciones de la sociedad civil puede contribuir a escala local al monitoreo de microcuencas y en las cabeceras de las cuencas que son las fuentes de agua. Se espera que esta guía metodológica pueda ser considerada en el futuro por los institutos nacionales u otras instancias relevantes como protocolos oficiales o avalados para promover el monitoreo en redes de investigación. De esta forma, la información a nivel nacional puede ser complementada con otra generada por socios locales a pequeña escala.

En esta línea, es más prioritario realizar un monitoreo sencillo “mínimo” en muchos sitios que un monitoreo detallado en pocos sitios. Se considera que el monitoreo hidrológico “mínimo” es la medición de lluvia y de caudal a escala de microcuenca con una frecuencia de toma de datos relativamente alta. A fin de que esta información pueda ser útil por los institutos nacionales de hidrología y meteorología, uno de los criterios de selección de los sitios es complementar los esfuerzos de estas instituciones (áreas con baja densidad de estaciones hidrometeorológicas, ecosistemas de alta montaña, etc.). Asimismo, se deben identificar mecanismos de coordinación que permitan De esta manera la implementación de los sitios puede cumplir tanto los fines específicos de los socios locales que la promueven como de los institutos nacionales de monitoreo.

La propuesta de monitoreo hidrológico descrita en este documento permite llegar a conclusiones a corto plazo sobre intereses específicos a escala local por parte de los socios implementadores. La propuesta identifica cambios en la hidrología debido al uso de la tierra, así como proporciona información útil que pueda mejorar las acciones de conservación hídrica.

Adicionalmente, la información generada a nivel local puede ser usada para llegar a conclusiones regionales sobre la hidrología. De esta forma, el sistema de monitoreo procura garantizar la generación de datos a mediano y largo plazo que permitan analizar cambios temporales y aporten información para la gestión de los recursos hídricos a nivel regional y de forma sostenida. De esta manera la información puede ser de utilidad para alcanzar los fines de los socios locales, de los grupos de investigación y de los institutos nacionales.

El umbral de entrada para los socios locales hacia la iMHEA es relativamente bajo y accesible, además que en los procesos se cuenta con asesoría que garantice la calidad. El sistema de monitoreo debe considerar un arreglo institucional que incluya a las organizaciones y comunidades locales con diferentes especialidades y funciones en el área de influencia. El monitoreo participativo que se plantea en cada sitio socio de la iMHEA es ejecutado por socios locales, que pueden ser apoyados por ONG, universidades y grupos de investigación, gobiernos e institutos nacionales, y la asistencia técnica de la iMHEA. Se considera que la participación local y su experiencia previa en estos tipos de procesos son factores críticos para el éxito de los sitios de monitoreo, y la interacción y compromiso de todas estas organizaciones garantizan la sostenibilidad del sistema. La vinculación de grupos de investigación especializados permite garantizar la rigurosidad científica de la información generada.

Finalmente, la iMHEA tiene un principio fundamental: “la información que no se comparte es



información que no sirve”, por lo que los resultados generados deben ser compartidos en formatos comunes y a diferentes niveles. La IMHEA organizará intercambios de experiencia y discusión de resultados de forma periódica, continua y permanente con el fin último de incidir en la toma de decisiones para la gestión integral e integrada de los recursos hídricos en la región andina.

4. PROTOCOLO BÁSICO DE MONITOREO HIDROLÓGICO

Por lo expuesto en las secciones anteriores **es necesario que las distintas cuencas monitoreadas generen datos que puedan ser comparables entre sí**. De esta manera se asegurará que los resultados encontrados también puedan ser comparados para lograr generar información para todos los Andes. Por estos motivos, el objetivo de un protocolo básico de monitoreo hidrológico es conseguir que los sistemas de monitoreo de cada cuenca generen datos e información con un cierto grado de estandarización con miras a realizar estudios y evaluaciones regionales, en coordinación con los organismos estatales, para incidir efectivamente en mejorar la gestión de los recursos hídricos en la región andina.

4.1. OBJETIVOS DEL MONITOREO HIDROLÓGICO

Los objetivos del monitoreo hidrológico, tal y como se conciben en esta propuesta, son aumentar el conocimiento sobre la disponibilidad de agua y la capacidad de regulación de los ecosistemas andinos, y los efectos ocasionados en la hidrología por las distintas acciones que se realicen sobre ellos (deforestación, (re)forestación, agricultura, restauración u otras de interés). La implementación de sitios de monitoreo hidrológico, además de aportar información de interés local para el sitio, apunta a que, en base a la información obtenida a escala local, se desarrollen análisis a escalas mayores, como comparaciones entre ecosistemas, y de la variabilidad espacial de los procesos hidrológicos. Una vez que existe una buena información de base sobre las relaciones hidrológicas básicas, la modelación ajustada con calibraciones adecuadas que se apoyen en esta información también podrá aportar con extrapolación y análisis regionales. De esta forma, a través de una lectura regional sobre la hidrología de los ecosistemas andinos, se puede aportar a mejorar los procesos de gestión de la información y la toma de decisiones en los procesos nacionales y regionales sobre los recursos hídricos.

4.2. MONITOREO INDISPENSABLE

Esta propuesta está diseñada para guiar la instrumentación de una microcuenca y su posterior monitoreo. Se recomienda que el monitoreo sea implementado en microcuencas pares (como se menciona en la sección 4.3), sin embargo, no se excluye la posibilidad de monitorear una sola cuenca para analizar cambios en el tiempo (como se menciona en la sección 4.4) tomando en consideración esta guía.

Las variables indispensables son:

- lluvia dentro de la cuenca; y,
- caudales a la salida de la cuenca.

Con esta información se puede conocer la cantidad de lluvia que ingresa a la cuenca y la cantidad de agua que sale de la misma en forma de caudales. La diferencia entre estos valores corresponde a la cantidad de agua que ha sido consumida por la vegetación, que ha sido evaporada de charcos, vegetación y otras superficies, que se ha infiltrado a estratos profundos del suelo y que permanece almacenada en el suelo, y se considera como una buena aproximación del valor de evapotranspiración en la cuenca.



El protocolo de la iMHEA indica que la medición de estas variables se haga a través de equipos automáticos. Se ha observado que las mediciones automáticas son más costo-efectivas que las mediciones manuales (Tobón, 2012). Sin embargo, los equipos que generan la información hidrológica y de precipitación son equipos electrónicos que están sujetos a errores en las mediciones o problemas de calibración. Dentro del proceso de validación de la información y el control de calidad de los datos, se deben instalar equipos de medición manual que se utilizarán para garantizar la coherencia en la información generada por los equipos automáticos.

4.2.1. Características biofísicas de la cuenca

Al iniciar los proyectos de monitoreo es necesario realizar un levantamiento obligatorio de las características de la(s) cuenca(s). Las características clave son (i) propiedades necesarias para realizar estudios hidrológicos y entender el comportamiento de la cuenca, y (ii) otras propiedades indispensables para su comparación con otras cuencas. Este levantamiento se lo realiza una vez, debido a que estas características no cambian con el tiempo, y puede ser actualizado de forma periódica (p. ej. anual).

