



PLAN DE MONITOREO DE AGUA Y SUELOS EN LA MICROCUENCA PIURAY-CCORIMARCA

Juan Víctor Béjar Saya | Ludwing Bernal Yábar | Marjorie Villarroel Herrera
Nuria Frey | Miguel Ángel Choque Conde | Andrés Estrada Zúñiga

2da edición



The Nature
Conservancy 
Peru

 50 Años cbc centro
bartolomé
de las casas



TEMAS DE ACTUALIDAD 31

Béjar Saya, Juan Víctor...y otros

Plan de monitoreo de agua y suelos en la microcuenca Piuray-Ccorimarca / Juan Víctor Béjar Saya y otros; Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de Las Casas. -- Cusco : CBC, 2024.

109 p. : ilus, grafs, maps, tbls. -- (Temas de actualidad, 31)

MANEJO DE CUENCAS/RECURSOS HÍDRICOS/EVALUACIÓN DE PROYECTOS/GESTIÓN AMBIENTAL/ACTORES SOCIALES/ABASTECIMIENTO DE AGUA/CONSERVACIÓN DE SUELOS/AGUA POTABLE/AGUA DULCE/LAGOS/CALIDAD DE AGUA/CAMBIO CLIMÁTICO
PERÚ-CUSCO-ANTA-CACHIMAYO

17.05.02 (OCDE-CBC Biblioteca)

PLAN DE MONITOREO DE AGUA Y SUELOS EN LA MICROCUENCA PIURAY - CCORIMARCA. 2da Edición
Derechos Reservados

© Juan Víctor Béjar Saya, Ludwing Bernal Yábar, Marjorie Villaroel Herrera, Nuria Frey, Miguel Ángel Choque Conde y Andrés Estrada Zúñiga

© Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de Las Casas - CBC

Pasaje Pampa de la Alianza 164, Cuzco

Telef.: (51 084) 245415

Correo electrónico: cbc@apu.cbc.org.pe

Página Web: www.cbc.org.pe

Este volumen corresponde a la Serie CBC "Temas de Actualidad", N° 31

Cuidado de la Edición: Anael Pilares

Diseño y diagramación: Yadira Hermoza

Corrección de estilo: Fernando Heredia

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2024-07958

ISBN: 978-612-4121-61-6

Segunda edición

Cusco, julio de 2024

**Prohibida la reproducción total o parcial de las características gráficas y textos de este documento, sin autorización escrita de los editores.*

ÍNDICE

Antecedentes	5
Objetivos	
• Objetivos del Proyecto “Adaptación de la Gestión de Recursos Hídricos al Cambio Climático”	7
• Objetivos del Fondo de Agua	7
• Objetivos del Plan de Monitoreo	8
Descripción de la zona de estudio	9
• Infraestructuras verdes	13
• Por qué monitorear	14
Teoría del cambio	15
Teoría gráfica y narrativa del cambio	16
El monitoreo	17
• Etapas del monitoreo	18
• Criterios para la selección de sitios de muestreo	18
• Estrategia de monitoreo	21
• Información que proporcionan los parámetros para los elementos agua y suelo	22
• Fuentes de datos, lugares y métodos	37
• Priorización de sitios de muestreo, ubicación y frecuencia	39
Evaluación	51
• Estrategia de evaluación	51
• Indicadores de resultados	52
• Fuentes de datos y métodos	53
Responsabilidades	54
Línea de Tiempo	55
Presupuesto	56
Bibliografía	57
Anexos	59
Protocolos	69

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa n° 1 Mapa de la Microcuenca Piuray Ccorimarca.....	10
Mapa n° 2 Sitios proyectados de monitoreo.....	40
Mapa n° 3 Puntos priorizados de monitoreo de la Microcuenca Piuray Ccorimarca.....	45
Mapa n° 4 Ccoricancha: Puntos de monitoreo.....	61
Mapa n° 5 Huitapucjio: Puntos de monitoreo.....	62
Mapa n° 6 Pongobamba: Puntos de monitoreo.....	63
Mapa n° 7 Pongolay: Puntos de monitoreo.....	64
Mapa n° 8 Pucamarca: Puntos de monitoreo.....	65
Mapa n° 9 Simataucca: Puntos de monitoreo.....	66
Mapa n° 10 Taucca: Puntos de monitoreo.....	67
Mapa n° 11 Valle Chosica: Puntos de monitoreo.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valoración de los CC y CD y ponderación.....	20
Tabla 2: Calidad de agua ABI.....	29
Tabla 3: Valores propuestos para el Índice Biótico Andino (ABI) para evaluar la calidad del agua de los ríos andinos.....	30
Tabla 4: Valoración e identificación de puntos de muestreo para el monitoreo de agua y suelo.....	41
Tabla 5: Parámetros a muestrear en agua, suelo y su frecuencia.....	44
Tabla 6: Definición de sitios de muestreo.....	48
Tabla 7: Responsabilidades del equipo de monitoreo.....	54
Tabla 8: Presupuesto para la instalación del sistema de monitoreo.....	56
Tabla 9: Sistema de codificación de las muestras para el plan de monitoreo.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de las etapas del monitoreo.....	18
Figura 2: Monitoring downstream of a single watershed.....	21
Figura 3: Esquema de los actores interesados en la implementación del plan de monitoreo.....	50
Figura 4: Plan de actividades 2019.....	55

Antecedentes



La laguna de Piuray y sus manantes juegan un rol importante en el abastecimiento de agua para el consumo humano de la ciudad de Cusco, y a nivel nacional se les considera como modelo de gestión integrada de una unidad hidrográfica.

Tras el devastador terremoto del año 1950 que afectó al Cusco, se evidenció la necesidad de contar con un mejor sistema de abastecimiento de agua para consumo humano, por ello se proveyó y se construyó el sistema de trasvase de agua de la laguna de Piuray a los reservorios en la ciudad de Cusco.

Esta extracción de agua sigue teniendo –a pesar de la instalación de un mecanismo de retribución por servicios ecosistémicos en el año 2013– un importante impacto, tanto en la gestión local del agua de las comunidades de la microcuenca, como en la disponibilidad de agua para consumo humano y el desarrollo de sus actividades agroeconómicas.

Tanto la población residente en la microcuenca como la población urbana de la ciudad de Cusco dependen del agua que se almacena y fluye desde la microcuenca Piuray-Ccorimarca; sin embargo, una serie de factores como los

impactos del cambio climático, el crecimiento poblacional, y los cambios en los usos y costumbres agrícolas, requieren de mayores esfuerzos en la gestión sustentable, así como en la recuperación y mantenimiento de los ecosistemas existentes en la microcuenca.

Las actividades económicas que predominan en la microcuenca de Piuray-Ccorimarca son la agricultura, la ganadería y el turismo, siendo de vital importancia para las comunidades locales y la salud ecosistémica de su entorno. Pero el uso intensivo del suelo y su constante transformación, así como la aplicación de diversos agroquímicos, contaminan los recursos suelo y agua afectando drásticamente la salud de los campesinos y sus familias (Centro de Educación y Comunicación Guamán Poma de Ayala, 2013).

El agua y el suelo son fundamentales en la economía campesina y en el desarrollo de sus actividades; sin embargo, dichos recursos se ven afectados por el incremento de la frontera agrícola en la franja marginal de la laguna y la transformación de pajonales naturales en tierras de cultivo (cambio de uso de suelo), lo que a la larga ocasionará la disminución del almacenamiento de agua y fijación de carbono en los suelos de los páramos altoandinos (Villarroel Herrera, 2018).

Dentro del marco del Proyecto “Adaptación de la Gestión de los Recursos Hídricos al Cambio Climático” que implementa el Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de Las Casas (CBC), con el financiamiento de The Nature Conservancy (TNC) y el Ministerio del Medio Ambiente y Energía Segura de Alemania, se desarrollaron labores de siembra y cosecha de agua (zanjas de infiltración, forestación con plantas nativas, recuperación de pastizales, restauración de terrazas, protección de manantes, recuperación de cochas, bofedales y humedales), las cuales buscan garantizar el agua en la cantidad necesaria para las comunidades aledañas de la microcuenca.

Por lo mencionado anteriormente, es imprescindible la elaboración de un programa de monitoreo hidrológico que involucre la participación de las comunidades, entidades públicas responsables de la administración de los recursos, organizaciones no gubernamentales, universidades y demás actores clave que contribuyan a los procesos de recuperación y conservación de los ecosistemas andinos.

Objetivos del Proyecto “Adaptación de la Gestión de Recursos Hídricos al Cambio Climático”



“Crear un Fondo de Agua en Cusco, teniendo como base los acuerdos logrados entre la Comunidad Piuray-Ccorimarca, la Municipalidad distrital de Chincheros y la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado (SEDACUSCO)”.

Fuente: TNC, 2017.

OBJETIVOS DEL FONDO DE AGUA

- i) Mantener y mejorar la calidad y cantidad de los recursos hídricos que se disponen para los usuarios aguas abajo;
- ii) Mantener flujos de agua regulares a lo largo del año, independientemente de los fenómenos del cambio climático;
- iii) Mejorar la biodiversidad de los ecosistemas naturales de la cuenca en términos de acuíferos y agua superficial terrestre;
- iv) Disminuir los costos del tratamiento de aguas; disminuir los procesos de erosión y sedimentación de manera natural y no solo con infraestructuras costosas de tecnologías externas;

- v) Mantener o mejorar también los servicios hídricos propios para los sistemas de producción y medios de vida, bienestar y calidad de vida de las comunidades de la parte alta de la cuenca implicada;
- vi) Mejorar la gestión integrada de los recursos hídricos con una gestión territorial de la cuenca;
- vii) Crear una institución multiactor, de cogestión entre comunidades y usuarios cuenca abajo, entidades externas, privadas y públicas;
- viii) Elaborar e implementar estrategias de sostenibilidad financiera;
- ix) Construir una gestión compartida y participativa del Fondo de Agua con una gobernanza transparente, de rendición de cuentas y equidad de género en el acceso a los beneficios y toma de decisiones;
- x) Construir relaciones y alianzas urbano-rurales de colaboración, no solo económico-financiera sino de sensibilización y concientización sobre los efectos del cambio climático, adaptación, disminución de vulnerabilidad, seguridad hídrica, usos eficientes del agua, uso necesario de partes de la tarifa del agua para la protección y conservación de las fuentes de agua, educación ambiental, en el marco de una saludable y consciente relación entre los seres humanos y la naturaleza.

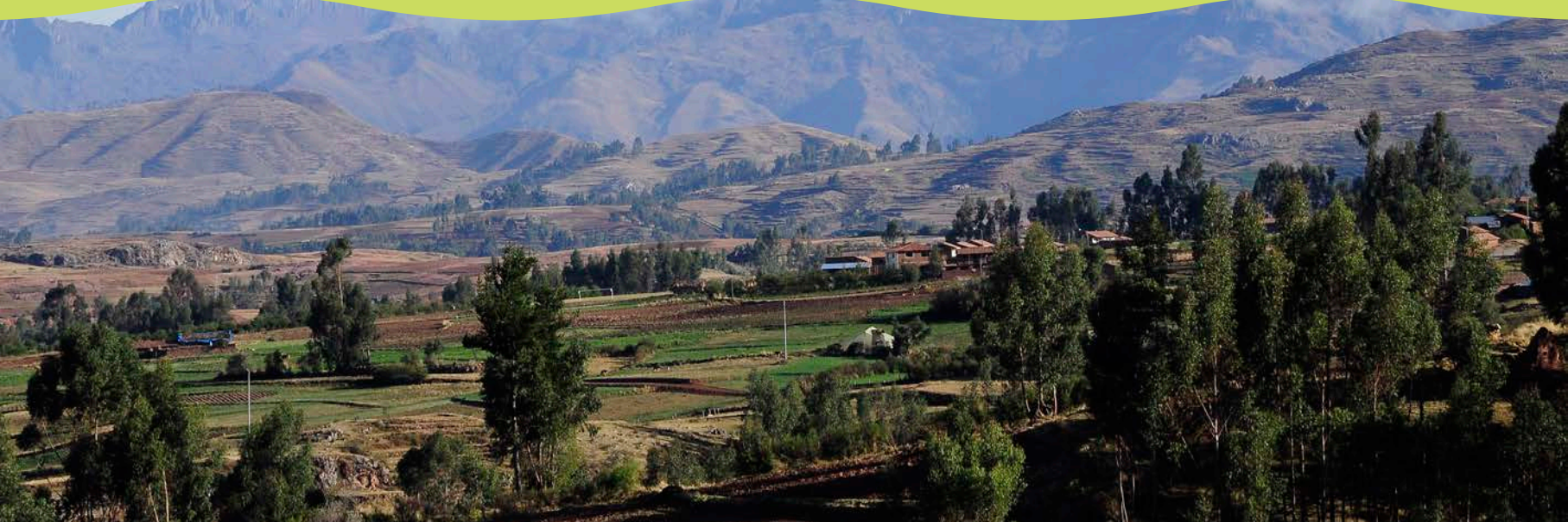
Fuente: Bueno de Mesquita, 2018.

OBJETIVOS DEL PLAN DE MONITOREO

El Plan de Monitoreo cuenta con los siguientes objetivos:

- Realizar el monitoreo de elementos abióticos (agua y suelo) para la microcuenca de la laguna de Piuray-Ccorimarca.
- Determinar los parámetros físico-químicos que conformarán al plan de monitoreo de elementos abióticos (agua y suelo).
- Identificar los sitios y su frecuencia para la toma de muestras de agua y suelo.
- Elaborar protocolos para el muestreo de agua y suelo.