Las características biofísicas necesarias son:

- Caracterización de la cobertura y uso de la tierra, indicando los porcentajes de cobertura y los distintos usos encontrados, de acuerdo a la clasificación indicada en la Propuesta de Leyenda Subregional de Coberturas de la Tierra (CONDESAN, 2012);
- Área y forma de la cuenca (especificando el método de cálculo, por ejemplo de un mapa topográfico escala 1:10000, o levantamiento con GPS);
- Elevaciones mínima (en el sitio donde se encuentra el vertedero) y máxima;
- Pendiente promedio (especificando el método de cálculo, por ejemplo partir de un mapa topográfico escala 1:10000, o estimado por observación directa en campo);
- Características especiales: identificación de elementos que pueden incidir en el funcionamiento de la cuenca (por ejemplo la presencia de humedales, existencia de carreteras dentro de la cuenca, si se encuentra dentro de un parque nacional o área protegida, etc.).

Esta información debe estar contenida en la ficha de inventario de cuencas de la iMHEA para cada una de las cuencas monitoreadas. Se incluirá un mapa de la(s) cuenca(s) a una escala apropiada dependiendo de su tamaño y levantado sobre un plano de cobertura (p. ej. imagen satelital, mínimo obtenida de Google). Este mapa además debe contener información sobre la ubicación de los equipos de monitoreo, ubicación de la cuenca en un mapa de país a escala mayor, coordenadas UTM-WGS84 referenciales, y una leyenda adecuada.

4.2.2. Escala espacial de monitoreo, cobertura y densidad de estaciones

A partir de los objetivos del monitoreo se encuentra que es de vital importancia tener datos en escalas hidrológicamente significativas y de todos los ecosistemas presentes en la cuenca. Es decir, la escala espacial de monitoreo debe permitir cumplir los objetivos establecidos.

Es común encontrar que la cuenca de interés alberga varios ecosistemas o usos dentro de ella (pajonal, bosques, zonas degradadas, plantaciones forestales, entre otros), por lo que las observaciones de caudal a la salida de este tipo de cuencas no permiten lograr los objetivos establecidos. Esto se debe a que los caudales observados (la señal hidrológica) corresponden a una multitud de ecosistemas y usos de tierra, por lo que no es posible relacionar un solo uso o cobertura con el funcionamiento hidrológico de la cuenca.



Es ideal que las cuencas tengan una sola cobertura o uso en toda su extensión. Sin embargo no siempre es factible encontrar una cuenca que tenga el 100% de su superficie con una sola cobertura. De hecho, puede ser muy difícil encontrar una cuenca con esta característica. Bosch y Hewlett (1982) han encontrado que cambios en la cobertura menores a 20% aparentemente no pueden ser detectados, de lo que se recomienda una cobertura uniforme en al menos el 80 % de la extensión de la cuenca. Por ello, para que una microcuenca pueda formar parte de la Iniciativa Regional de Monitoreo Hidrológico de Ecosistemas Andinos, deberá albergar a un solo ecosistema con características de conservación/uso y cobertura vegetal uniformes en al menos el 75 % de su extensión.

Así como las cuencas muy grandes tienen problemas (muchos ecosistemas y usos mezclados), las cuencas muy pequeñas también los tienen. Por ejemplo cuando se camina por el páramo es muy común escuchar que hay agua circulando bajo nuestros pies a pesar que no se observa ningún arroyo o quebrada. Esto es porque el agua ha formado conductos, una especie de tubos, por los cuales circula bajo la tierra. Estos procesos, denominados tubificación (*pipeflow* en inglés), pueden arruinar un estudio de balance hídrico, ya que el agua medida a la salida de la cuenca es solo una fracción de la escorrentía total. Otro problema en cuencas muy pequeñas es que sus pendientes no son representativas del resto del paisaje y por lo tanto la cuenca es muy particular. Esto hace que los resultados encontrados no puedan ser extrapolados al resto de la cuenca. Finalmente, el rendimiento hídrico de cuencas muy pequeñas es por lo general superior al de cuencas mayores, por lo que al hacer una extrapolación directa se podría sobrestimar la disponibilidad real de agua de todo el ecosistema. En todo caso, siempre se deberá asegurar la medición de la totalidad del caudal que sale de cuenca, evitando trabajar con cuencas de orden cero.

Por otro lado, el número de equipos necesarios para medir la lluvia depende de las dimensiones de la cuenca y de la variabilidad espacial de la precipitación dentro de la cuenca. En los Andes no es raro encontrar grandes diferencias en precipitación en cortas distancias (Buytaert et al., 2006b; Céleri et al., 2007) por lo que una sub- o sobre-estimación de la precipitación puede llevar a un cierre erróneo del balance hídrico y a conclusiones equivocadas sobre los impactos del cambio de uso de la tierra.

Como regla general es necesario instalar al menos 2 estaciones de medición de precipitación en cada microcuenca, aun cuando ésta sea pequeña (< 1 km²). Como dato de interés se indica que en la mayoría de estudios en cuencas pequeñas se han instalado 3 pluviómetros por cuenca. De esta manera también se asegura que si uno de los pluviómetros deja de tomar datos por daños o agotamiento de baterías, siempre existirán datos sobre la cuenca.

En síntesis, se indica lo siguiente:

- El tamaño de la cuenca debe ser entre 0.2 y 10 km²;
- Cada cuenca debe tener una sola cobertura vegetal y un solo uso o manejo de la tierra en al menos el 75% de su extensión; y,
- El número de pluviómetros debe ser de al menos 2 para cuencas menores a 1 km². En microcuencas más grandes (hasta 10 km²) su número deberá aumentar dependiendo de la variabilidad espacial de la lluvia (p. ej. debido al gradiente altitudinal, áreas en barlovento y en sotavento, etc.). Cuencas de tamaño intermedio deberán tener 3 pluviómetros.

4.2.3. Medición de la precipitación

La precipitación se define como el producto de la condensación del vapor de agua que cae desde las nubes y se deposita en la superficie terrestre (OMM⁵, 2010). Se expresa en términos de la

⁵ Los manuales de la OMM se pueden descargar libremente de su página web <ftp://ftp.wmo.int/Documents/MediaPublic/Publications/>.
www.condesan.org



profundidad de agua que cubriría una proyección horizontal de la superficie terrestre, generalmente en unidades lineales (mm); y cuando se habla de intensidad de precipitación se expresa en unidades lineales por unidad de tiempo (p. ej. mm/h). 1 mm de lluvia corresponde a 1 litro de agua sobre un metro cuadrado de superficie.

La medición de lluvia se debe realizar por medio de pluviógrafos electrónicos con una resolución de 0.2 mm o mejor. Esta información cruda posteriormente podrá ser agrupada en pasos de tiempo cada cinco minutos, horario, diario, mensual y anual, y procesada de acuerdo a los intereses del socio local, pero el registro debe ser por evento a la resolución que mida el equipo. La instalación de pluviómetros totalizadores servirá para hacer la corrección y validación de los datos registrados por los pluviógrafos automáticos.