Descripción de la zona de estudio



La microcuenca de la laguna de Piuray se ubica en el distrito de Chinchero, provincia de Urubamba, región Cusco, entre las coordenadas $13^{\circ} 25' 10''$ latitud sur y $72^{\circ} 01' 01''$ longitud oeste. Tiene una extensión de 42.57 km^2 ; su rango de altitud varía de los 3,575 a los 4,550 m.s.n.m. Esta área está enmarcada en la microcuenca Piuray-Ccorimarca formando parte de la cuenca del Vilcanota, e involucra la submicrocuenca Tumamayu. Sus límites son los siguientes:

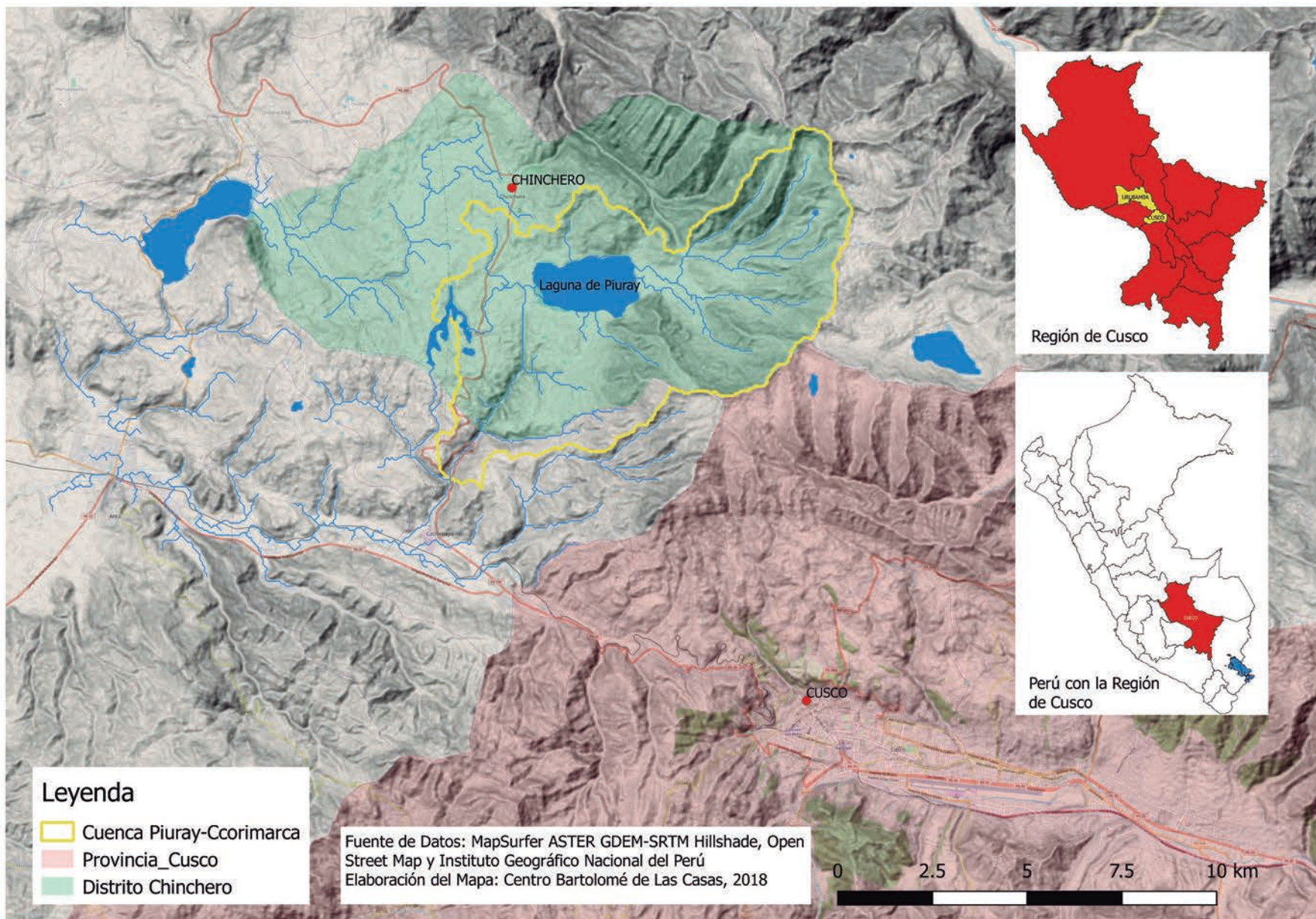
- Por el norte: con la microcuenca Urquillos.
- Por el sur: con las microcuencas Ccorimarca, Maranhuayco y Taray.
- Por el este: con la microcuenca Toqoqahuyco Taray.
- Por el oeste: con la microcuenca Huaypo.

La microcuenca está conformada por la laguna de Piuray en la que convergen varias quebradas, entre las que se encuentran: Huitapucjio Sancca, Hanq'acolccasancca, Pucamarca, Pucamarcasanqa, Llaulliocsanqa, Soq'apatahuayco, Huayccocancha y Pongosancca. De la laguna nace el río Ccorimarca, que recibe a lo largo de su recorrido aportes de unidades hidrográficas tributarias, hasta desembocar en el río Cachimayo.

Zona de estudio

El acceso a la microcuenca es por la carretera asfaltada Cusco-Urubamba, que es la vía más importante de comunicación, la cual recorre la microcuenca por el lado oeste en dirección sur-norte, uniendo las ciudades de Cusco, Chinchero y Urubamba. La distancia desde la ciudad del Cusco a la microcuenca es de 30 km. Los diferentes centros poblados que forman parte de la microcuenca se unen mediante carreteras y caminos afirmados (Centro de Educación y Comunicación Guaman Poma de Ayala, 2013).

Mapa n° I: Mapa de la Microcuenca Piuray Ccorimarca



De acuerdo al diagnóstico técnico de la microcuenca de la laguna de Piuray, la demanda de agua se divide en uso poblacional local o urbano (Cusco), agrícola y pecuario. La actividad agrícola es la que mayor recurso hídrico requiere, se estima un volumen de 3555 MMC para un área agrícola bajo riego de 1306.36 ha, con un caudal promedio de 0.112 m³/s.

De los análisis físico-químicos realizados por el Centro de Educación y Comunicación Guaman Poma (2013) en la laguna, los valores obtenidos muestran que el agua es apta para riego y uso pecuario, mientras que para consumo de la población, de los muestreos realizados en diferentes manantes, se concluye que para su utilización se requiere realizar el tratamiento correspondiente y así disminuir la concentración de aluminio, hierro, pH, nitrato y sulfato de acuerdo a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) (Centro de Educación y Comunicación Guamán Poma de Ayala, 2013).

En la parte hidrogeológica, el estudio recién citado menciona que, según los ensayos de infiltración realizados en la formación Ayabacas, con método de Lefrang, en zonas fracturadas de las calizas grises oscuras y claras con cherts, éstas se distribuyen de forma caótica. Los valores de conductividad hidráulica registrados son $Pi-05 = 1.805 \times 10^{-1}$ m/día y $Pi-08 = 1.627 \times 10^{-1}$ m/día, que evidencia un comportamiento permeable, con énfasis en sus zonas de debilidad, si bien donde no existen fracturas y fallas su comportamiento es poco permeable a impermeable. Estos acuíferos se clasifican como *fisurados kársticos* (EPS. SEDACUSCO S. A., 2017).

El gradiente hidráulico se define como la pérdida de energía experimentada por unidad de longitud recorrida por el agua, es decir, representa la pérdida o cambio de potencial hidráulico por unidad de longitud medida en el sentido del flujo de agua. De los cálculos de gradiente hidráulico en el sector de Taucca, donde se encuentra el manantial Huasamayo (4994-01) y el Toccocacca (4994-07), el gradiente hidráulico calculado es 0.858, lo que corresponde a una circulación de aguas subterráneas casi homogénea, y se caracteriza además por la presencia de fallas y fracturas en las rocas. El gradiente hidráulico en el sector de Pucamarca, donde se encuentra el manantial del mismo nombre y Huecospujio, el gradiente hidráulico corresponde a 0.183 con el cual se obtuvo un nivel de descarga de aguas subterráneas que corresponden a acuíferos fisurados en calizas. En el sector alto de Pogobamba, Ccoricancha y Ayarmaca, para las areniscas de grupo San Jerónimo, obtuvo el gradiente hidráulico de 0.15 medido en las surgencias de los manantiales Huaynaccorcor y Pillcopuquio, por la presencia de niveles permeables en

areniscas de grano medio, donde también influye la alta pendiente y la disposición de estratos del grupo San Jerónimo. Éste se denomina *acuífero fisurado sedimentario* (EPS. SEDACUSCO S. A., 2017).

La clasificación de suelos más aplicada en el Perú corresponde a la clasificación sobre Regiones Geodáficas, de la FAO. En el área de intervención del proyecto, ubicada en las regiones Kastanosólica y Paramosólica o Andosólica, la mayoría de la superficie corresponde a la última región mencionada.

La región Paramosólica o Andosólica se ubica en la zona altoandina en un rango de 4000 a 5000 m.s.n.m., el relieve es suave por haber sido anteriormente glaciares. El tipo de suelo que predomina son los paramasoles, suelos ácidos y ricos en materia orgánica. También se encuentran los páramos andosoles que son parecidos, pero estos se derivan de rocas volcánicas arcillosas, suelos con predominancia rocosa (litosoles), calcárea (rendzinas) y suelos neutros arcillosos oscuros (chernozems). En las zonas con presencia de lagunas y pantanos se encuentran suelos con alto contenido de materia orgánica que se denominan histosoles. En estas zonas la agricultura es restringida debido a las bajas temperaturas, a excepción de especies como la maca. Las zonas poseen un alto potencial para pastos y actividad pecuaria de camélidos y ovinos (Perú, Ministerio de Agricultura y Riego, 2018).

Mientras que los suelos de la región Kastanosólica se ubican en los valles interandinos y zonas intermedias, entre los 2200 y 4000 m.s.n.m. siendo los principales los kastanozems cálcicos, de textura media, alcalinos y de color rojizo o pardo rojizo, los kastanozems lúvicos, similares pero arcillosos, así como suelos profundos y de textura fina (phaeozems). En las zonas de alta pendiente predominan los suelos rocosos y calcáreos. En las mesetas y grandes planicies, como las del Titicaca, predominan los suelos originados de lagos (planosoles) y suelos con mal drenaje (gleisoles). También están compuestas por suelos volcánicos. Esta región se caracteriza por ser tradicionalmente agrícola, con uso intensivo desde hace mil años. Se cultiva especialmente cereales, tubérculos, leguminosas y algunas hortalizas. Mientras que la parte alta de pastizales se utiliza para actividades pecuarias, la parte baja es para cultivos permanentes como frutales (Perú, Ministerio de Agricultura y Riego, 2018).

INFRAESTRUCTURAS VERDES

Es evidente que el cambio climático ha causado afectaciones en la sierra del Perú, lo que se manifiesta en la pérdida de sus glaciares. En efecto, durante los últimos cuarenta años el país ha perdido más del 30 % de sus glaciares y de acuerdo a pronósticos se prevé que en cincuenta años desaparezca la mayoría (Tillmann y Bueno de Mesquita, 2014).

El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC en sus siglas en inglés) reconoce al Perú como el tercer país más vulnerable del mundo frente al cambio climático, pronosticando un déficit de recurso hídrico que se proyecta en función de la disminución de los glaciares, que afectaría la disponibilidad de agua para consumo y la agricultura de comunidades de la sierra y costa (Tillmann y Bueno de Mesquita, 2014).

En función de lo mencionado, la búsqueda de alternativas integrales que respondan a las necesidades de las comunidades nos hace reflexionar sobre la recuperación de técnicas ancestrales, que fueron aplicadas por las culturas andinas prehispánicas, como andenes (terrazas agrícolas) y otras técnicas de cultivo e irrigación, con el fin de salvaguardar la agricultura local y el agua requerida para la población (consumo, riego). La recuperación y rehabilitación de los andenes es un trabajo arduo que requiere del compromiso y gestión de la población, desde la preparación del suelo del andén hasta la incorporación de materia orgánica para las plantaciones evitando el uso de agroquímicos (Tillmann y Bueno de Mesquita, 2014).

Las zanjas de infiltración, entre otras obras de ingeniería hidráulica, permiten captar y conducir el agua desde la fuente hasta las terrazas de cultivo, y garantizar el suministro de agua permanente y controlado para la mayor parte del año (Tillmann y Bueno de Mesquita, 2014).

Las terrazas y la recuperación de los andenes aportan a la regulación los procesos ecológicos de la laguna y por ende al ciclo hidrológico de la microcuenca (Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de Las Casas, 2018).

POR QUÉ MONITOREAR

Los ecosistemas altoandinos tienen gran capacidad de fijar carbono, almacenar agua y ser el hogar de un sinnúmero de especies de flora y fauna, las cuales dependen de su salud ecosistémica para su permanencia (Villaruel Herrera, 2018). La implementación de proyectos que buscan la recuperación y conservación de los ecosistemas altoandinos requiere visualizar y medir su impacto en el tiempo. Por lo mencionado, monitorear las variables agua y suelo es un factor clave para la valoración de los efectos de la implementación de infraestructuras verdes en la microcuenca Piuray-Ccorimarca. El plan de monitoreo hidrológico busca ser una herramienta ágil, que con el transcurso del tiempo, aporte con información sobre la calidad y cantidad del agua, suelo y sus transformaciones, y con la implementación de medidas de conservación (Villaruel Herrera, 2008).

Los procesos de monitoreo requieren de compromiso y constancia para su eficiente implementación. Cuando se piensa en planes de monitoreo hidrológicos comunitarios es necesario considerar alternativas técnicamente amigables y de fácil aplicación con el fin de asegurar la sostenibilidad de su aplicación (Carrera y Fierro, 2001).

Para el plan de monitoreo se consideran dos fases. La primera corresponde a la medición de parámetros físicos y/o químicos, en la que se utilizará un equipo multiparámetro, instrumentos como el correntómetro para la medición de caudal, además de la aplicación de bioindicadores como los macroinvertebrados. En la segunda fase, con carácter comunitario, se considerará la utilización de métodos más sencillos.

Teoría del cambio



Las labores de zanjas de infiltración, forestación y el uso planificado de un área (quebrada de Hukipujyo), sin alterar los usos comunitarios (terrenos de rotación sectorial y otros), permiten asegurar la seguridad hídrica y la calidad del suelo para la población del sector de Pukamarca, así como tener un conocimiento claro sobre el aporte de sus labores a la recarga de la laguna de Piuray, aplicado para todas las zonas intervenidas.

Teoría gráfica y narrativa del cambio



INTERVENCIONES Adaptación de la gestión de RH al cambio climático	RESULTADOS INTERMEDIOS	IMPACTOS
<p>Se identificaron en 7 zonas áreas degradadas, poco mantenimiento de zanjas de infiltración, áreas deforestadas y humedales sin protección.</p> <p>Se ejecutaron 8 proyectos de infraestructura natural con el enfoque de adaptación basada en ecosistemas.</p>	<p>8 proyectos planificados y ejecutados por las comunidades, asociaciones o sectores.</p> <p>Se identificaron proyectos de infraestructura natural cuyo monitoreo es útil y factible para la continuidad de intervenciones (Pukamarca y Valle Chosica).</p>	<p>Comunidades sensibilizadas y responsables planifican su territorio de manera que aseguran la productividad de sus suelos y su seguridad hídrica.</p> <p>Comunidades con sistema de monitoreo instalado son capaces de dar continuidad a los proyectos en alianza con otras instituciones.</p>

El monitoreo



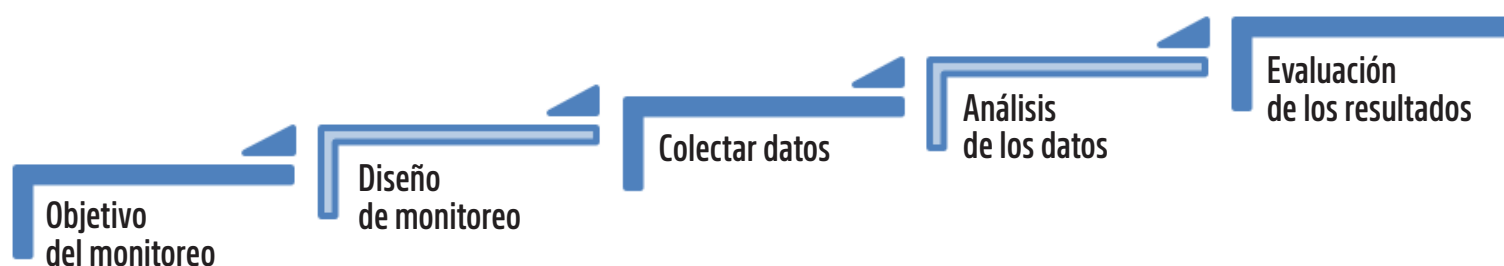
El monitoreo puede definirse como una evaluación repetitiva del estatus de una cantidad o atributo en un área y en un período específico. En los proyectos de conservación se prevé evaluar la trascendencia en las acciones de recuperación ecosistémica. El monitoreo se considera en dos etapas de implementación. La primera, una vez realizada la acción de conservación (línea base), y la segunda, para hacer un seguimiento a su efectividad (en el transcurso del tiempo) (Sanchún *et al.*, 2016).

ETAPAS DEL MONITOREO

En el diseño de un plan de monitoreo se consideran las siguientes interrogantes: qué, por qué, cuándo, dónde y cómo monitorear. Dichas preguntas se contestan en el plan de monitoreo. Al referirnos a los objetivos del monitoreo, se dirá en dónde se tomarán las muestras, qué tipos de equipos se van a utilizar y su frecuencia. (Sanchún et al., 2016).

Las etapas del monitoreo enfocadas en evaluar la efectividad de las medidas de recuperación ambiental son: establecer el objetivo del monitoreo; identificar las variables a monitorear; diseño de monitoreo; coleccionar datos; análisis de los datos y evaluación de los resultados (Sanchún et al., 2016).