Una correcta medición de la precipitación, es decir, que sea representativa de la zona, está condicionada a varios factores, uno de ellos es la mitigación de los efectos del viento que se consigue con una adecuada selección del lugar de emplazamiento de los equipos (OMM, 2011). Este lugar debe seleccionarse de manera que la velocidad del viento al nivel de la embocadura del instrumento sea la más baja posible. De ser posible el pluviógrafo y/o pluviómetro deberá estar protegido del viento en todas direcciones por barreras como árboles o arbustos de altura uniforme y que estén a una distancia al menos igual al doble de su altura para evitar la intercepción de la precipitación (OMM, 2010). Adicionalmente el equipo deberá instalarse en dirección horizontal, en una zona plana y por estandarización a una altura de 1 m (OMM, 2011), aunque en OMM (2010), se indica que en más de 100 países, esta elevación varía entre 0.50m y 1.50m.

Pluviógrafos de cubeta basculante

Los pluviógrafos de cubeta basculante son dispositivos de medición continua de la precipitación. Su mecanismo consiste en la captación del agua lluvia a través de un embudo, el mismo que la redirige hacia un sistema de pequeñas cubetas oscilantes que tienen un volumen definido. Estas cubetas funcionan como un balancín, cuando una de ellas se llena, el balancín se desequilibra y cambia de posición permitiendo que la cubeta se descargue al mismo tiempo que la otra empieza a llenarse. Cada basculación es registrada, generalmente, dentro de algún dispositivo electrónico (datalogger) permitiendo así llevar un monitoreo y cuantificación de los regímenes de precipitación de un lugar en particular.

Pluviómetro totalizador

Junto al pluviógrafo principal de cada microcuenca se debe instalar un pluviómetro totalizador, el cual será leído durante cada visita para la descarga de los datos. La implementación de este pluviómetro no requiere inversiones cuantiosas y permite el control, e incluso el relleno/corrección, de los datos del pluviógrafo automático en caso de que este falle o presente lagunas por cualquier razón. Los pluviómetros totalizadores se utilizan para medir la precipitación acumulada en periodos de tiempo prolongados. Consisten en un colector situado encima de un embudo que desemboca en un recipiente bastante amplio para captar las precipitaciones.

En zonas con presencia de nieve es recomendable instalar estos equipos a una altura superior a la de capa de nieve previsible para evitar taponamientos (OMM, 2011). En estaciones de monitoreo de la precipitación instaladas en el volcán Antisana – Ecuador, se utilizan pluviómetros totalizadores en forma de cilindro recto que tienen una altura de 150 cm y un diámetro de 50 cm otorgándoles una superficie de recolección cercana a los 2000 cm² (Manciati et al., 2007).

Antes de su utilización, en caso de ser necesario, dentro del tanque se debe agregar una sustancia anticongelante que derrita la nieve que cae en el pluviómetro. En la Guía de Prácticas Hidrológicas de la OMM (2011) se sugiere la utilización de una mezcla de cloruro de calcio al 37.5% y 62.5% de agua



por unidad de peso para este fin; además, en el mismo documento, se recomienda la utilización de etilenglicol, que a pesar de ser más costoso, es menos corrosivo que el cloruro de calcio y por lo tanto ayuda a preservar el pluviómetro. El volumen de anticongelante que se introduce en el receptor no será mayor a un tercio de la capacidad total del pluviómetro (OMM, 2011).

Otro efecto a tomar en cuenta es evitar pérdidas de agua por efecto de la evaporación, para esto es recomendable que los pluviómetros se pinten con colores claros que reflejen la mayor cantidad de radiación solar. Dentro del pluviómetro también se agregara una fina película de aceite que prevenga al agua de la evaporación. Esta lámina será de aproximadamente 8mm de espesor y se utilizarán aceites de baja viscosidad (OMM, 2011).

La medición se hará a través de probetas y regletas graduadas con una resolución mínima de 0.2 mm (igual resolución que los pluviógrafos automáticos). Para que las mediciones sean exactas el error máximo de las graduaciones no deberá exceder de $\pm 0.05\%$.

4.2.4. Medición del caudal

El caudal es la tasa a la que el agua discurre a través de una sección transversal; se expresa en unidades de volumen por unidad de tiempo, [l/s] para flujos pequeños y [m³/s] para flujos mayores. En ocasiones, el caudal también se expresa en unidades de volumen por unidad de tiempo y por área de influencia, [l/s/km²]. Por lo general, el valor de caudal se expresa en función de la altura de agua en una estación de aforo, la misma que tiene como propósito llevar registros continuos y sistemáticos de la altura de agua y el caudal fluvial (OMM, 2011). Por tal razón, estas estaciones deben contar con limnigrafos (p. ej. sensores de nivel automáticos) encargados de las mediciones de altura de agua y una sección de control (estructura de medición), misma que, debe tener características geométricas conocidas y estables que permitan determinar el flujo de agua que pasa través de ella.



Figura 1: Ejemplos de vertederos de sección triangular y rectangular combinadas. Izq: vertedero en el páramo del volcán Pichincha, Lloa (CONDESAN). Der: vertedero en la cuenca del río Zhurucay, Paute (Grupo de Ciencias de la Tierra y del Ambiente de la Universidad de Cuenca).

En corrientes fluviales de montaña donde existen flujos moderados, la medición de los caudales se debe realizar por medio de la construcción de un vertedero en la salida de la cuenca y la instalación de un sensor de nivel de agua. Para microcuencas pequeñas el vertedero deberá tener una sección combinada rectangular y triangular (Figura 1) para que se puedan medir los caudales bajos y los caudales pico⁶.

Los caudales son calculados a partir de la relación altura de agua - caudal, lo que es conocido como curva de descarga. Gráficamente, los caudales se colocan en el eje de las abscisas (x) y la altura correspondiente en el eje de las ordenadas (y); en coordenadas rectangulares, la gráfica suele tener

⁶ Puede consultarse el libro Ven Te Chow (1983): "Hidráulica de los Canales Abiertos".
www.condesan.org



forma cóncava invertida ya que el caudal viene frecuentemente descrito por una función de potencial de la profundidad del flujo (OMM, 2011). La relación altura de agua – caudal, está en función de la geometría de los elementos del canal o estructura de control (natural o artificial) aguas abajo. Cuando se trata de un vertedero, esta relación está implícita dentro de la ecuación que caracteriza la descarga a través de la estructura.

Vertederos

Los vertederos son dispositivos hidráulicos que consisten en una escotadura (de geometría conocida) a través de la cual circula el flujo que se quiere medir. Según el Protocolo de Monitoreo y Seguimiento del Agua (IDEAM, 2007), se recomienda obtener velocidades mínimas (0.15 m/s) en el sitio de emplazamiento del vertedero, debido a que el caudal que fluye por un vertedero depende de la velocidad de llegada; y si la velocidad es considerablemente alta, el aforo pierde precisión (IDEAM, 2007). Por lo tanto, se deberá buscar un lugar de emplazamiento que cumpla con esta característica, y de no ser posible, se podría optar por una ampliación de la sección en la zona de aproximación al lugar de medición (caso extremo).

Los límites de caudal (máximo y mínimo) previstos a medir, determinan la elección del tipo y las dimensiones del vertedero. En todos los casos deberá tomarse en consideración (IDEAM, 2007):

- La altura no debe ser inferior a 6 centímetros para el caudal previsto y no debe exceder de 60 cm (vertedero triangular).
- Para vertederos rectangulares la altura no debe exceder de un tercio de la longitud del vertedero.

Lugar de emplazamiento del vertedero

De acuerdo a la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2011), el lugar de emplazamiento de una estación de medición de caudal en una corriente fluvial debería responder a las siguientes características:

- El curso general de la corriente será rectilíneo a lo largo de aproximadamente 100 m corriente arriba y corriente abajo respecto del emplazamiento de medición. En las cuencas andinas esta condición es muy difícil de conseguir. Se recomienda buscar lugares que tengan 6 m corriente arriba y 2 m corriente abajo.
- El flujo total estará confinado en un canal para todo el intervalo de alturas, y no habrá flujos subsuperficiales que no pasen por el emplazamiento.
- El lecho fluvial no habrá experimentado erosión y deposición, y estará exento de maleza.
- Las márgenes serán permanentes y suficientemente altas para contener las crecidas.
- Se dispondrá de un emplazamiento, inmediatamente corriente arriba del control, en el que se haga el registro de alturas de agua y que conste con las seguridades pertinentes.
- El emplazamiento de medición estará lo suficientemente lejos corriente arriba de la confluencia con otra corriente fluvial o de los efectos de las mareas como para evitar toda influencia variable de la otra corriente fluvial o marea sobre la altura del agua en el emplazamiento de medición. La distancia mínima se determinará en campo por personal técnico calificado.
- El emplazamiento será fácilmente accesible a efectos de instalación y utilización de la estación de aforo.
- Incluso en presencia de hielo debería ser posible registrar la altura y medir el caudal.
- En las proximidades de la estación de aforo no habrá olas ni ondulaciones en la superficie del agua.



En la realidad, no será posible que se cumplan todos los criterios señalados. Es por eso importante que personal técnico calificado determine el lugar más apropiado para el emplazamiento de la estación, para esto se cuenta con la asistencia técnica de la iMHEA.

Geometría y ecuación del vertedero

Las características geométricas del vertedero determinan el caudal que se descarga a través de él. Entre las más comunes se encuentran la sección rectangular y la sección triangular. La propuesta de la iMHEA, es la utilización de un vertedero de sección combinada (Figura 1); sección triangular para la medición de caudales bajos, y una sección rectangular para medir caudales pico. En el Ecuador, en la cuenca del río Zhurucaiy (Provincia del Azuay), se han utilizado vertederos de sección combinada tal como propone la iMHEA. Estos están compuestos por una sección triangular con $\theta=90^\circ$, $h_t=0.30$ m, $L_t=0.60$ m y una sección rectangular con L_r entre 1.4 y 2.60 m. La ecuación para el cálculo del caudal es:

$$\text{Si } H \leq h_t \text{ entonces } Q = 1000(1,37 H^{2,5})$$

$$\text{Si } H > h_t \text{ entonces } Q = 1000(1,37 (H^{2,5} - h_t^{2,5}) + 1,77 B h_r^{1,5})$$

Donde:

Q: Caudal [l/s]

H: altura de agua desde el vértice hasta la superficie de agua [m]

h_t : altura de la sección triangular [m]

h_r : altura de agua sobre la sección triangular [m]

L_t : ancho de la sección triangular [m]

L_r : ancho de la sección rectangular [m]

$B = L_r - L_t$: ancho de la sección rectangular (ancho total del vertedero [L_r] menos el ancho de la sección triangular [L_t]) [m]

En la práctica, cada vertedero deberá acoplarse a las condiciones geográficas de su sitio de implantación, y por tanto, variarán las dimensiones de uno a otro. Es por esto, que se ha considerado importante introducir una ecuación general para el cálculo del caudal sobre un vertedero de sección combinada (Villacís et al., 2013), la cual debe ser afinada determinando un coeficiente de descarga en cada caso.

El coeficiente de descarga, para el vertedero deberá obtenerse experimentalmente mediante una prueba de campo, misma que será realizada por personal técnico capacitado. Una forma de conseguirlo es una calibración de la ecuación en base a un aforo manual que determine el caudal y lo relacione con la altura en ese instante. Adicionalmente, este aforo manual, deberá convertirse en una práctica común en cada visita a la estación con el objeto de validar la ecuación del vertedero. Este coeficiente debe ser próximo a 0.60 (Sotelo Dávila, 1997). En la Guía de Control de Calidad de Datos Hidrológicos de la iMHEA (Villacís et al., 2013), se presentan las ecuaciones más conocidas para la determinación del coeficiente de descarga en vertederos rectangulares y triangulares.

Una vez que el coeficiente de descarga sea calculado, ya sea mediante las ecuaciones presentadas en la Guía o de manera experimental, la ecuación del vertedero puede ser utilizada para el cálculo del caudal conociendo solamente sus características geométricas.

Nivel de agua

La altura o nivel de agua, es la elevación de la superficie de una corriente fluvial respecto de un nivel de referencia. Mediante su correlación con el caudal fluvial constituye el punto de partida para obtener registros de caudal (OMM, 2011). La medición se debe realizar de dos formas: (i) la primera

www.condesan.org



de tipo continuo y automático a través de sensores de presión que pueden ser integrados en un solo equipo que realice medición directa del nivel de agua, o independientes, instalados en parejas, uno dentro de la corriente fluvial y otro en la superficie para medir la presión atmosférica y realizar la compensación respectiva; (ii) la segunda de tipo manual, mediante la instalación de una regleta graduada milimétricamente (limnómetro), que se instalará en un punto muy cercano al de los sensores automáticos y que servirá para la validación de estos datos.

En la Guía de Prácticas Hidrológicas (OMM, 2011), se establece que para que las mediciones de nivel de agua sean apropiadas para su uso en la medición de caudal mediante una estructura de control (vertedero), ésta deberá realizarse a una distancia no menor a 3 veces h_{max} aguas arriba de la sección de control, donde h_{max} es la máxima altura para la cual la sección de control es efectiva (altura de la cresta del vertedero). La medición no puede realizarse en el mismo lugar de emplazamiento de la estructura ya que debido al efecto de contracción de la lámina de agua a su paso por la cresta del vertedero, esta medición no sería la carga real actuando en el mismo (Sotelo Dávila, 1997).

Por otra parte, la altura de agua que debe ser medida es aquella que está actuando sobre la estructura de control (carga hidráulica), por lo tanto, la cota de referencia para la medición del nivel de agua debe ser igual a la cota de la cresta del vertedero, es decir, el nivel de agua por encima del vértice de la platina metálica.