Figura 1: Esquema de las etapas del monitoreo



CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE SITIOS DE MUESTREO

Representatividad: La muestra debe ser de igual valor del cuerpo de agua o suelo en el momento del muestreo, es decir, poseer las mismas características físico-químicas del sitio a muestrear (López y Endara, 2002).

Facilidad de acceso: Las personas encargadas de realizar la toma de muestras son quienes transportan los equipos para la medición de parámetros *in situ*; por lo tanto, mientras más difícil sea el acceso al lugar, menor será el tiempo para la medición y recolección de muestras. El punto

de muestreo debe ser accesible en distintas condiciones, tales como distancia y accesibilidad. La facilidad para acceder a un punto de muestreo es un factor determinante para su incorporación o no en el plan de monitoreo (López y Endara, 2002).

Distancia al laboratorio: Cuando se requiera recolectar muestras para análisis físico-químicos en un laboratorio y el tiempo de entrega de la muestra supera las 48 horas, se debe considerar la aplicación de reactivos para conservarlas, en especial las de agua. Y se debe considerar cambiar el sitio de muestreo por otro más cercano, el cual no comprometa las características físico-químicas de la muestra hasta su entrega a laboratorio (López y Endara, 2002).

Seguridad: Para el proceso de medición *in situ* y recolección de muestras se requiere que las personas responsables de esta actividad utilicen el equipo de seguridad necesario como: ropa de trabajo, botas, guantes, gafas de protección, bloqueador solar, gorras, botiquín de primeros auxilios, etc. Si el punto de muestreo elegido implica un riesgo (ríos caudalosos, pendientes pronunciadas para la recolección de muestras de suelo) para la persona que muestrea, se debe analizar la pertinencia o no del sitio seleccionado para el monitoreo (López y Endara, 2002).

Localización de los sitios de muestreo: De acuerdo a su ubicación, proporciona información como aguas arriba o debajo de una fuente de contaminación (descargas), puntos de captación de agua para consumo humano en sitios donde se ejecuten actividades de recuperación ambiental, entre otros (López y Endara, 2002).

Además de los criterios de selección para los sitios de muestreo, se incorporan los *criterios determinantes y condicionantes*, los cuales permitirán en conjunto, junto con los criterios de selección ya descritos anteriormente, determinar los puntos de muestreo idóneos para el plan de monitoreo.

El criterio determinante (CD) está conformado por las siguientes variables:

- Comunidad campesina interesada en el monitoreo.
- Importancia del recurso hídrico; la variable se desagregó en criterios de interés para la población y conservación.
- Facilidad de implementación del monitoreo.

El criterio condicionante (CC) lo conforman las siguientes variables:

- Disponibilidad de recursos económicos por parte de las comunidades u organizaciones.
- Disponibilidad de la comunidad.
- Capacidad técnica para realizar protocolos de monitoreo (Steeb y Villa Quispe, 2018).

A cada variable que conforma a los CD y CC, se le asignó un valor; uno (1) es para calificar una importancia baja, (2) para importancia media y (3) para importancia alta. Al final se promedian los valores obtenidos de la calificación de cada criterio; la suma de los promedios de cada criterio nos da la calificación final sobre la importancia y representatividad del punto de muestreo valorado.

Los criterios determinantes y condicionantes fueron cuantificados de la forma que se muestra en la Tabla I.

Tabla I: Valoración de los CC y CD y ponderación

CD	Valoración	CC	Valoración	Importancia	Rango
Alto	3	Alto	3	Alto	6
Medio	2	Medio	2	Medio	(4 - 5.9)
Bajo	1	Bajo	1	Bajo	(2 - 3.9)

Elaboración: autores, 2018.

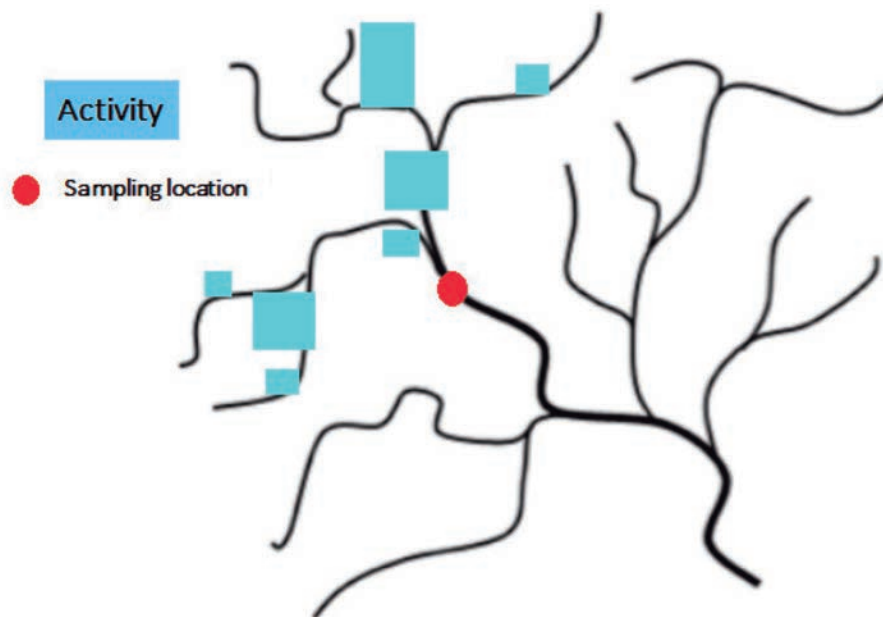
ESTRATEGIA DE MONITOREO

Por la complejidad de las intervenciones relacionadas a los intereses de las comunidades y la ausencia de una línea base sólida que nos permitiría contar con datos de monitoreo de por lo menos dos años, se ha previsto, de acuerdo a los modelos presentados por Paulo Petry (2018), el monitoreo concentrado en un único punto (que podrían ser dos, uno por cada etapa del proyecto).

La técnica elegida es el monitoreo descendente en un solo sitio. Este mide los cambios a lo largo del tiempo en una única ubicación descendente. A menudo se ve en el sitio de monitoreo existente un largo registro de recolección de datos, lo cual es útil para monitorear tendencias a largo plazo en una gran cuenca; además aporta datos que pueden corroborar otras fuentes de datos.

El gráfico de la Figura 2 representa la técnica elegida.

***Figura 2: Monitoring downstream of a single watershed**



INFORMACIÓN QUE PROPORCIONAN LOS PARÁMETROS PARA LOS ELEMENTOS AGUA Y SUELO

A continuación se detalla la información que cada parámetro proporciona en las mediciones a realizar en agua y suelo.

Calidad de agua

El multiparámetro HANNA 9829 realiza la medición *in situ* de los siguientes parámetros físico-químicos: temperatura (T°), potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE), sólidos disueltos totales (TDS) y oxígeno disuelto (OD). La medición de estos parámetros servirá de línea base para la caracterización de la calidad de agua en la microcuenca de Piuray-Ccorimarca, para visualizar sus cambios en el tiempo en función de las intervenciones, evaluar las medidas de recuperación de agua, y para tener una idea clara sobre los impactos de nuevos proyectos de infraestructura natural.

Temperatura (T°)

La temperatura en una fuente es importante ya que afecta sus características físicas, biológicas y químicas, así como la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, la velocidad de fotosíntesis de algas y plantas acuáticas, la velocidad metabólica de organismos y la sensibilidad de organismos a desechos tóxicos.

La temperatura del agua normalmente está determinada por factores ambientales y geográficos como: el tipo de fuente (ej. el agua subterránea es más fría), la distancia desde la fuente, la profundidad, y presencia de sombra. La temperatura del agua sufre cambios naturales diarios y estacionales y difiere según la profundidad del sistema acuático, especialmente en represas, lagos y estanques, formando estratos de diferentes temperaturas (Cardona, 2003).

La temperatura del agua en los ríos suele ser más baja que la del aire por la influencia del agua subterránea y la sombra de la vegetación ribereña.

Desde el punto de vista ecológico, generalmente el agua caliente acelera el desarrollo, actividad, movimiento y reacciones metabólicas de los seres vivos y el intercambio de nutrientes y la putrefacción, mientras que la fría los retrasa. Cada organismo tiene sus rangos de tolerancia de la temperatura del agua; sin embargo, cada cambio brusco de temperatura (más de 2 °C dentro de 24 horas) les puede producir estrés térmico, causando incluso la muerte. Desde el punto de vista químico, el aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) y aumenta, en general, la de sales (Canter y Hill, 1980).

Potencial de hidrógeno (pH)

El pH expresa el grado de acidez o basicidad de una solución. El pH se mide en una escala de valores, que es una representación logarítmica inversa de la concentración relativa de protones de hidrógeno (H^+), por lo que la escala no empieza en cero. El pH 7 es considerado neutro, siendo éste el ideal para el agua a 25 °C, y al cual el agua potable se acerca mucho. Sin embargo, en la naturaleza no existen aguas “puras”, pues poseen muchos iones. Valores menores de 7 son ácidas y aquellos mayores de 7 son básicas.

En aguas naturales el pH depende de los suelos o rocas por los que el agua ha recorrido, o del ingreso de contaminantes. Aguas que recorren suelos arcillosos y pantanosos son habitualmente básicas, y aquellas que recorren suelos arenosos son generalmente ácidas (Mitchell y Stapp, 1993).

Igualmente, aguas naturales pueden tener pH ácidos por el CO_2 disuelto desde la atmósfera o proveniente de los seres vivos, por ácido sulfúrico procedente de algunos minerales, o por ácidos húmicos disueltos en el mantillo del suelo. La principal sustancia básica en el agua natural es el carbonato cálcico que puede reaccionar con el CO_2 formando un sistema tampón carbonato/bicarbonato. También, el CO_2 en el agua forma un ácido orgánico débil (ácido carbónico), que baja ligeramente el pH del agua. Los ácidos minerales fuertes (sulfúrico, nítrico y clorhídrico) pueden bajar el pH a niveles letales para la vida acuática. En general, el agua residual doméstica es básica, mientras que los residuos industriales pueden ser ácidos o básicos (Mitchell y Stapp, 1993).

Los cambios bruscos, inclusive si son pequeños, en el valor del pH del agua pueden afectar a varios organismos acuáticos, especialmente a aquellos que están adaptados a vivir en aguas de

un pH específico o a los más sensibles. Valores de pH menores de 4 o mayores de 10 son considerados letales para los peces y otros organismos. Un pH extremadamente elevado o bajo (ej. 10 o 4,5) del agua la vuelve inhabitable para muchos organismos. Las bacterias generalmente soportan un amplio rango de pH (2 - 13). Las algas y plantas acuáticas generalmente prefieren ambientes de neutros a básicos (7 - 12,5), al igual que los invertebrados con concha (7 - 10). Los peces prefieren aguas con pH entre 6 y 10, y una amplia variedad de animales, especialmente larvas de insectos, entre 7 y 9. Aguas muy ácidas pueden causar el desprendimiento de metales pesados de los sedimentos y los transforman en formas biodisponibles (Deutch, Duncan y Ruiz, 2001).

Conductividad eléctrica (CE)

Es una medida numérica de la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica; se relaciona directamente con la presencia de iones y su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como de la temperatura de medición (López y Endara, 2002).

La conductividad se define como la capacidad de una sustancia de conducir la corriente eléctrica; es lo contrario de la resistencia. La unidad de medición utilizada comúnmente es el Siemens/cm (S/cm). En el caso de medidas en soluciones acuosas, el valor de la conductividad es directamente proporcional a la concentración de sólidos disueltos, por lo tanto, cuanto mayor sea dicha concentración, mayor será la conductividad (InfoAgro.com, 2018).

Sólidos disueltos totales (TDS)

El nivel constante de sólidos disueltos es esencial para el mantenimiento de la vida acuática, porque su densidad determina el flujo del agua dentro y fuera de las células de los organismos y otros iones (nitrógeno, fósforo, azufre) son formadores de moléculas necesarias para la vida. Sin embargo, el exceso de las mismas puede afectar el balance natural de éstos en el agua. Los sólidos disueltos también pueden modificar la alcalinidad, acidez, dureza, salinidad y pH natural del agua, así como aumentar la conductividad eléctrica.

Desde el punto de vista humano, las partículas sólidas influyen en el sabor del agua y tienen potencial para causar reacciones fisiológicas desfavorables. Aguas altamente

mineralizadas no son adecuadas para algunas aplicaciones industriales y pueden limitar su uso potencial para irrigación. Mientras más alta es la concentración de sólidos disueltos la calidad ambiental decrece (López y Endara, 2002).

Oxígeno disuelto (OD)

Es la cantidad de oxígeno molecular disuelto en el agua. Es considerado uno de los parámetros más importantes de la calidad del agua. Su fuente proviene de la atmósfera y del aporte del producto de la fotosíntesis realizada por el fitoplancton y las macroalgas. El oxígeno de la atmósfera penetra en el agua más fácilmente cuando hay viento y se forman olas, cascadas y/o agua en movimiento rápido, y su solubilidad en el agua dulce se encuentra entre 14,6 mg/l a 0 °C y 7,1 mg/l a 35 °C, a 1 atm de presión. Cuando su origen es mayormente fotosintético, el OD decae generalmente en la oscuridad.

La cantidad de oxígeno disuelto en el agua depende de la temperatura: aguas frías suelen contener mayores cantidades de oxígeno, por lo que se puede esperar que sus valores sean altos en los meses fríos, y bajos en los meses cálidos. En cualquier temperatura hay una cantidad máxima de oxígeno contenida, denominada “nivel de saturación de oxígeno”, unidad comúnmente utilizada para este parámetro. Las aguas superficiales limpias suelen estar saturadas de oxígeno; sin embargo, la concentración de OD en el agua también depende de otras variables como la luz solar, presión atmosférica, salinidad, vegetación y turbulencia (Mitchell y Stapp, 1993).

Niveles bajos de oxígeno disuelto generalmente indican una contaminación grave, especialmente un alto ingreso de materia orgánica y contacto con aguas servidas. La contaminación orgánica reduce los niveles de oxígeno porque estimula el crecimiento de organismos aerobios descomponedores.

Los bajos niveles de OD pueden cambiar la estructura de un ecosistema acuático: varias especies que no toleran bajos niveles de oxígeno serán reemplazadas por una alta población de unas pocas tolerantes, incluyendo a algas y bacterias. Exposiciones prolongadas a esos bajos niveles, pueden afectar adversamente a peces y otra vida acuática. Con la ausencia total de oxígeno se crean condiciones donde se desarrollan organismos anaeróbicos, formándose aguas de muy mal olor y problemas estéticos. Es un medio inhabitable para otras formas de vida (Deutch, Duncan y Ruiz, 2001).

Aparte de los parámetros ya descritos, y que se medirán con el equipo multiparámetro, se recolectarán muestras de agua para realizar análisis de fosfatos, nitratos, cloruros y potasio.

Fosfatos

Los fosfatos totales son compuestos de fósforo que incluyen los fosfatos orgánicos y los inorgánicos (ortofosfatos y polifosfatos), siendo la proporción de ortofosfatos la más elevada. El fosfato orgánico forma parte de los organismos vivos; el fosfato inorgánico incluye iones sujetos a las partículas del suelo y presentes en detergentes. Los fosfatos existen en forma disuelta, coloidal o sólida, pero los que se detectan fácilmente en el agua son los que se encuentran en disolución.

Los fosfatos ingresan al agua a través del lavado del suelo por lluvias, operaciones de limpieza, tratamientos de agua y aguas servidas.

Altos niveles de fosfatos en el agua indican el ingreso de detergentes y fertilizantes, además de heces animales y humanas.

Los compuestos del fósforo son nutrientes para las plantas acuáticas y algas, y desempeñan un papel esencial en los procesos de transferencia de energía, como el metabolismo, la fotosíntesis, la función nerviosa y la acción muscular de la biota acuática. Sin embargo, a pesar de ser necesario para el crecimiento biológico, demasiado fosfato causa un excesivo crecimiento de plantas acuáticas y, por lo tanto, conlleva a una eutrofización del agua (Jirón, 2006).

Nitratos

El nitrato representa el estado más oxidado del nitrógeno, por lo tanto indica la presencia de desechos biológicos en las fases finales de degradación. También indica contaminación agrícola. Comúnmente presentes en el agua, los nitratos se presentan generalmente como trazas en el agua de la superficie, pero pueden alcanzar mayores niveles en las subterráneas.

Los nitratos (NO_3) son nutrientes esenciales para las plantas, pero cuando entran en exceso a los ecosistemas acuáticos pueden provocar serios problemas. El exceso de nitratos, junto con el

fósforo, puede acelerar los procesos de eutrofización, provocando el crecimiento excesivo de plantas, que a la vez afectan a los animales que viven en los ríos. Además, el exceso de nitratos afecta otros parámetros básicos del agua como el oxígeno disuelto (hipoxia: bajos niveles de oxígeno disuelto), temperatura, entre otros. En exceso puede ser tóxico para animales cuando las concentraciones son mayores a 10 mg/l, y para bebés y gente de edad avanzada, bloqueando la respiración, causando la muerte por asfixia. Hay una norma nacional que ratifica lo dicho y que establece niveles máximos permisibles para nitratos según los usos del agua (Disposiciones Complementarias, Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM).

Las fuentes de nitratos son las plantas de tratamiento de aguas servidas, la escorrentía de campos de cultivos, las fallas de los pozos sépticos y las descargas industriales (López Endara, 2002).

Cloruros

Proviene de la disolución del suelo y rocas que los contienen, y de las descargas de aguas residuales domésticas. El cloruro en forma de iones (Cl^-) es uno de los principales aniones en el agua natural y residual. Un contenido elevado de cloruros puede afectar las conducciones y estructuras metálicas, así como también perjudicar el crecimiento vegetal.

Generalmente, en bajas concentraciones no causa afectaciones en el cuerpo humano, pero en personas con enfermedades del corazón o riñones puede ser perjudicial (López y Endara, 2002).

Potasio

Es uno de los cationes con mayor presencia en las aguas naturales; su amplia difusión en la naturaleza se da bajo forma de cloruro, sulfato, fluoruro y fosfatos, así como en arcillas y micas. Es importante tomar en cuenta que el contenido relativo de potasio (K) a lo largo de un río suele disminuir a la vez que el sodio (Na) se incrementa como consecuencia de la tendencia del potasio de sustituir al sodio contenido en arcillas (López y Endara, 2002).

Bioindicadores (macroinvertebrados)

Los macroinvertebrados son los organismos más ampliamente utilizados como bioindicadores, junto con las larvas de insectos que viven en los ríos. Como cualidades de aplicación de los bioindicadores tenemos las siguientes:

- Poseen una amplia distribución geográfica y en diferentes tipos de ambientes.
- Gran riqueza de especies con gran diversidad de respuesta a los gradientes ambientales.
- La mayoría son sedentarios, lo que permite realizar un análisis espacial de posibles procesos de contaminación.
- En otros casos la posibilidad de aplicar su reacción de huida responde como un indicador de contaminación.
- Muestreo de forma sencilla y económica.
- Conocimiento de su sensibilidad a diferentes tipos de contaminación (Domínguez y Fernández, 2009).

Para la valoración de la calidad del agua con la aplicación de macroinvertebrados acuáticos, se aplicará el Índice Biótico Andino (Andean Biotic Index, ABI), basado en el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), el cual se aplica para las estribaciones de los Andes sobre los 2000 m.s.n.m. Este índice incluye menos familias de macroinvertebrados que en otras partes del mundo, donde se aplica el índice BMWP, debido a que la altura restringe y compromete la distribución de muchas familias.

En las zonas de los Andes el gradiente de altura es importante e influye considerablemente en la presencia y la resistencia a ciertos contaminantes. Además, varias consideraciones como el tipo de vegetación o el factor limitante de la altitud, no han sido tomadas en cuenta al momento de realizar adaptaciones del índice BMWP.

El índice ABI fue aplicado en dos cuencas de Ecuador y Perú para comparar con otras adaptaciones de BMWP usadas anteriormente en el área. Se asignaron, como en las otras adaptaciones, valores a cada familia y la suma total de esos valores da el índice ABI (Ríos Touma, 2014).

Para el cálculo del índice ABI se asignan valores numéricos entre uno y diez a cada familia registrada durante un muestreo, que dependerá de su nivel de tolerancia a la contaminación.

La suma de los puntajes de todas las familias encontradas en un sitio determinado define el valor del ABI. (Gamarra *et al.*, 2017).

El ABI califica la calidad del agua a partir de la Tabla 2. En la Tabla 3 se presentan los valores propuestos para el índice ABI para evaluar la calidad del agua de los ríos andinos (Acosta, Ríos, Rieradevall y Prat, 2008).

Tabla 2: Calidad de agua ABI

ABI	Calidad de agua ABI
>74	Muy bueno
45 - 74	Bueno
27 - 44	Moderado
11 - 26	Malo
< 11	Pésimo

Fuente: basado en Acosta, Ríos, Rieradevall y Prat, 2008.

Tabla 3: Valores propuestos para el Índice Biótico Andino (ABI) para evaluar la calidad del agua de los ríos andinos

ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN
Turbellaria		5
Hirudinea		3
Oligochaeta		1
Gasteropoda	Ancylidae	6
	Physidae	3
	Hydrobiidae	3
	Limnaeidae	3
	Planorbidae	3
Bivalvia	Sphaeriidae	3
Amphipoda	Hyalellidae	6
Ostracoda		3
Hydracarina		4
Ephemeroptera	Baetidae	4
	Leptophlebiidae	10
	Leptohyphidae	7
	Oligoneuridae	10
Odonata	Aeshnidae	6
	Gomphidae	8
	Libellulidae	6
	Coenagrionidae	6
	Calopterygidae	8
	Polythoridae	10
Plecoptera	Perlidae	10
	Gripopterygidae	10
Heteroptera	Veliidae	5
	Gerridae	5
	Corixidae	5
	Notonectidae	5
	Belostomatidae	4
	Naucoridae	5
Trichoptera	Helicopsychidae	10
	Calamoceratidae	10
	Odontoceridae	10
	Leptoceridae	8
	Polycentropodidae	8
	Hydroptilidae	6

ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN
	Xiphocentronidae	8
	Hydrobiosidae	8
	Glossosomatidae	7
	Hydropsychidae	5
	Anomalopsychidae	10
	Philopotamidae	8
	Limnephilidae	7
Lepidoptera	Pyralidae	4
Coleoptera	Ptilodactylidae	5
	Lampyridae	5
	Psephenidae	5
	Scritidae (Helodidae)	5
	Staphylinidae	3
	Elmidae	5
	Dryopidae	5
	Gyrinidae	3
	Dystiscidae	3
	Hydrophilidae	3
	Hydraenidae	5
Diptera	Blepharoceridae	10
	Simuliidae	5
	Tabanidae	4
	Tipulidae	5
	Limoniidae	4
	Ceratopogonidae	4
	Dixidae	4
	Psychodidae	3
	Dolichopodidae	4
	Stratiomyidae	4
	Empididae	4
	Chironomidae	2
	Culicidae	2
	Museidae	2
	Ephydriidae	2
	Athericidae	10
	Syrphidae	1

Fuente: tomado de Acosta, Ríos, Rieradevall y Prat, 2008.

Cantidad de agua (Hidrometría)

Mediremos la precipitación en el sector de Pukamarca mediante la instalación de un pluviómetro (Adcon RGI) en la parte alta en el primer punto de monitoreo, codificado más adelante como Puc-01. Luego, mediremos la escorrentía mediante un vertedero y un sensor de nivel (Adcon Lev1) colocado en la parte media de la quebrada en punto codificado más adelante como Puc 02. Posteriormente, colocaremos un piezómetro y un sensor de nivel (Adcon Lev1) para la medición del agua subterránea en el punto más bajo de la quebrada. Finalmente, se tiene pensado a futuro medir la evaporación (Campbell Scientific 255-100) mediante un tanque evaporímetro colocado en el colegio inicial-primario del sector.

A su vez, la medición con equipos permanentes se complementará con mediciones de caudal en los puntos priorizados. El caudal se define como el volumen de agua que pasa por la sección transversal del cauce por unidad de tiempo y se expresa en metros cúbicos sobre segundo (m^3/s) o en litros sobre segundo (l/s).

El equipo utilizado para la medición de caudal es el correntómetro Global Water FP311, un instrumento utilizado en la medición de velocidad de agua en riachuelos, canales abiertos, pequeños ríos y tuberías parcialmente llenas, con una alta precisión (Leyva y Álvarez, 2014).

Aparte de la utilización del correntómetro para la medición de caudal, el cual específicamente es para riachuelos, donde la profundidad permite que se sumerja por completo la hélice del equipo, se aplicarán otras técnicas que se desarrollarán en los protocolos para medición de caudal.

Por último, es necesario mencionar que los datos hidrométricos y meteorológicos se complementarán en la medida en que desarrollemos una plataforma de cooperación con las demás instituciones que intervienen en la microcuenca; de hecho, la adquisición de los equipos en marcas y redes persigue homogenizar el mantenimiento.

Suelo

La medición de almacenamiento de agua en suelo se realizará mediante la humedad volumétrica. Con respecto a la profundidad en la que se tomarán las muestras de suelo para medición de humedad volumétrica, se especifican los protocolos para monitoreo de suelo en la sección de anexos. La profundidad en la que se tomarán las muestras de suelo responde a la experiencia ejecutada en el *Proyecto Creación de Capacidades para la Valoración Socioeconómica de los Humedales Altoandinos*; la metodología aplicada en el proyecto fue validada por Wetlands International (WI). Cabe considerar que en los primeros 10 cm de suelo se cuenta con la capa superficial donde se almacena materia orgánica y la fijación de carbono orgánico total.

Medición de humedad volumétrica

La humedad de suelo, entendida como la cantidad de agua que se ubica en los espacios intersticiales, es un parámetro importante para la investigación en las áreas como manejo hídrico y agricultura, como también en modelos meteorológicos, entre otros estudios.

La medición de la humedad volumétrica parte de un volumen conocido mediante la utilización de un cilindro metálico de 5 x 5 cm de diámetro y de alto respectivamente, para luego valorar su variación (Flachier, Castro, Gortaire, Villarroel, y Calderón, 2010).

La humedad volumétrica es el porcentaje de peso de suelo ocupado por el agua. La fórmula para determinar el parámetro mencionado es la siguiente:

$$\theta = W_g * \rho$$

Donde:

θ = humedad volumétrica

W_g = humedad gravimétrica

ρ = densidad aparente

Para el cálculo de densidad aparente (ρ) se deduce un valor con la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{M}{V}$$

Donde:

ρ = densidad aparente

M = peso de seco

V = volumen de la muestra (volumen del cilindro)

Para determinar la humedad gravimétrica (W_g) se calcula el porcentaje con la siguiente fórmula:

$$W_g = \frac{M_h - M_s}{M_s} * 100$$

Donde:

W_g = humedad gravimétrica

M_h = peso húmedo

M_s = peso seco

Medición de carbono orgánico total

Como efecto del cambio climático los suelos cambian sus condiciones a más secos y “calientes”, de tal forma que podrían impactar de forma masiva en la descomposición y reciclaje del carbono orgánico del suelo, disminuyendo su capacidad de almacenar y acumular (fijar) carbono en los páramos y humedales altoandinos (bofedales). Esta alteración del suelo puede comprometer la productividad de los ecosistemas, así como la capacidad de regulación hídrica (Cuesta y Chiriboga, 2010).

Los suelos del páramo y de la puna tienen la capacidad de acumular grandes cantidades de carbono (C). Dicha acumulación de C se lleva a cabo a través de la fotosíntesis que realizan las plantas. Al asimilar el carbono del dióxido de carbono (CO_2) de la atmósfera, producen carbohidratos para obtener su energía, los que a su vez pueden ser transformados en otros compuestos. Después, cuando las plantas mueren, el carbono que acumularon queda almacenado en la hojarasca y se incorpora al suelo donde comienza la descomposición de los restos de la planta. Durante esta descomposición, una porción de carbono regresa a la atmósfera como CO_2 debido a la respiración de los organismos descomponedores, pero otra fracción se acumula en la materia orgánica de los suelos del páramo (Llambí et al., 2012).

Según exponen en sus investigaciones Peña y otros científicos, en la naturaleza el suelo es considerado como uno de los principales reservorios de carbono, llegando a secuestrar 20 Gt/ha (gigatoneladas/hectárea) de carbono en 25 años, lo que equivale a más del 10 % de las emisiones antropogénicas. La fijación de carbono en el suelo depende de diferentes factores como el tipo y uso de suelo, las condiciones climáticas y las prácticas de manejo agrícolas (Peña, Torres y Zuñiga, 2013).

El carbono orgánico que se encuentra en el suelo incide directamente en los cambios que experimenta el carbono atmosférico; si se dan pequeños cambios del carbono orgánico del suelo, sean estos positivos o negativos, estos generan un efecto considerable en el contenido de carbono atmosférico (Peña, Torres & Zuñiga, 2013).

Para el análisis del contenido de carbono orgánico en el suelo se aplica la fórmula que se detalla a continuación:

$$COS = A * Fc * e * \rho$$

Donde:

COS = contenido de carbono orgánico en el suelo expresado en toneladas/hectárea (t/ha)

A = área de muestreo (ha, m²)

Fc = fracción de carbono (valor obtenido de los análisis de laboratorio en %)

e = el espesor del horizonte del suelo en el muestreo en metros (m)

p = densidad aparente del suelo expresado en toneladas/metros cúbicos (t/m³)

$$\text{Densidad aparente } \rho = \frac{M}{V}$$

Volumen de la muestra (volumen del cilindro que es una constante)

$$V = \pi * (r)^2 * h$$

Donde:

$$\pi = 3,1416$$

r = radio del cilindro (2,5 cm)

h = altura del cilindro (5 cm)

$$V = \pi * (2,50)cm^2 * 5cm$$

$$V = 98,175cm^3$$

Una vez calculado el volumen (V) se obtiene el valor de densidad aparente con el peso de la muestra de suelo que fue deshidratada en la estufa del laboratorio.

$$\text{Donde: } \rho = \frac{M}{V}$$

M = corresponde al peso del suelo seco

Materia orgánica

La materia orgánica tiene un aporte significativo en la estructura del suelo, ya que actúa como cementante que mantiene unida a las partículas primarias del suelo (arena, limo y arcilla) en conglomerados de mayor tamaño que al unirse dejan poros entre ellos, lo que sirve para alojar a la materia orgánica y también de hábitat para los microorganismos del suelo. Forma una red de espacios denominados intersticiales, los cuales aportan suministro de oxígeno, eliminación de dióxido de carbono, almacenamiento y descontaminación del agua (Céspedes y Millas, 2015).

Potencial de hidrógeno en el suelo (pH)

Representa el grado de acidez/ basicidad del suelo, debido a la presencia de carácter ácido (H^+) o de carácter básico (OH^-). El pH es un factor determinante en el crecimiento de las plantas. Influye en sus características la naturaleza química de la lluvia y del tipo de agua que ingresa en el suelo, las prácticas de manejo de la tierra y las actividades de organismos (plantas, animales, hongos, protistas y mórneras) que habitan en los suelos.

El pH de los suelos es un indicio de su química y fertilidad. Tal como el pH del agua, el pH de los suelos responde a la misma escala logarítmica (GLOBE, 2018).

Textura del suelo

La textura corresponde a cómo se siente la tierra y se determina por la cantidad de partículas de arena, limo y arcilla incluidos en los suelos, cada una de las cuales tiene un tamaño diferente.