Aforos manuales y observación de nivel de agua

En la operación del sistema de monitoreo, durante cada descarga de datos, se debe realizar un aforo manual del caudal que escurre por él. Este aforo permite que la información registrada por el sensor de nivel sea fácilmente validada con información real de campo. El aforo manual se realiza con un recipiente de volumen conocido en el cual se receipta el agua que fluye por el vertedero y se registra el tiempo necesario para llenar el recipiente. El uso de recipientes de mayor volumen disminuye los errores en las mediciones. El cálculo de caudal se efectúa dividiendo el volumen del recipiente para el tiempo que tardó en llenarse. Se deben realizar por lo menos tres lecturas de este tipo para luego proceder a obtener un valor promedio. Se registra este valor, la fecha y hora de la medición.

Adicionalmente se colocará una regleta a escala milimétrica (limnómetro) aguas arriba del vertedero en una de sus paredes o en una estructura independiente para realizar una medición visual de la altura del agua, la fecha y hora, durante cada descarga de datos o visita a la estructura. Este dato servirá para validar la información registrada por el sensor automático. La relación entre la altura registrada en la regleta (medida desde el vértice del vertedero hacia la superficie del agua) y el caudal aforado manualmente permiten obtener la curva de descarga de la estructura hidráulica (vertedero), con lo cual la transformación de los niveles registrados por los equipos automáticos en caudales puede ser estimada con mayor precisión durante los cálculos computacionales. En caso de constatación de falla del sensor automático, esta curva de descarga podrá ser usada para la corrección de las mediciones.

4.2.5. Operación del sistema de monitoreo

Inventario de equipos

La información de los equipos será registrada en la ficha de inventario de cuencas incluyendo: parámetros leídos por cada equipo, código de identificación (estándar generado por la iMHEA), escala temporal de monitoreo, marca y modelo de los equipos, coordenadas E y N y zona en UTM-WGS84, fecha de inicio y fin de toma de datos, estado actual del equipo, porcentaje de vacíos de información, y cuidados especiales. La ubicación de los equipos debe estar en coordenadas que puedan ser georeferenciadas. Esta información es importante para el procesamiento de datos, análisis regionales y vinculación con redes nacionales, y debe ser actualizada por lo menos de forma anual.



Frecuencia de toma o captura de datos de nivel de agua

Debido a que la respuesta hidrológica de cuencas pequeñas a eventos de precipitación es rápida, los caudales aumentan en cuestión de minutos hasta llegar a caudales pico. Por estos motivos la frecuencia de captura de datos debe ser alta, y los sensores deberán registrar los niveles de agua con una frecuencia de 5 minutos.

Frecuencia de descarga de datos

Los datos deben descargarse con una frecuencia de un mes. Si bien la capacidad de memoria de los sensores puede permitir que las visitas para descarga de datos puedan realizarse cada 2 o más meses, se enfatiza en la realización de una visita mensual debido a que los equipos necesitan mantenimiento.

Es muy frecuente encontrar pluviógrafos llenos de hojas u otro tipo de suciedad que obstruye totalmente el flujo de agua, incluso en tiempos menores, lo que ocasiona la pérdida de los datos desde la última visita. Otro problema de visitas esporádicas es descubrir que las baterías se agotaron hace un par de meses. Por estos aspectos es de suma importancia realizar una visita periódica por motivos de mantenimiento, la cual se aprovecha para descargar los datos. El mantenimiento que requiere cada equipo difiere de una marca y modelo a otros. Cuidados especiales y detalles de mantenimiento deben ser incluidos en la ficha de inventario de cuencas.

4.2.6. Asistencia técnica

La iMHEA brinda asistencia técnica a los socios locales para el diseño de la red de monitoreo, diseño y construcción de vertederos, adquisición, instalación, calibración y mantenimiento de equipos, entre otros asuntos. Adicionalmente, en caso de no cumplir con alguno de los requerimientos especificados, la asistencia técnica puede ayudar a resolver las dudas sobre el diseño del sistema de monitoreo hidrológico. Guías prácticas para la selección de sitios, implementación, visitas de campo (con fichas de registro estándar) para operación, descarga y mantenimiento son parte de los estándares de la iMHEA.

4.3. MONITOREO CON MICROCUENCAS PARES

Para los casos en los que se desea conocer el impacto de un uso o cobertura de tierra sobre la hidrología, se recomienda implementar un monitoreo por medio de microcuencas pares. Este monitoreo se basa en la comparación de la respuesta hidrológica de 2 microcuencas de tamaño pequeño (ver sección 4.2.2), siendo una usada como testigo y la otra aquella de la cual se quiere evaluar las acciones (p. ej. cuenca natural vs. cuenca alterada, o cuenca degradada vs cuenca bajo mecanismo de recuperación). También es común comparar dos cuencas naturales con características claramente diferentes (p. ej. cuenca lacustre vs cuenca con bosque, o vs cuenca con pajonal). Este diseño se lo denomina como cuencas pares.



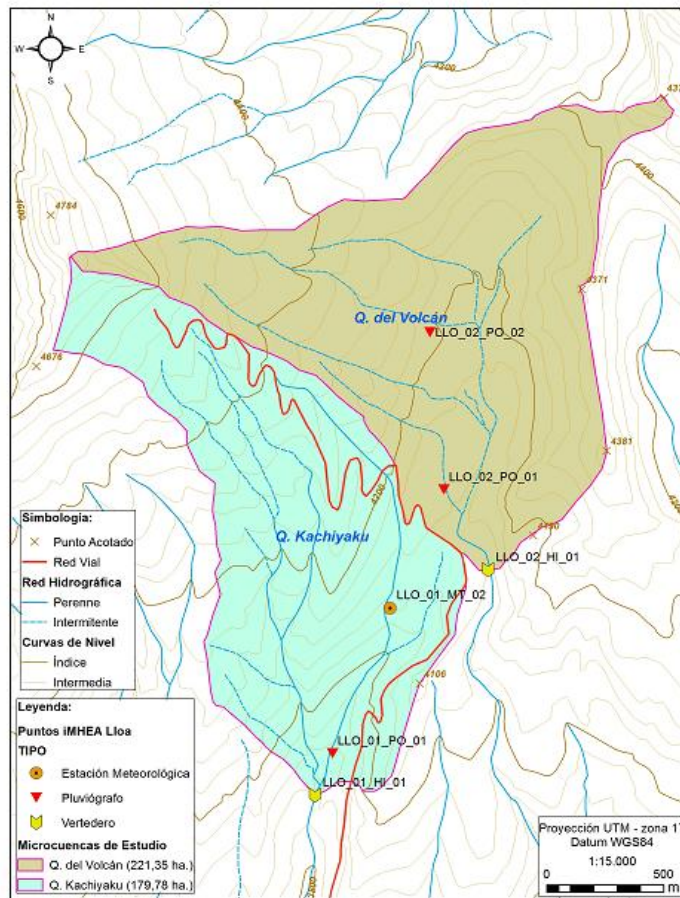


Figura 2: Ejemplo de monitoreo con microcuencas pares. Lloa, Pichincha, Ecuador. CONDESAN (2013).