Las manos tienen la capacidad de diferenciar el tamaño de las partículas de tierra, de manera que es posible determinar la textura o «sentir al tacto» la granulometría de la tierra. La arena constituye el grupo de partículas más grandes, y se siente áspera al tacto. El limo corresponde al siguiente grupo de tamaño, y se siente suave o harinoso. La arcilla es el grupo de tamaño más reducido; se siente pegajosa y es difícil de compactar (GLOBE, 2018).

Infiltración o capacidad de absorción

Es la proporción de agua que fluye hacia la tierra; es una importante propiedad hidrológica de los suelos. El conocimiento de esta información ayuda a predecir y crear modelos en función de la cantidad de precipitación que se infiltra o se almacena en el suelo (GLOBE, 2018).

La estimación de la capacidad de absorción en las zanjas de infiltración se realizará mediante un método sencillo, utilizando la misma infraestructura verde y una botella de plástico graduada; se valorará cuánto tiempo tarda en infiltrar el agua en la zanja (GLOBE, 2018). Dicha metodología ha sido elaborada por FAO para aplicarse de forma práctica para la implementación de monitoreos comunitarios. Durante el tiempo de intervención del proyecto también se considerará de manera complementaria la instalación de infiltrómetros de PVC.

Temperatura del suelo

Influye en el clima, en el crecimiento de las plantas y en el momento que aparecen los brotes o caen las hojas. También influye en la velocidad de descomposición de los desechos orgánicos y demás procesos químicos físicos y biológicos que ocurren en el suelo.

La temperatura del suelo se asocia directamente con la temperatura de la atmósfera; por ejemplo, en un día soleado el suelo absorbe la energía del sol y por ende su temperatura aumenta, mientras que en la noche el suelo libera el calor al aire afectando a su temperatura (GLOBE, 2005).

Fuentes de datos, lugares y métodos

Es importante indicar que se ha evaluado el monitoreo pensando en cada intervención (se han hecho 8 intervenciones). Se ha partido de preguntas básicas de acuerdo a la intervención realizada (infraestructura verde, procesos de limpieza). Con cada interrogante planteada se buscó identificar el factor a monitorear y su relevancia.

Preguntas según la intervención realizada

Pongolay

¿Cómo los procesos de limpieza y eliminación de fuentes de contaminación del humedal aportan a la recuperación de la calidad y cantidad del agua? Somos conscientes de que, paralelamente a la limpieza de Pongolay, tiene que existir el apoyo de la municipalidad en la sensibilización de la población sobre las principales fuentes de contaminación de la laguna y la necesidad de hacer efectiva las sanciones a los infractores.

Para monitorear los impactos de estas actividades se requiere medir calidad y cantidad de agua en el humedal de Pongolay.

Huitapucjio

¿Cómo contribuye la protección de manantes y procesos de reforestación en la cantidad y calidad del agua? Se propone medir cantidad y calidad.

¿Cómo las prácticas agrícolas incrementan, o no, el contenido de nitrógeno en las aguas de la laguna de Piuray aledañas a Huitapucjio? La medición de concentración de nitratos en el agua se realiza mediante análisis químicos en muestras de la laguna de Piuray. El objetivo es identificar la calidad del agua de la laguna y la influencia de la implementación de las acciones de conservación alrededor de la misma. Al ser la agricultura la actividad económica primordial de la población, es necesario partir de una línea base sobre el estado de la laguna (calidad) y sus cambios favorables en el tiempo, que se reflejarán mediante acciones agrícolas de carácter sustentable y amigable con el ambiente y la población.

Los parámetros de calidad del agua deben medirse in situ con el multiparámetro (pH, sólidos disueltos, etc.); además, se debe recolectar una muestra para análisis de otros parámetros (nitratos, cloruros) en laboratorio.

Pucamarca

¿Qué influencia tienen las zanjas de infiltración en la humedad del suelo y la cantidad de agua en las gochas ubicadas en la parte baja? Para medir el aporte de las zanjas de infiltración, se medirá su calidad en puntos de captación de agua (consumo) y volumen en las lagunas (medición con la ayuda de reglas limnimétricas).

En términos de investigación, dado que el área forma parte del acuífero Karstico, el cual no cuenta con un estudio detallado, es importante conocer las características geológicas del área de estudio, así como su comportamiento en diferentes aspectos: geometría, hidrología, hidrogeología, geología estructural, hidroquímica, direcciones de flujo y otros que nos ayuden a predecir posibles impactos de actividades y proyectos en la zona (aeropuerto, proyectos de afianzamiento hídrico, etc). Es importante valorar el hecho de que en Pucamarca confluyen intereses de monitoreo y de investigación.

Taucca

¿En qué medida las zanjas de infiltración contribuyen al incremento de la humedad del suelo y a las oportunidades de crecimiento de especies como *Polylepis*, pinos y otras? En las zanjas de infiltración se medirá humedad volumétrica, capacidad de infiltración, carbono orgánico total, materia orgánica, pH, textura y temperatura. Para complementar lo anterior es importante realizar la evaluación del crecimiento de plántulas.

Ccoricancha

¿Cómo influyen las zanjas de infiltración combinadas con bosque de *Polylepis* en la cantidad de agua que aflora en el manante cota abajo? En las zanjas de infiltración se medirá humedad volumétrica, capacidad de infiltración, carbono orgánico total, materia orgánica, pH, textura y temperatura, mientras que en los manantes se cuantificará caudal.

¿Qué relación tienen la humedad del suelo con la vegetación diferenciada en andenes y zanjas de infiltración? Se recomienda levantar cuadrantes para valorar la diversidad de vegetación en los andenes y zanjas de infiltración.

Valle Chosica

¿Cómo influyen las zanjas de infiltración en el incremento de la humedad del suelo?

En las zanjas de infiltración se medirá humedad volumétrica, capacidad de infiltración, carbono orgánico total, materia orgánica, pH, textura y temperatura.

El área en la cual se ha trabajado recuperación de zanjas de infiltración también se ha hecho forestación con plantas nativas y la construcción de un camino para el mirador Hatun Tayta; por ello, de forma complementaria al monitoreo de suelo, es necesario un monitoreo socioeconómico.

Pongobamba

¿Cómo influye la temperatura y humedad del suelo de los andenes en la producción agrícola?

Se medirá humedad volumétrica, carbono orgánico total, materia orgánica, pH, textura y temperatura. Se recomienda evaluar el rendimiento de los cultivos y la infraestructura de los andenes.

Simataucca

¿Cómo influyen las zanjas de infiltración en el incremento de la humedad del suelo?

En las zanjas de infiltración se medirá humedad volumétrica, capacidad de infiltración, carbono orgánico total, materia orgánica, pH, textura y temperatura.

Priorización de sitios de muestreo, ubicación y frecuencia

Para la priorización de los sitios de muestreo se aplicaron los criterios determinantes y condicionantes en un primer momento. La valoración obtenida se muestra en la Tabla 4 y los sitios proyectados se muestran en el Mapa n° 2.

Mapa n° 2: Sitios proyectados de monitoreo

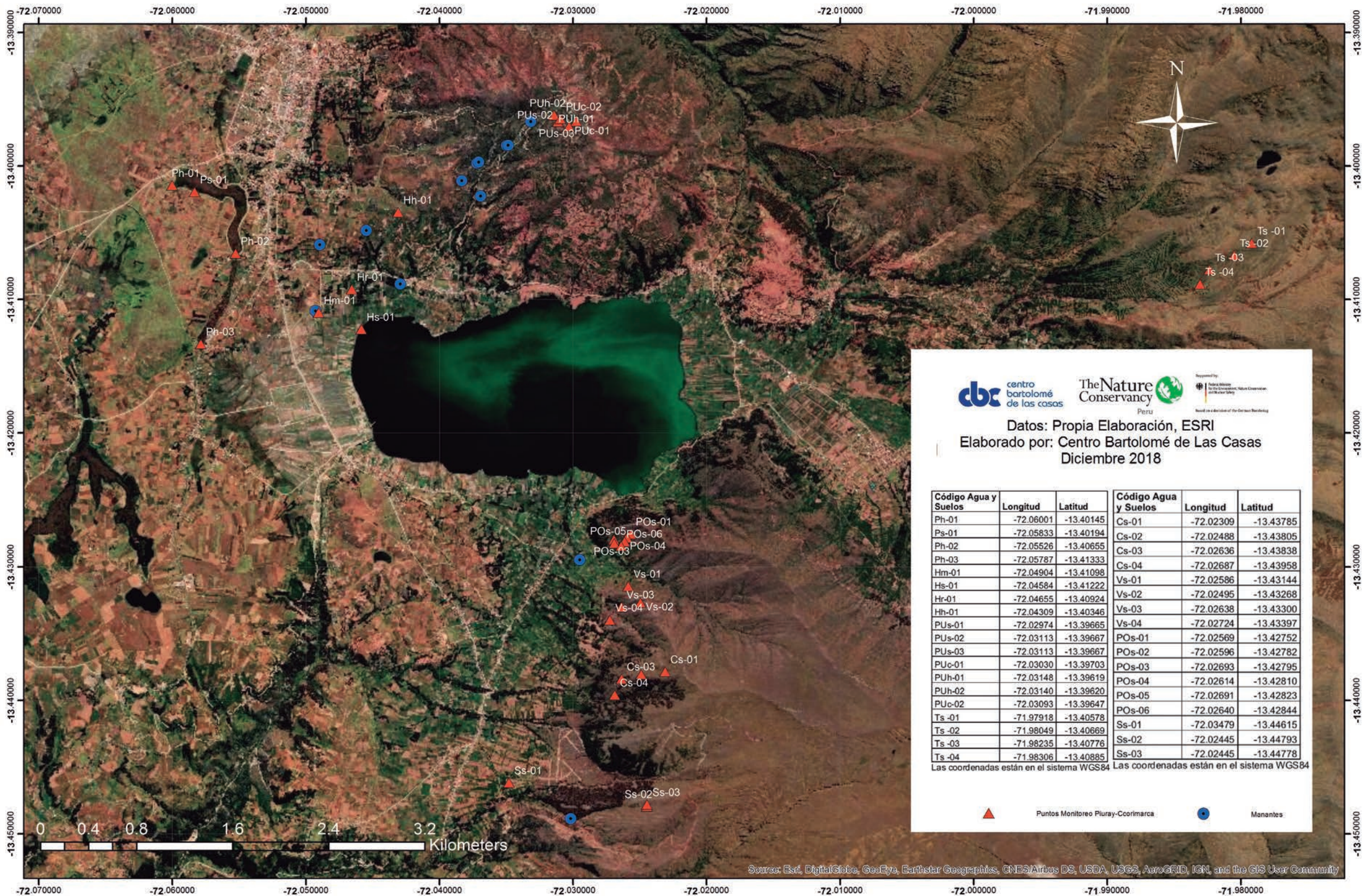


Tabla 4: Valoración e identificación de puntos de muestreo para el monitoreo de agua y suelo

N°	Lugar	Características	Código Agua	Código Suelo	X -coord	Y - coord	CD, Comunidad Campesina interesada en monitoreo	CD, Importancia del recurso hídrico: Población	CD, Importancia del recurso hídrico: Conservación	CD, Facilidad de implementación del monitoreo	CC, Disponibilidad de información básica	CC, Disponibilidad de recursos económicos, por parte de las comunidades u organizaciones	CC, Disponibilidad de la comunidad	CC, Capacidad técnica para realizar protocolos de monitoreo	Valoración CD/4 + CC/4	Promedio
1	Humedal Pongolay (laguna)	laguna	Ph-01		-72,06000610	-13,40145110	1	1	3	3	2	2	1	3	4	3,88
2		suelo		Ps-01	-72,05832630	-13,40193960	1	1	3	3	2	2	1	3	4	
3		laguna	Ph-02		-72,05526100	-13,40655140	1	1	3	3	2	1	1	3	3,75	
4		laguna	Ph-03		-72,05786500	-13,41332900	1	1	3	3	2	1	1	3	3,75	
1	Huitapujio	protección de manantes cercado	Hm-01		-72,04903500	-13,41097890	3	3	1	3	3	1	3	3	5	4,44
2		suelo, forestación		Hs-01	-72,04527300	-13,41222200	3	1	3	3	1	1	3	2	4,25	
3		laguna	Hr-01		-72,04655405	-13,40923800	3	1	3	3	1	1	3	2	4,25	
4		laguna	Hh-01		-72,04308756	-13,40345700	3	1	3	3	1	1	3	2	4,25	
1	Pucamarca	zanjas de infiltración		PUs-01	-72,02974350	-13,39665209	3	2	2	1	1	1	3	2	3,75	4,39
2		zanjas de infiltración		PUs-02	-72,03112800	-13,39667300	3	2	2	1	1	1	3	2	3,75	
3		zanjas de infiltración		PUs-03	-72,03112811	-13,39667439	3	2	2	1	1	1	3	2	3,75	
4		captación		PUc-01	-72,03029500	-13,39702900	3	2	2	3	1	1	3	3	4,5	
5		laguna		PUh-01	-72,03147700	-13,39618900	3	3	3	3	2	1	3	3	5,25	
6		laguna		PUh-02	-72,03140000	-13,39620300	3	3	3	3	2	1	3	3	5,25	
7		captación		PUc-02	-72,03092745	-13,39647272	3	2	2	3	1	1	3	3	4,5	
1	Tauca (pinos, polylepis)	zanjas de infiltración		Ts-01	-71,97917799	-13,40578300	2	2	2	3	1	1	1	3	3,75	3,81
2		zanjas de infiltración y pinos		Ts-02	-71,98049194	-13,40669126	2	2	2	3	3	1	1	3	4,25	
3		zanjas de infiltración y polylepis		Ts-03	-71,98234979	-13,40776280	2	2	2	3	3	1	1	3	4,25	
4		zanjas de infiltración		Ts-04	-71,98305798	-13,40885371	2	2	2	3	3	1	1	3	4,25	

(Cont. pág. 42)

Tabla 4: Valoración e identificación de puntos de muestreo para el monitoreo de agua y suelo

N°	Lugar	Características	Código Agua	Código Suelo	X -coord	Y - coord	CD, Comunidad Campesina interesada en monitoreo	CD, Importancia del recurso hídrico: Población	CD, Importancia del recurso hídrico: Conservación	CD, Facilidad de implementación del monitoreo	CC, Disponibilidad de información básica	CC, Disponibilidad de recursos económicos, por parte de las comunidades u organizaciones	CC, Disponibilidad de la comunidad	CC, Capacidad técnica para realizar protocolos de monitoreo	Valoración CD/4 + CC/4	Promedio
1	Ccoricancha	zanjas		Cs-01	-72,02309100	-13,43784700	1	3	3	2	1	1	1	3	3,75	3,63
2		zanjas efectos reservorios, polylepis		Cs-02	-72,02488200	-13,43804800	1	3	3	2	1	1	1	3	3,75	
3		andenes sector medio		Cs-03	-72,02635500	-13,43837800	1	2	3	2	1	1	1	3	3,5	
4		zanjas sector bajo		Cs-04	-72,02687200	-13,43957800	1	3	3	1	1	1	1	3	3,5	
1	Valle Chosica	zanjas de infiltración, pinos, pajonal alto		Vs-01	-72,02586011	-13,43143800	1	2	3	1	1	1	2	3	3,5	4,00
2		zanjas de infiltración, mirador		Vs-02	-72,02495445	-13,43267700	2	2	3	2	1	1	2	3	4	
3		zanjas de infiltración, sector medio		Vs-03	-72,02638059	-13,43300100	2	2	3	2	1	1	2	3	4	
4		zanjas de infiltración, sector bajo		Vs-04	-72,02723598	-13,43396800	2	2	3	2	1	1	2	3	4	
1	Pongobamba	Andenes sector alto, alto		POs-01	-72,02568800	-13,42751700	3	2	3	2	1	2	3	3	4,75	4,88
2		Andenes sector alto		POs-02	-72,02596000	-13,42781500	3	2	3	2	1	2	3	3	4,75	
3		Andenes sector alta derecha		POs-03	-72,02692800	-13,42795000	3	2	3	2	1	2	3	3	4,75	
4		Andenes sector medio		POs-04	-72,02613700	-13,42810200	3	2	3	3	1	2	3	3	5	
5		Andenes sector derecho		POs-05	-72,02690800	-13,42822900	3	2	3	3	1	2	3	3	5	
6		Andenes sector bajo		POs-06	-72,02639500	-13,42843500	3	2	3	3	1	2	3	3	5	
1	Simataucca	zanjas de infiltración, sector alto		Ss-01	-72,03479167	-13,44614773	1	3	1	3	1	1	1	3	3,5	3,50
2		zanjas de infiltración, sector medio		Ss-02	-72,02445167	-13,44793056	1	3	1	3	1	1	1	3	3,5	
3		zanjas de infiltración, sector bajo		Ss-03	-72,02444782	-13,44777809	1	3	1	3	1	1	1	3	3,5	

Elaboración: Ludwing Bernal y Marjorie Villarroel, 2018.

El 20, 21, 28 de noviembre y el 12 de diciembre del año 2018, se realizó el recorrido de los sitios de intervención del proyecto con el fin de determinar los sitios idóneos para la toma de muestras de agua y suelo. Una vez finalizada la fase de identificación, se procedió a valorar con la aplicación de los criterios determinantes y condicionantes.

En los meses de enero a mayo del año 2019 se obtuvieron datos de línea de base de Pukamarca; además se realizaron reuniones con instituciones vinculadas a diversos proyectos en la microcuenca con el fin de construir un plan de trabajo de un monitoreo conjunto. En esa línea se identificó que, con el fin de favorecer la complementariedad y llenar un vacío de información para una futura evaluación de impactos de las intervenciones, es necesario focalizarnos en el estudio del comportamiento del acuífero Kárstico y el monitoreo de sus cambios.

Por ello se ha evaluado la instalación de 4 equipos de monitoreo permanentes: una regla limnimétrica en las lagunas de Jukipujyo, un vertedero, un piezómetro y un tanque evaporímetro. Los sitios dentro de la quebrada de Jukipujyo donde se instalarán estos tres últimos equipos se definirán a medida que evolucione la investigación sobre el acuífero Kárstico.

La calificación de los sitios reflejó que la disponibilidad de recursos por parte de la comunidad u organizaciones es un factor determinante que en la mayoría de los casos fue valorado como bajo (uno), mientras que el interés por parte de la comunidad a la realización del monitoreo, la mayoría de los valores osciló entre medio (dos) y alto (tres).

La mayoría de los valores obtenidos para la variable capacidad técnica para realizar protocolos, obtuvo valores altos (tres). Considerando si la comunidad cuenta con un debido proceso de capacitación y acompañamiento para la aplicación de procedimientos, es posible implementar un monitoreo comunitario.

De los sitios identificados se priorizaron, a través de la aplicación de criterios determinantes y condicionantes, aquellos que tienen una valoración media: Huitapucjio (4,44), Pukamarca (4,39), Valle Chosica (4,00), Pongobamba (4,88), el resto de lugares obtuvieron valores bajos.

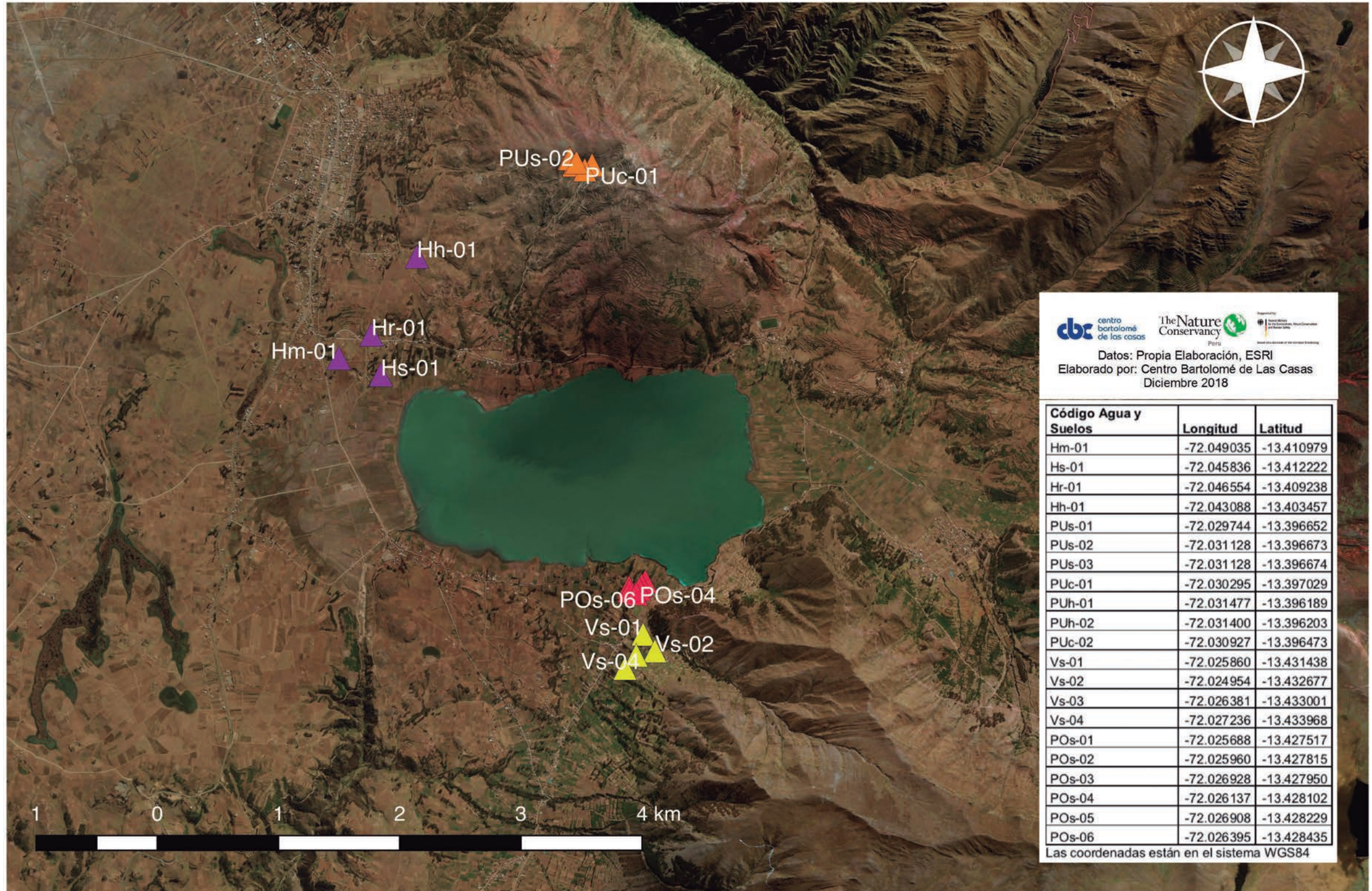
En la Tabla 5 se presentan los sitios priorizados y las respuestas a las interrogantes planteadas sobre las actividades de implementación del proyecto que sirvieron de guía para determinar los parámetros a muestrear en los elementos abióticos agua y suelo. En el Mapa 2 se muestran los sitios priorizados.

Tabla 5: Parámetros a muestrear en agua, suelo y su frecuencia

N°	Lugar	Características	Código Agua	Código Suelo	X -coord	Y - coord	Agua (parámetros) a) Multiparámetro: T°, pH, CE, TDS, OD (ppm,%); b) Sitios específicos: fosfatos, nitratos, cloruros, potasio; c) cantidad (caudal); d) Volumen (lagunas, regla limnimétrica)	Suelo (puntual simple/ parcela) e) Laboratorio: COT, MO, pH f) Humedad volumétrica g) textura del suelo, temperatura	Frecuencia de monitoreo (meses)	
1	Huitapujoy	protección de manantes cercado	Hm-01		-72,0490350	-13,4109789	a, c		Ene, Mar	Jun, Dic
2		suelo, forestación		Hs-01	-72,0458360	-13,4122220		e (parcela)	Mar	Dic
3		riachuelo que alimenta laguna	Hr-01		-72,0465540	-13,4092380	a,c		Ene, Mar	Jun, Dic
4		laguna	Hh-02		-72,0430876	-13,4034570	a,b en la laguna		Ene, Mar	Jun, Dic
1	Pucamarca	zanjas de infiltración		PUc-01	-72,0297435	-13,3966521		e (tres muestras alta)	Mar	Dic
2		zanjas de infiltración		PUc-02	-72,0311280	-13,3966730		e (tres muestras media)	Mar	Dic
3		zanjas de infiltración		PUc-03	-72,0311281	-13,3966744		e (tres muestras baja)	Mar	Dic
4		captación	PUc-01		-72,0302950	-13,3970290	a,b,c		Ene, Mar	Jun, Dic
5		laguna	PUh-01		-72,0314770	-13,3961890	d		Ene, Mar	Jun, Dic
6		laguna	PUh-02		-72,0314000	-13,3962030	d		Ene, Mar	Jun, Dic
7		captación	PUc-02		-72,0309274	-13,3964727	a,b,c		Ene, Mar	Jun, Dic
1	Valle Chosica	zanjas de infiltración, pinos, pajonal alto		Vs-01	-72,025861	-13,4314380		e (tres muestras alta)	Mar	Dic
2		zanjas de infiltración, mirador		Vs-02	-72,0249544	-13,4326770		e (tres muestras medio alto)	Mar	Dic
3		zanjas de infiltración, sector medio		Vs-03	-72,0263806	-13,4330010		e (tres muestras medio)	Mar	Dic
4		zanjas de infiltración, sector bajo		Vs-04	-72,0272360	-13,4339680		e (tres muestras bajo)	Mar	Dic
1	Pongobamba	Andenes sector alto, alto		POs-01	-72,0256880	-13,4275170		e, f (tres muestras alto, alto)	Dic-Mar	Abr-Jun
2		Andenes sector alto		POs-02	-72,0259600	-13,4278150		e, f (tres muestras alto)	Dic-Mar	Abr-Jun
3		Andenes sector alta derecha		POs-03	-72,0269280	-13,4279500		e, f (tres muestras alta derec)	Dic-Mar	Abr-Jun
4		Andenes sector medio		POs-04	-72,0261370	-13,4281020		e, f (tres muestras medio)	Dic-Mar	Abr-Jun
5		Andenes sector derecho		POs-05	-72,0269080	-13,4282290		e, f (tres muestras de-recho)	Dic-Mar	Abr-Jun
6		Andenes sector bajo		POs-06	-72,0273950	-13,4284350		e, f (tres muestras bajo)	Dic-Mar	Abr-Jun

Elaboración: Ludwing Bernal y Marjorie Villarroel, 2018

Mapa n° 3: Puntos priorizados de monitoreo de la Microcuenca Piuray Ccorimarca



Datos: Propia Elaboración, ESRI

 Elaborado por: Centro Bartolomé de Las Casas

 Diciembre 2018

Código Agua y Suelos	Longitud	Latitud
Hm-01	-72.049035	-13.410979
Hs-01	-72.045836	-13.412222
Hr-01	-72.046554	-13.409238
Hh-01	-72.043088	-13.403457
PU-01	-72.029744	-13.396652
PU-02	-72.031128	-13.396673
PU-03	-72.031128	-13.396674
PUc-01	-72.030295	-13.397029
PUh-01	-72.031477	-13.396189
PUh-02	-72.031400	-13.396203
PUc-02	-72.030927	-13.396473
Vs-01	-72.025860	-13.431438
Vs-02	-72.024954	-13.432677
Vs-03	-72.026381	-13.433001
Vs-04	-72.027236	-13.433968
POs-01	-72.025688	-13.427517
POs-02	-72.025960	-13.427815
POs-03	-72.026928	-13.427950
POs-04	-72.026137	-13.428102
POs-05	-72.026908	-13.428229
POs-06	-72.026395	-13.428435

Las coordenadas están en el sistema WGS84

Así, para el agua se plantea dos tipos de análisis de parámetros físico-químicos de acuerdo a las características del sitio, es decir, donde se considera la presencia de perturbación de la calidad del agua por presencia de agroquímicos. Por lo cual, en sitios como captaciones de agua que son para consumo de la comunidad, se consideró la medición de fosfatos, nitratos, cloruros y potasio, además de los parámetros que se pueden medir *in situ* con el multiparámetro.

En el caso del riachuelo (georeferenciado) que alimenta a la laguna de Piuray, en el sector de Huitapucjio, se consideró la medición de la calidad del agua mediante bioindicadores (macroinvertebrados), caudal y temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales y oxígeno disuelto.

Para las dos lagunas que se identificaron en el sector de Pucamarca, el interés del monitoreo se concentró en verificar cómo la influencia de las zanjas de infiltración aporta al volumen de éstas, por lo cual se colocará en cada laguna regletas limnimétricas para medir el comportamiento de su volumen .

La periodicidad propuesta para el monitoreo de agua corresponde a los meses de enero y febrero, que son los correspondientes a la época con presencia de precipitaciones; enero, que es cuando inicia el invierno, mientras que en febrero es el cambio de temporada. En los meses de junio a diciembre es la época seca y se tomarán muestras y mediciones en estos meses. Es primordial monitorear la variabilidad de la calidad y cantidad del agua en función de la implementación de las infraestructuras verdes y con la influencia de las épocas lluviosas y secas.

Los parámetros a medir son (Tabla 5):

- a) Multiparámetro: temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto.
- b) Fosfatos, nitratos, cloruros, potasio.
- c) Cantidad (caudal).
- d) Volumen en lagunas (regla limnimétrica).

En el muestreo en suelo se diferencia entre muestreo en zanjas de infiltración, andenes (infraestructura verde) y en sitios en donde se ha forestado.

En los lugares donde se ha forestado se propone levantar parcelas de 10 m x 10 m para tomar diez muestras de suelo al azar y se medirá carbono orgánico total, materia orgánica, pH y humedad volumétrica como indicadores de mejora de la calidad del suelo por los procesos de forestación. La frecuencia de muestreo se propone en marzo y diciembre, correspondiente a meses lluviosos y secos.

En las zanjas de infiltración se espera el incremento de la humedad del suelo, por lo cual se medirá carbono orgánico total, materia orgánica, pH, humedad volumétrica, textura del suelo, temperatura e infiltración. En las zanjas de infiltración se levantarán tres muestras simples que se diferencian en zona alta, baja y media. La frecuencia de muestreo corresponde a los meses de marzo y diciembre, fines de la temporada de lluvia e inicios de la temporada de lluvia.