Bajo el diseño de cuencas pares, las microcuencas son escogidas de tal manera que su tamaño, topografía, suelos y clima sean lo más similares posible, dejando a la cobertura o uso de la tierra como la única diferencia significativa entre ambas. De esta manera las diferencias encontradas entre los caudales (en caso de encontrarse diferencias) pueden ser atribuidas a ello.

Para asegurar que las condiciones climáticas y los suelos sean los más similares, las microcuencas deberán estar ubicadas lo más cerca posible una de otra. Además, esto también facilita las labores de mantenimiento y descarga de datos.

Una de las grandes ventajas del monitoreo con microcuencas pares es que en relativamente poco tiempo (por ejemplo, un año) se pueden identificar diferencias en las respuestas de las microcuencas, las cuales pueden apoyar procesos de toma de decisiones. Así mismo para evitar que diferencias en caudales debidas a otros factores, como los tipos de suelos o diferencias en las pendientes, la selección de las microcuencas debe realizarse con cuidado observando también estas variables y con un proceso cuidadoso de interpretación de los resultados.

Cada una de las microcuencas pares deberá equiparse de la manera indicada en la sección 4.2. En la Figura 2 se puede observar un ejemplo para monitoreo de microcuencas pares en páramo.

4.4. EVALUACIÓN DE CAMBIOS EN EL TIEMPO



Para los casos en los que se desea monitorear una cuenca individual a largo plazo para analizar cambios en el tiempo, se debe seguir el procedimiento especificado en esta guía para la instrumentación.

Aunque uno de los principios de la propuesta es llegar a conclusiones a corto plazo mediante la comparación de un par de microcuencas, se puede mantener el monitoreo a largo plazo (10-15 años) para evaluar estos cambios en las cuencas individuales. En esta situación, la sostenibilidad del sistema de monitoreo es un tema fundamental que debe ser abordado mediante la consideración del monitoreo participativo y un arreglo institucional con la comunidad y gobiernos locales.

Durante este tipo de estudios es necesario diferenciar entre cambios controlados (p. ej. quemas, actividades ganaderas) y no controlados (p. ej. cambio climático), y entre cambios inmediatos (p. ej. construcción de un dique o represa) y sostenidos (p. ej. cambios en el uso de la tierra). Es importante que en la medida de lo posible el monitoreo pueda ser establecido antes de efectuado el cambio para generar una línea base previa que haga posible evaluar la diferencia con la información generada a largo plazo.

4.5. MONITOREO ADICIONAL

A más de los detalles indicados en las secciones anteriores, hay otras actividades adicionales que son deseables pero no indispensables para participar en la iMHEA. El levantamiento de distintos tipos de mapas de las cuencas en estudio con esta información, puede ayudar a complementar la interpretación de su respuesta hidrológica.

4.5.1. Monitoreo meteorológico

Con datos de lluvia y caudal es posible realizar un análisis hidrológico (cierre del balance hídrico) a escala anual. Sin embargo, para poder realizar los análisis en escalas temporales más finas, es necesario contar con datos meteorológicos locales para calcular la evapotranspiración. Estos datos consisten en las siguientes variables:

- Velocidad del viento;
- Dirección del viento;
- Presión atmosférica;
- Humedad relativa del aire;
- Temperatura; y,
- Radiación solar.

La estación meteorológica deberá estar ubicada cerca del centro de la cuenca y la frecuencia de registro de datos deberá ser horaria. Investigaciones de este tipo pueden encontrarse en Hupet y Vanclooster (2001) y Rollenbeck y Bendix (2011).

4.5.2. Morfología de la cuenca

Se refiere a otras características físicas de las cuencas, en especial su forma (elongada, circular, etc.), pendientes y densidad de la red de drenaje (cuenca con muchas o pocas quebradas o cauces), las cuales permiten estimar cualitativamente la forma de respuesta hidrológica que tendrá la cuenca. La escala recomendada depende de la finalidad del estudio, una escala aceptable es de 1:10000. Una investigación sobre la aplicación de la morfología en estudios hidrológicos se encuentra en Ticehurst et al. (2007).



4.5.3. Estudios de suelos

El suelo es un gran reservorio de agua y por lo tanto responsable de muchos procesos hidrológicos. Por esto es importante conocer los tipos de suelos presentes en la cuenca (mapa de suelos), sus propiedades físicas (densidad, textura, etc.), la profundidad de suelos (mapa de profundidad), las propiedades de retención de agua (curvas pF), la cantidad de materia orgánica, o mantener un monitoreo continuo del contenido de humedad en el suelo, entre otros. Una investigación de este tipo se puede revisar en Buytaert et al. (2005a). Según Tobón et al. (2010) las propiedades hidrofísicas de los suelos que deben ser estudiadas son: textura, densidad aparente, porosidad, Curvas pF, permeabilidad, Ks, CA, MO.

4.5.4. Geología

El agua sale de la cuenca hidrográfica por el cauce principal, como evapotranspiración o se infiltra hacia capas profundas. La geología determina si el agua puede infiltrarse fácilmente o no a capas profundas y contribuir de esta manera a la recarga de acuíferos. Una investigación relacionada se puede revisar en Buytaert et al. (2005b).

4.5.5. Detalles de la vegetación

Conocer la ecohidrología es importante para caracterizar mejor el ecosistema. Por ejemplo, en el caso de cuencas con bosques también es necesario conocer el tipo de bosque, especies presentes, y la estructura del dosel, abundancia, cobertura, riqueza, índice de área foliar – incluidas las epifitas, etc. Esto puede afectar fuertemente la cantidad de agua que se pierde del sistema por intercepción (es decir, agua que no llega al suelo) y evapotranspiración, y por ende, determinar la cantidad de agua disponible. Una investigación en bosques de montaña se puede encontrar en Gómez-Peralta et al. (2008). Al monitorear cuencas con bosque, es necesario resaltar que la medición de precipitación se realiza sobre la cantidad total de lluvia que cae sobre la cuenca y no sobre aquella que efectivamente llega al suelo. Una investigación de este último caso se puede revisar en Ataroff (2002).

5. CONTROL DE CALIDAD, PROCESAMIENTO DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

El objetivo de implementar un sistema de monitoreo hidrológico es conseguir datos de calidad, los que serán utilizados posteriormente para distintas aplicaciones, usos y objetivos. Si el sistema de monitoreo proporciona datos de mala calidad, estos no pueden ser usados para apoyar la toma de decisiones. Por ello es de suma importancia realizar una apropiada implementación, operación y mantenimiento del sistema y el posterior control de calidad de los datos.

El control de la calidad de datos debe realizarse cada mes luego de la descarga de los datos, y deberá identificar datos erróneos (fuera del rango normal de medición como niveles de agua negativos) y datos dudosos (niveles de agua extremos poco probables). Los datos deberán ser depurados previamente a su utilización en los estudios. Luego del control de calidad, se debe estructurar una base de datos hidrológicos y de precipitación de acuerdo a los estándares definidos por la iMHEA.