Tabla 6: Definición de sitios de muestreo

Sitios	Pregunta de investigación	Que se va monitorear		Valor promedio mediante criterios: CD y CC	Monitoreos a futuro
		Agua	Suelo		
Pucamarca	¿Qué influencia tienen las zanjas de infiltración en la humedad del suelo, y la cantidad del agua en las qochas ubicadas en la parte baja?			4,39	
Tauca	¿En qué medida las zanjas de infiltración contribuyen al incremento de la humedad del suelo y a las oportunidades de crecimiento de especies como el polylepis, pinos y otras?			3,81	2) Recomendación se considere un presupuesto para dar continuidad a las investigaciones agroestológicas
Ccoricancha	¿Cómo influyen las zanjas de infiltración combinadas con bosque de polylepis en la cantidad de agua que aflora en el manante cota abajo?		humedad volumétrica, carbono, materia orgánica, pH, textura, infiltración	3,63	4) Realizar la investigación agroestológica de forma paralela a Tauca, o después de que se finalice los estudios en el lugar mencionado
Valle Chosica	¿Cómo influyen las zanjas de infiltración en el incremento de la humedad del suelo?			4	3) Seguir con el proceso de recuperación
Simatauca	¿Cómo influyen las zanjas de infiltración en el incremento de la humedad del suelo?			3,5	6) Siempre y cuando se cuente con presupuesto y la comunidad demande la realización de monitoreo
Pongobamba	¿Cómo influye la temperatura y humedad del suelo en los andenes en la producción agrícola?	Calidad , macros		4,88	
Pongolay	¿Cómo los procesos de limpieza del humedal aportan a la recuperación de la calidad y cantidad del agua?			3,88	1) Se empiece con el proceso de recuperación
Huitapujio	¿Cómo contribuye la protección de manantes y procesos de reforestación en la cantidad y calidad del agua?		Calidad y volumen	4,44	
Ccoricancha	¿Qué relación tienen la humedad del suelo con la vegetación diferenciada en andenes y zanjas de infiltración?		humedad volumétrica, carbono, materia orgánica, pH, textura, cuadrantes valorar la diversidad de vegetación	3,63	5) Siempre y cuando se considere una línea de investigación de andenes versus zanjas de infiltración, y se complete con la información de monitoreo de Pogobamba
Huitapujio	¿Cómo las prácticas agrícolas incrementan o no el contenido de nitrógeno en las aguas de la laguna de Piuray aledaños a Huitapujio?	Calidad , macros		4,44	

Elaboración: Ludwing Bernal y Marjorie Villarroel, 2018.

La frecuencia de monitoreo está condicionada por los recursos económicos asignados para esta actividad, así como la disponibilidad de personal capacitado para la ejecución del plan de monitoreo.

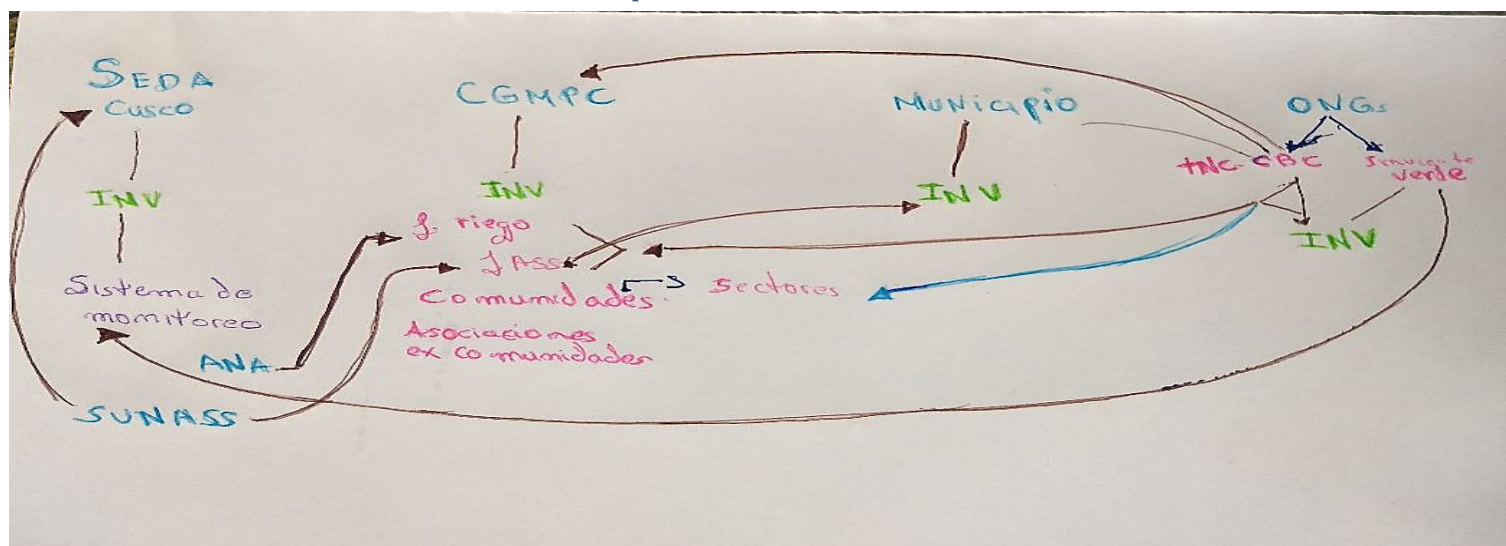
Mientras que en los andenes se quiere identificar cómo aporta la humedad a temperatura del suelo y la producción agrícola, por lo cual se propone medir carbono orgánico total, materia orgánica, pH, humedad volumétrica, textura del suelo y temperatura. Los meses para realizar las mediciones y tomas de muestras son diciembre, marzo, abril y junio. Se levantarán tres muestras por cada zona del andén (alta, media y baja).

Para definir los sitios de muestreo prioritarios se agrupó las acciones de conservación en los sitios ya implementados, en función de la calificación obtenida después de aplicar los criterios determinantes y condicionantes. En la Tabla 6 se presentan los sitios que van a monitorearse y los demás lugares que deberán implementarse de acuerdo a las acciones futuras del proyecto.

En la zona de intervención, en Pucamarca se ha previsto instalar los siguientes equipos permanentes: pluviómetro RGI Rain Gauge, 200 cm², 0.2 mm, el sensor ADCON LEVI en el vertedero, el piezómetro, el sensor de nivel en la laguna y el tanque evaporímetro. Es necesario indicar que para facilitar el monitoreo comunitario dichos equipos se unirán a formas de monitoreo manual, como una regla limnimétrica en la laguna Hukupujyo (ver descripción de los equipos en anexos). En la Tabla 6 se definen los sitios elegidos:

- **Pongobamba.** Suelo: carbono orgánico total, materia orgánica, pH, humedad volumétrica, textura del suelo, temperatura.
- **Huitapucjio.** Agua: temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto, fosfatos, nitratos, cloruros, potasio, caudal y macroinvertebrados.
- **Pucamarca.** Suelo: carbono orgánico total, materia orgánica, pH, humedad volumétrica, textura del suelo, temperatura e infiltración. Agua: Caudal, precipitación, piezometría, evaporación. Todo ello con equipos permanentes. Pluviómetro, vertedero, piezómetro y tanque evaporímetro.
- **Valle Chosica.** Suelo: carbono orgánico total, materia orgánica, pH, humedad volumétrica, textura del suelo, temperatura e infiltración.

Figura 3: Esquema de los actores interesados en la implementación del plan de monitoreo



Fuente: elaborado por Ludwing Bernal, 2018.

La aplicación a futuro de un sistema de monitoreo comunitario requiere fundamentalmente de la intervención de los directivos de las juntas administradoras de agua, servicios y saneamiento (JASS), juntas de regantes (JR) y representantes de las asociaciones productivas (AP). La implementación del sistema de monitoreo comunitario requiere que ese lleve a cabo mínimo un año antes de la finalización del proyecto (2020), con el fin de capacitar, dar acompañamiento y asesoramiento a lo largo de su ejecución.

Para la sostenibilidad del monitoreo son de vital importancia las alianzas con instituciones académicas; por ello se tiene pensado establecer una alianza con la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Por otro lado, los datos de los demás equipos se compartirán en la Plataforma de Buena Gobernanza.

En los anexos del documento se encontrarán los protocolos para el muestreo de agua y suelo.

Evaluación



Se evaluarán dos acciones:

- 1) El cumplimiento del monitoreo de acuerdo al plan presentado.**
- 2) La información de las mediciones.**

ESTRATEGIA DE EVALUACIÓN

Actualmente se tienen, en función de la cantidad y calidad de agua, datos suficientes para una línea de base. Se conoce el caudal y la calidad de agua en los principales manantes del acuífero Kárstico en temporada de seca y temporada de lluvia; una vez que se tengan los datos de los equipos instalados, se podrá medir los resultados de la I. N. Con la información de agosto de 2019 a agosto del 2020, se concluirá el informe de línea de base. Se espera que en agosto del 2021 (al concluir el proyecto) se tenga otro informe que aún no sería la *end line*, pero que se podría asemejar.

Se tiene un acuerdo para trabajar de manera conjunta con otras instituciones, lo cual nos permitirá, a medida que el plan de afianzamiento hídrico y el plan de monitoreo impulsado por la EPS avancen, acceder a datos de precipitación, escorrentía, humedad relativa, piezometría y otros en las zona del acuífero fisurado sedimentario. Ello, además de completar los datos que se necesiten para evaluar los impactos en conjunto de la infraestructura natural, nos servirá para evaluar la coherencia de la data generada con nuestros métodos.

Respecto al monitoreo sin equipos permanentes, se tiene pensado evaluar la coherencia de los datos de los equipos portables en campañas de monitoreo conjunto con INAIGEM-SEDA.

Cada seis meses se recurrirá a empresas especializadas como KOSODO y otras para la calibración de los equipos portables; así mismo, el mantenimiento de los equipos permanentes lo hará una empresa contratada de manera colectiva, junto con los equipos instalados en otros sectores por la empresa SEDACUSCO.

INDICADORES DE RESULTADOS

- Indicadores del Proyecto "Adaptación de los recursos hídricos al cambio climático en relación con el monitoreo hidrológico".
- El Comité de Gestión de la Microcuenca de Piuray- Ccorimarca (Cusco) es fortalecido mediante la participación e implementación, por parte de los socios, de tres proyectos de adaptación al cambio climático en su Plan de Gestión de Cuenca Hidrográfica.
- 3 proyectos EBA de infraestructura verde implementados en coordinación con las comunidades para mejorar la resiliencia climática de las cuencas hidrográficas y la resiliencia de las prácticas productivas.
- Se ha instalado un sistema de monitoreo hidrológico y socioeconómico para medir el impacto de la EBA y las medidas de conservación en los servicios ecosistémicos de regulación del agua y control de sedimentos en la Microcuenca Piuray-Ccorimarca.
- 20 personas con capacidad mejorada en el análisis de datos hidrometeorológicos como resultado de la implementación del monitoreo hidrológico.

FUENTES DE DATOS Y MÉTODOS

Las fuentes de datos están constituidas por los datos directamente recaudados a través del monitoreo itinerante y programado, los datos continuos de los equipos permanentes (programados para recoger información cada 5 minutos), los datos de otros equipos integrados en una plataforma mayor de monitoreo de toda la microcuenca centralizados en un sitio web de alojamiento gratuito, que podría transferirse a un alojamiento de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), o en su defecto a un alojamiento ad hoc diseñado o contratado por la EPS SEDACUSCO; además, como la mayoría de proyectos de fondos de agua impulsados por TNC, se utilizará ARBIS para el análisis.

Responsabilidades

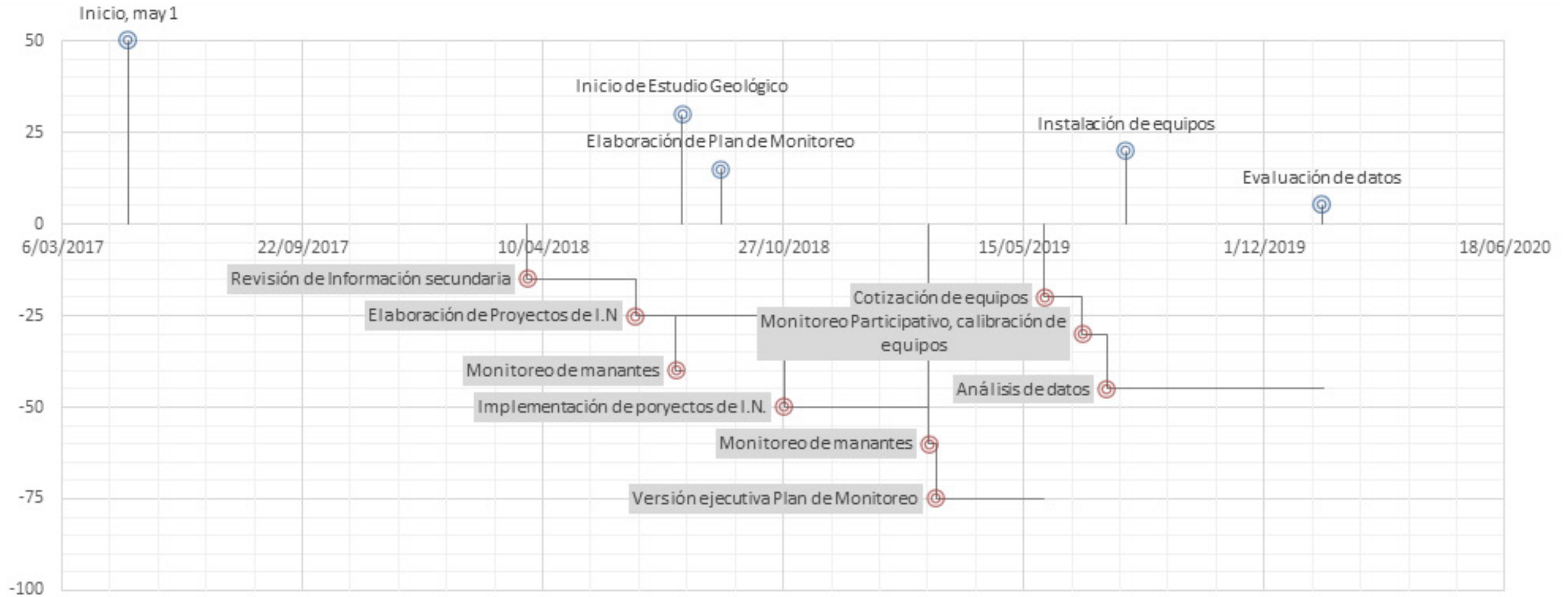


Tabla 7: Responsabilidades del equipo de monitoreo

ROL	NOMBRE	RESPONSABILIDADES	RESULTADOS Y PRODUCTOS
Coordinador del Proyecto TNC - CBC	Juan Víctor Bejar	<ul style="list-style-type: none"> - Coordinar las actividades del Plan con las otras actividades del proyecto. - Incorporar en la planificación del presupuesto las actividades de monitoreo. - Evaluar las actividades de monitoreo y el cumplimiento del plan de monitoreo. - Coordinar y realizar capacitación en monitoreo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Informes generales en los que se incluye las actividades de monitoreo. - Gastos totales del monitoreo revisados y aprobados. - Informes de evaluación de monitoreo. - Coordinar y realizar capacitación para monitoreo.
Especialista en Sistemas de Información Geográfica	Nuria Frey	<ul style="list-style-type: none"> - Sistematizar los informes de monitoreo y construir los mapas. - Subir los mapas a RBIS. 	Mapas Soporte RBIS.
Especialista en Gestión Social del Agua	Ludwing Bernal	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar las salidas de monitoreo en campo. - Coordinar con los especialistas y tesistas para las salidas al campo. - Verificar el funcionamiento de los equipos. 	Informes de monitoreo.
Asistente de proyecto	Miguel Ángel Choque Conde	<ul style="list-style-type: none"> - Asistencia en todas las actividades de monitoreo. - Promotor en campo. 	Asistencia en actividades.
Grupo técnico de soporte a las actividades de Implementación de MERESE.	Plataforma de Buena Gobernanza	Servir de soporte para las actividades de monitoreo.	Plan de monitoreo conjunto.