Las bases de datos generadas para cada cuenca con el intervalo indicado en el protocolo (5 minutos) pueden representar una cantidad de información considerable a largo plazo. Sin embargo, se mantiene este intervalo para garantizar que información importante no se pierda. Por ejemplo, si la necesidad de un socio es generar información horaria o diaria, esta puede ser agregada de los datos



obtenidos con el intervalo de 5 minutos. No así con fines investigativos, en donde desagregar la información desde una escala temporal mayor hacia una escala más pequeña no es posible o genera demasiada incertidumbre. Además la resolución temporal más fina garantiza la captura de procesos rápidos en las microcuencas pequeñas de respuestas rápidas.

El procesamiento de datos deberá entregar una serie de indicadores⁷ sobre la respuesta hidrológica de las cuencas. Guías prácticas para realizar el control de calidad (Villacís et al., 2013), procesamiento de datos y presentación de resultados (Ochoa et al., 2013) son parte de los estándares de la iMHEA. El flujo de información entre los socios que generan la información, los técnicos que la analizan y procesan, y el sistema de información en el que son visualizadas, deben garantizar que los datos conserven la mayor integridad posible y la información llegue a la mayor cantidad de actores. La iMHEA liderará un proceso de flujo de información que evite la manipulación de los datos.

6. AGRADECIMIENTOS

La iMHEA agradece la valiosa colaboración de sus socios que han hecho posible la continua construcción y mejora de esta guía metodológica. A los aportes metodológicos de Galo Medina, primero a través del Programa Regional ECOBONA – Intercooperation, luego con The Nature Conservancy – TNC, Ecuador, de María Teresa Becerra de la Secretaría General de la Comunidad Andina de Naciones – SGCAN, y de Macarena Bustamante del Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina – CONDESAN, Ecuador. A los aportes técnicos de Patricio Crespo del Grupo de Ciencias de la Tierra y del Ambiente – GCTA de la Universidad de Cuenca, Ecuador, de Conrado Tobón de la Universidad Nacional de Colombia – UNAL sede Medellín, de Francisco Cuesta de CONDESAN, Ecuador, de Jorge Molina de la Universidad Mayor de San Andrés – UMSA, La Paz, Bolivia, de Wouter Buytaert del Imperial College of London, de Andrés González de la Escuela Politécnica Nacional de Quito – EPN, Ecuador, y de Elizabeth Silvestre de Cooperative for Assistance and Relief Everywhere – CARE, Perú. A las revisiones voluntarias de Catherine Schloegel de la Fundación Cordillera Tropical – FCT, Ecuador, de Mayanín Rodríguez de la Universidad de Los Andes – ULA, Mérida, Venezuela, de Florencia Zapata y Pablo Dourojeanni del Instituto de Montaña – IM, Perú, de Carlos Llerena de la Universidad Nacional Agraria la Molina – UNALM, Lima, Perú, de Luis Acosta de CONDESAN, Perú, y de Daniel Mendoza del GCTA, Ecuador. Y a los Institutos y Servicios Nacionales de Meteorología e Hidrología IDEAM, INAMHI, SENAMHI-Perú, SENAMHI-Bolivia, Ministerios de Ambiente y Autoridades de Agua de los países andinos.

Esta guía ha sido discutida en varios espacios de trabajo que incluyen diversas reuniones técnicas con la participación de los miembros de la Iniciativa Regional de Monitoreo Hidrológico de Ecosistemas Andinos, y la Reunión Regional sobre Protocolos de Monitoreo Hidrológico en Ecosistemas Andinos y Contenidos de una Plataforma Regional de Información sobre Recursos Hídricos organizada con la SGCAN (Lima, 1 y 2 de agosto de 2012) con la participación de autoridades e institutos hidrometeorológicos nacionales de los países andinos.

⁷Se recomienda consultar el [Glosario Hidrológico Internacional de la UNESCO/OMM](http://www.condesan.org).
www.condesan.org



7. REFERENCIAS

7.1. Citadas

- Acosta, L.; De Bièvre, B.; Medina, G.; Célleri R.: (2010) Memorias del Taller de reflexión: iniciativa regional de monitoreo hidrológico de ecosistemas andinos. Cuenca, Ecuador, 12 y 13 de julio.
- Albán, M.: (2007) La información disponible sobre los servicios ambientales de ecosistemas de montaña en los Andes del Norte y Centro. Memorias del taller Servicios ambientales de ecosistemas de montaña en los Andes del Norte y Centro. Papallacta, Ecuador, 22 al 24 de octubre.
- Asquith, N.; Wunder, S.; (eds.): (2008) Payments for Watershed Services: The Bellagio Conversations. Fundación Natura Bolivia: Santa Cruz de la Sierra.
- Bendix, J.: (2000) Precipitation dynamics in Ecuador and northern Peru during the 1991/92 El Niño: a remote sensing perspective. En *International Journal of Remote Sensing*, 21, pp. 533-548.
- Bosch, J.M.; Hewlett, J.D.: (1982) A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. En *Journal of Hydrology*, 55, pp. 3-23.
- Buytaert, W.; Célleri, R.; Willems P.; De Bièvre B.; Wyseure G.: (2006a) Spatial and temporal rainfall variability in mountainous areas: A case study from the south Ecuadorian Andes. En *Journal of Hydrology*, 329, pp. 413-421.
- Buytaert, W.; Célleri, R.; De Bièvre, B.; Hofstede, R.; Cisneros, F.; Wyseure, G.; Deckers, J.: (2006b) Human impact on the hydrology of the Andean páramos. En *Earth-Sciences Reviews*, 79, pp. 53-72.
- Buytaert, W.; Iniguez, V.; De Bièvre, B.; (2007) The effects of afforestation and cultivation on water yield in the Andean páramo. En *Forest Ecology and Management*, 251, pp. 22-30.
- Célleri, R.; De Bièvre, B.; Iñiguez, V.: (2004) Efectos de la cobertura vegetal en la regulación hidrológica de microcuencas de páramo. Informe Final. DIUC, Programa para el Manejo del Agua y del Suelo, Universidad de Cuenca, pp. 23.
- Célleri, R.: (2008) Memorias del taller de expertos en hidrología de ecosistemas andinos. Papallacta, Ecuador, 7 al 9 de septiembre.
- Célleri, R.: (2010) Estado del conocimiento técnico científico sobre los servicios ambientales hidrológicos generados en los Andes. En Quintero, M., (ed.): *Servicios Ambientales Hidrológicos en la Región Andina*, CONDESAN, IEP, Lima, pp. 25-45.
- Célleri, R.; Feyen, J.: (2009) The hydrology of tropical Andean ecosystems: Importance, knowledge status and perspectives. *Mountain Research and Development*, 29, pp. 350-355.
- Célleri, R.; Willems, P.; Buytaert, W.; Feyen, J.: (2007) Space-time rainfall variability in the Paute Basin, Ecuadorian Andes. *Hydrological Processes*, 21, pp. 3316-3327.
- Célleri, R.; Buytaert, W.; De Bièvre, B.; Tobón, C.; Crespo, P.; Molina J.; Feyen, J.: (2010) Understanding the hydrology of tropical Andean ecosystems through an Andean Network of Basins. En A. Herrmann and S. Schumann (eds.), *Status and Perspectives of Hydrology in Small Basins*. IAHS, 336, pp. 209-212.
- CONDESAN: (2012) Propuesta de Leyenda Subregional de Cobertura de la Tierra. Proyecto CIMA. Deficiones Operativas. Última edición 1 de marzo de 2012.
- Crespo, P.; Célleri R.; Buytaert, W.; Feyen, J.; Iñiguez, V.; Borja, P.; De Bièvre, B.: (2010) Land use change impacts on the hydrology of wet Andean páramo ecosystems. En *Status and Perspectives of Hydrology of Small Basins (Proceedings of the Workshop held in Goslar-Hahnenklee, Germany, 30March-2 April 2009)*, International Association for Hydrological Sciences Publ., Red Books, 336.
- Cuesta, F.; Peralvo, M.; Valarezo, N.: (2009) Los bosques montanos de los Andes Tropicales. Una evaluación regional de su estado de conservación y de su vulnerabilidad a efectos del cambio climático. Serie Investigación y Sistematización #5. Programa Regional ECOBONA – INTERCOOPERATION. Quito.
- ETAPA, (2004): Informe de labores 2000–2004. Technical Report, ETAPA.
- FAO:(2000): Irrigation in Latin America and the Caribbean in Figures, No. 20 in Water Report, FAO.
- Fleischbein, K.; Wilcke, W.; Valarezo, C.; Zech W.; Knoblich, K.: (2006) Water budgets of three small catchments under montane forest in Ecuador: experimental and modelling approach. *Hydrological Processes*, 20, pp. 2491-2507.
- Garzón, A.: (2010) Estado de la acción acerca de los mecanismos de financiamiento de la protección o recuperación de servicios ambientales hidrológicos generados en los Andes. En Quintero, M., (ed.): *Servicios Ambientales Hidrológicos en la Región Andina*, CONDESAN, IEP, Lima, pp. 47-89.
- Hofstede, R.; Segarra, P.; Mena, P.V.: (2003) Los Páramos del Mundo. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia, Quito.
- Hupet, F.; Vanclooster, M.: (2001) Effect of the sampling frequency of meteorological variables on the estimation of the reference evapotranspiration. En *Journal of Hydrology*, 243, pp. 192-204.



- IDEAM: (2007) Protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua. Colombia: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Josse, C.; Cuesta, F.; Navarro, G.; Barrena, V.; Cabrera, E.; Chacón-Moreno, E.; Ferreira, W.; Peralvo, M.; Saito, J.; Tovar, A.: (2009) Ecosistemas de los andes del norte y centro. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Secretaría general de la Comunidad Andina, Programa Regional ECOBONA-INTERCOOPERATION, CONDESAN-Proyecto Páramo Andino, Programa BioAndes, EcoCiencia, NatureServe, IAvH, LTA-UNALM, ICAE-ULA, CDC-UNALM,RUMBOL SRL. Lima.
- Ochoa B., Fitzimons, B., & De Bièvre, B.: (2013) Guía de Procesamiento e Indicadores Hidrológicos, IMHEA.
- OMM / WMO: (2010) Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. OMM-No. 8, 7th edition 2008, updated in 2010, Organización Meteorológica Mundial. Idioma: Inglés.
- OMM / WMO: (2011) Guía de prácticas hidrológicas. OMM-No. 168, 6th edition 2011, Organización Meteorológica Mundial. Idioma: Español o Inglés.
- Sevink, J.: (2007) Proyecto Páramo Andino, Hydrology Workshop Report. Mérida, Venezuela, 28 de febrero al 2 de marzo.
- Sotelo Dávila, G.: (1997) Hidráulica General. Ciudad de Mexico: LIMUSA.
- Tobón, Conrado: (2012) Ecohidrología de bosques y páramos andinos. Taller regional de manejo y restauración de cuencas andinas. FONAG, 23 a 27 de enero, Quito, Ecuador.
- UAESPNN: (2000) Plan estratégico y de manejo para el Parque Nacional Natural Chingaza 2005-2009. Ministerio del Medio Ambiente, República de Colombia.
- Villacís M., González, A., & Ochoa, B.: (2013) Guía de Control de Calidad de Datos Hidrológicos, IMHEA.
- Vuille, M.; Bradley, R.S.; Keimig, F.: (2000) Interannual climate variability in the Central Andes and its relation to tropical Pacific and Atlantic forcing. En *Journal of Geophysical Research*, 105, pp. 12447-12460.
- Wilcke, W.; Günter, S.; Alt, F.; Geißler, C.; Boy, J.; Knuth, J.; Oelmann, Y.; Weber, M.; Valarezo, C.; Mosandl, R.: (2009) Response of water and nutrient fluxes to improvement fellings in a tropical montane forest in Ecuador. En *Forest Ecology and Management*, 257, pp. 1292-1304.

7.2. Otras recomendadas

- Ataroff, M.: (2002) Precipitación e intercepción en ecosistemas boscosos de los Andes venezolanos. En *ECOTROPICOS*, 15, pp. 195-202.
- Buytaert, W.; Wyseure, G.; De Bièvre, B.; Deckers, J.: (2005a) The effect of land-use changes on the hydrological behaviour of Histic Andosols in south Ecuador. En *Hydrological Processes*, 19, pp. 3985-3997.
- Buytaert, W.; Sevink J.; De Leeuw, B.; Deckers, J.: (2005b) Clay mineralogy of the soils in the south of Ecuadorian páramo region. En *Geoderma*, 127, pp. 114-129.
- Hupet, F.; Vanclooster, M.: (2001) Effect of the sampling frequency of meteorological variables on the estimation of the reference evapotranspiration. En *Journal of Hydrology*, 243, pp. 192-204.
- Gomez-Peralta D.; Oberbauer, S.; McClain, M.; Philippi, T.: (2008) Rainfall and cloud-water interception in tropical montane forests in the Eastern Andes of Central Peru. En *Forest Ecology and Management*, 255, pp. 1315-1325.
- Rollenbeck, R.; Bendix, J.: (2011) Rainfall distribution in the Andes of southern Ecuador derived from blending weather radar data and meteorological field observations. *Atmospheric Research*, 99, pp. 277-289.
- Ticehurst, J.L.; Cresswell, H.P.; McKenzie, N.J.; Glover M.R.: (2007) Interpreting soil and topographic properties to conceptualise hillslope hydrology. En *Geoderma*, 137, pp. 279-292.
- Tobón, C.: (2008) Los bosques andinos y el agua. Serie investigación y sistematización #4. Programa Regional ECOBONA – INTERCOOPERATION, CONDESAN. Quito.
- UNESCO/OMM: (1992) Glosario Hidrológico Internacional. 2a edición revisada. <http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/glossary/glu/HINDES>.
- Ven Te Chow: (1983) Hidráulica de los Canales Abiertos. Editorial Diana, México. Traducida de Ven Te Chow (1959) *Open Channel Hydraulics*.