Línea de tiempo, año 2019

Figura 4: Plan de actividades 2019



Presupuesto

Tabla 8: Presupuesto para la instalación del sistema de monitoreo

			35,000.00
A-3.3.3	Instalación de un sistema de monitoreo de agua y suelos	Sistemas de equipo de monitoreo itinerante	3,000.00
		Sistema de equipos instalados en Pukamarca	17,000.00
		Construcción de vertedero, instalación de piezómetro y pluviómetro	3,000.00
		Salidas de toma de muestras	3,000.00
		Salidas de monitoreo de agua (calidad y cantidad) cada 3 meses	6,000.00
		Calibración de equipos	3,000.00
		Encuestas y trabajo de campo	3,000.00

Bibliografía

- Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M. y Prat, N. (2008). *Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú*. Barcelona: Grupo de Investigación FEM (Freshwater Ecology and Management).
- Aurazo, M. (2004). *Manual para análisis básicos de calidad de agua de bebida*. Lima, Perú: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Calderón, M., Romero-Saltos, H., Cuesta, F., Pinto, E. y Báez, S. (2013). *Monitoreo de contenidos y flujos de carbono en gradientes altitudinales. Protocolo 1 - Versión 1*. Quito: CONDESAN/COSUDE.
- Canter, L. y Hill, L. (1980). *Handbook of Variables for Environmental Impact Assessment*. Michigan: ANN ARBOR SCIENCE PUBLISHERS.
- Cardona, A. (2003). *Calidad y riesgo de contaminación de las aguas superficiales en la microcuenca del río La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras. Tesis de Postgrado*. Turrialba: CATIE Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-Costa Rica.
- Carrera, C., y Fierro, K. (2001). *Manual de monitoreo, Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. Quito: EcoCiencia.
- Centro de Educación y Comunicación Guaman Poma de Ayala. (2013). *Plan de gestión de recursos hídricos de la Microcuenca de la Laguna de Piuray*. Cusco.
- Centro Regional de Estudios Andinos Bartolomé de Las Casas. (2018). *Proyecto Adaptación de la gestión de los recursos hídricos al cambio climático*. Cusco.
- Céspedes, C., y Millas, P. (s.f.) (2015). Relevancia de la materia orgánica del suelo. *Boletín del Instituto Nacional de Innovación Agraria*.
- Cuesta, F. y Chiriboga, C. (2010). *Indicadores de evaluación del impacto del cambio climático sobre la biodiversidad de los países de la Comunidad Andina*. CONDESAN.
- Deutch, W., Duncan, B. y Ruiz, S. (2001). *Manual de certificación básica, monitoreo de calidad de agua*. Centro Internacional de acuicultura y ambientes acuáticos. Alabama – Estados Unidos: Universidad de Auburn.
- Domínguez, E. y Fernández, H. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos*. San Miguel de Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo. San Miguel de Tucumán.
- EPS. SEDACUSCO S.A. (2017). *Plan de afianzamiento hídrico de la Microcuenca Piuray*. Cusco.
- Flachier, A. y Vásquez, M. (2006). *La salud de nuestras fuentes de agua. Manual simple de monitoreo de aguas para las comunidades de Ozogoché, provincia de Chimborazo, Ecuador*. Quito: EcoCiencia, Fundación Natura, UICN, UNESCO, University of Queensland y Ministerio del Ambiente.
- Flachier, A., Castro, M., Gortaire, E., Villarroel, M. y Calderón, M. (2010). *Metodología para la valoración socioeconómica de los bofedales y turberas altoandinas, análisis de almacenamiento de agua. Proyecto Creación de Capacidades para la Valoración Socioeconómica de los Humedales Altoandinos*. Quito: UTPL-EcoCiencia.
- Gamarra, Y., Restrepo, R., Cerón-Vivas, A., Villamizar, M., Arenas, R., Vega, C. y Ávila, A. (2017). *Aplicación del protocolo CERA-S para determinar la calidad ecológica de la microcuenca Mamarramos (cuenca Cane-Iguaque), Santuario de Fauna y Flora Iguaque (Boyacá), Colombia*. *Biota Colombiana*, 11-29.
- GLOBE. (2005). *Investigación de suelos: Una Investigación de aprendizaje GLOBE*. GLOBE.
- GLOBE. (12 de diciembre de 2018). Obtenido de GLOBE: Una investigación de aprendizaje, investigación de suelos: <http://archive.globe.gov/sda/tg97es/suelos/Suelos.pdf>

Bibliografía

- InfoAgro.com. (8 de diciembre de 2018). obtenido de *infoAgro.com*. http://www.infoagro.com/instrumentos_medida/doc_conductividad_electrica.asp?k=53
- Jirón, W. (2006). *Análisis de la calidad del recurso hídrico superficial en la subcuenca del Río Turrialba, Cartago, Costa Rica. Tesis de postgrado*. Turrialba: CATIE, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Costa Rica.
- Laboratorio de Ecología Acuática de la Universidad San Francisco de Quito, L.-U. (2011). *Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad del agua de ríos andinos (CERA-S)*. Quito.
- Leyva, M., y Álvarez, R. (2014). *Instructivo de medición de caudal*. Huaraz, Perú: Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo.
- Llambí, L., Soto -W, A., Célleri, R., De Bievre, B., Ochoa, B. & Borja, P. (2012). *Ecología, hidrología y suelos de páramos*. Proyecto Páramo Andino.
- López, M. y Endara, K. (2002). *Manual de muestreo. Monitoreo limnológico de lagos. Monitoreo de calidad de aguas de fuentes. Monitoreo de la contaminación en ríos. EMMAP-Q*. Quito.
- Ministerio del Ambiente de Perú. (2014). *Guía para el muestreo de suelos*. Lima: Dirección General de Calidad Ambiental.
- Mitchell, M. y Stapp, W. (1993). *Field Manual for Water Quality Monitoring*. Michigan: Thompson - Shore.
- Peña, E., Torres, A. y Zuñiga, O. (2013). *Monitoreo del ciclo del carbono en ecosistemas de alta montaña del neotrópico : métodos de estudio de caso*. Cali: Universidad del Valle Programa Editorial.
- Perú, Ministerio de Agricultura y Riego. (11 de diciembre de 2018). Obtenido de Perú, Ministerio de Agricultura y Riego: <http://minagri.gob.pe/portal/objetivos/43-sector-agrario/suelo/330-clasificacion>
- Pillajo, F. (2002). *Guía técnica práctica: El suelo un organismo vivo*. Quito: Proyecto Desarrollo Forestal Comunal (DFC), Huertos Agroforestales. Quito.
- Ríos Touma, B. (2014). *The Andean Biotic Index (ABI): revised tolerance tom pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation*. España.
- Sanchún, A., Botero, R., Moreta Beita, A., Obando, G., Russo, R., Scholz, C. y Spinola, M. (2016). *Restauración funcional del paisaje rural: manual de técnicas*. San José: UICN.
- Steeb, T. y Villa Quispe, J. (2018). *Recuperación de ecosistemas en la Microcuenca Piuray – Ccorimarca (zona I): Tambocancha, Huitapucjio, Pucamarca, Taucca*. Cusco.
- Tillmann, T. y Bueno de Mesquita, M. (2014). *II Congreso Internacional de Terrazas, Encuentro de culturas y saberes de terrazas del mundo*. Cusco: CBC.
- Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Museo de Historia Natural, Ministerio del Ambiente de Perú. (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú*. Lima.
- Villarroel Herrera, M. (2008). *Diseño de un plan de monitoreo de elementos abióticos y factores climáticos del Complejo Llanganati*. Quito.
- Villarroel Herrera, M. (2018). *Almacenamiento de agua y fijación de carbono en humedales altoandinos*. Quito: Editorial Académica Española.

Anexos



CODIFICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

Los puntos de muestreo para agua y suelo fueron codificados de la siguiente forma:

Tabla 9: Sistema de codificación de las muestras para el plan de monitoreo

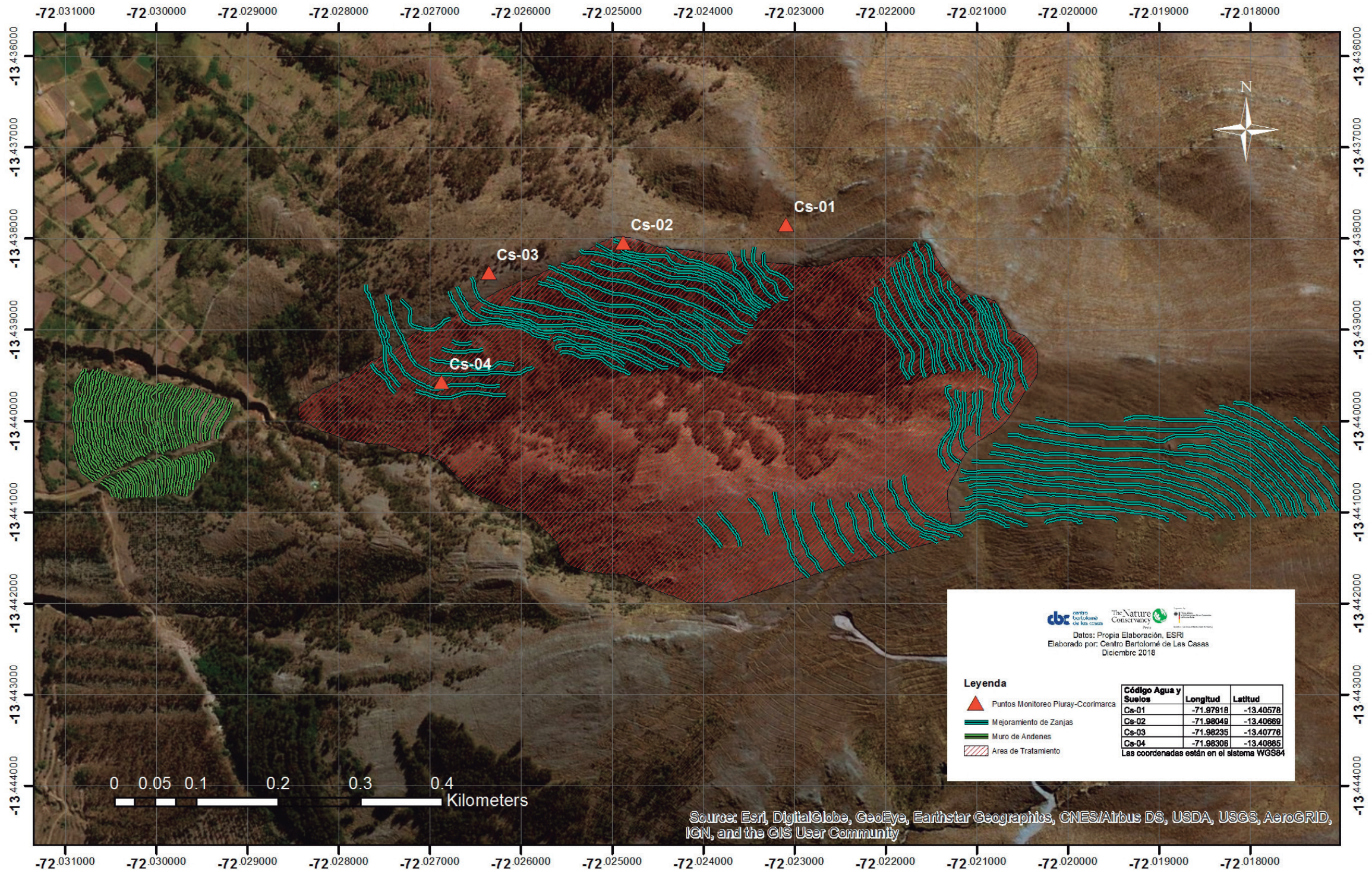
NOMBRE DEL SITIO	CODIFICACIÓN	AGUA	SUELO
Pongolay	P	Manante = m Laguna /humedal = h Ríos, riachuelo = r Captación = c	Suelo = s
Huitapucjio	H		
Pukamarca	PU		
Tauca	T		
Ccoricancha	C		
Valle Chosica	V		
Pongobamba	PO		
Simataucca	S		

Elaboración: Ludwing Bernal y Marjorie Villarroel, 2018.

El siguiente ejemplo permite tener claridad sobre la aplicación de la codificación presentada en la Tabla 9. En el sector de Huitapucjio se muestrearán un río, entonces el código de muestreo responde a Huitapucjio (H), tipo río (r), seguido del número 01 para iniciar la codificación. Es así que el código de la muestra sería Hr-01.

Para el elemento suelo se aplican las siglas del sitio de muestreo, seguido de la letra s en minúscula y el número de muestra que inicia en uno. Ejemplo de muestra de suelo en Pongobamba: Pos-01.

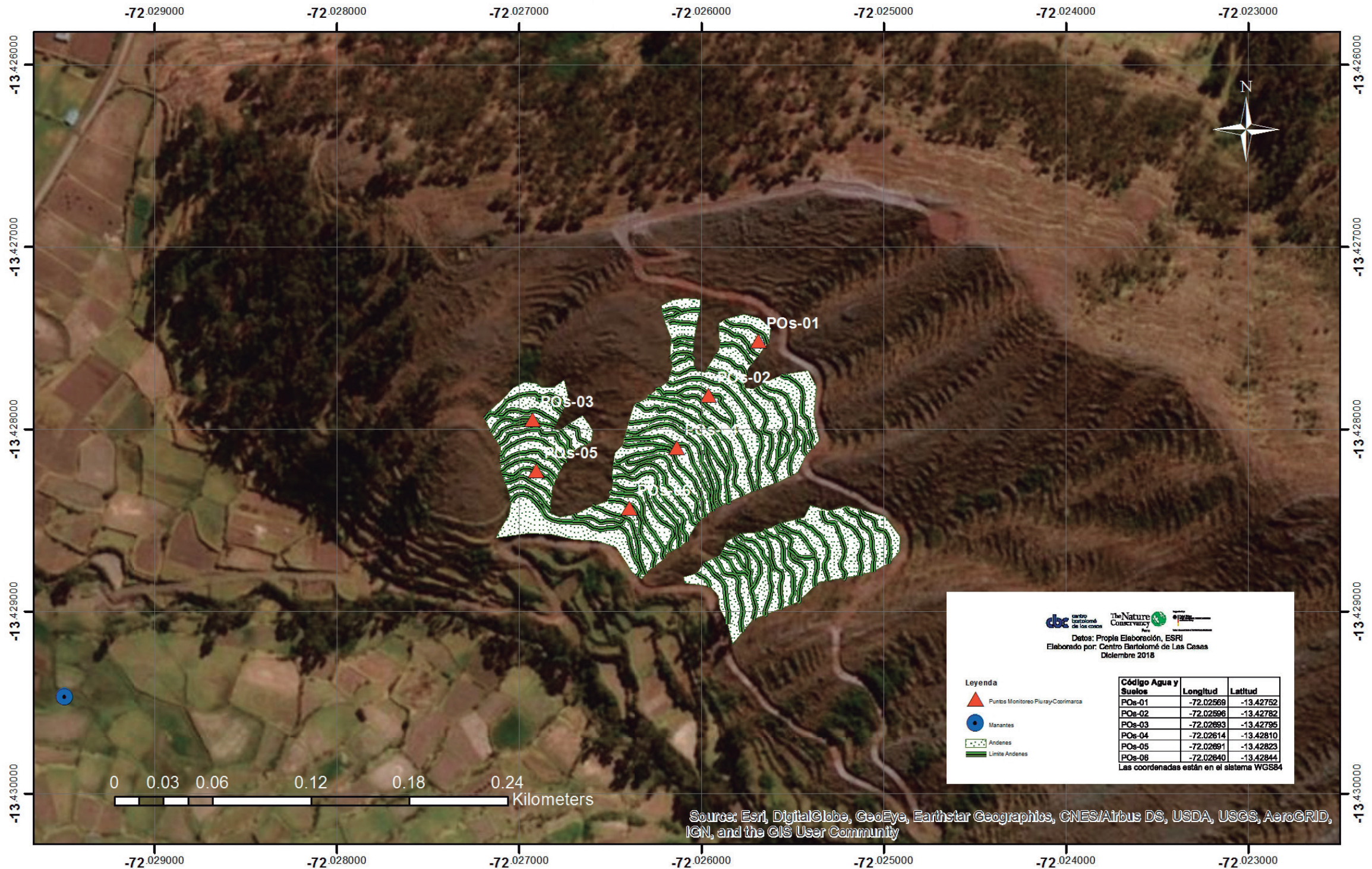
Mapa n° 4: Ccoricancha: Puntos de monitoreo. Proyecto TNC



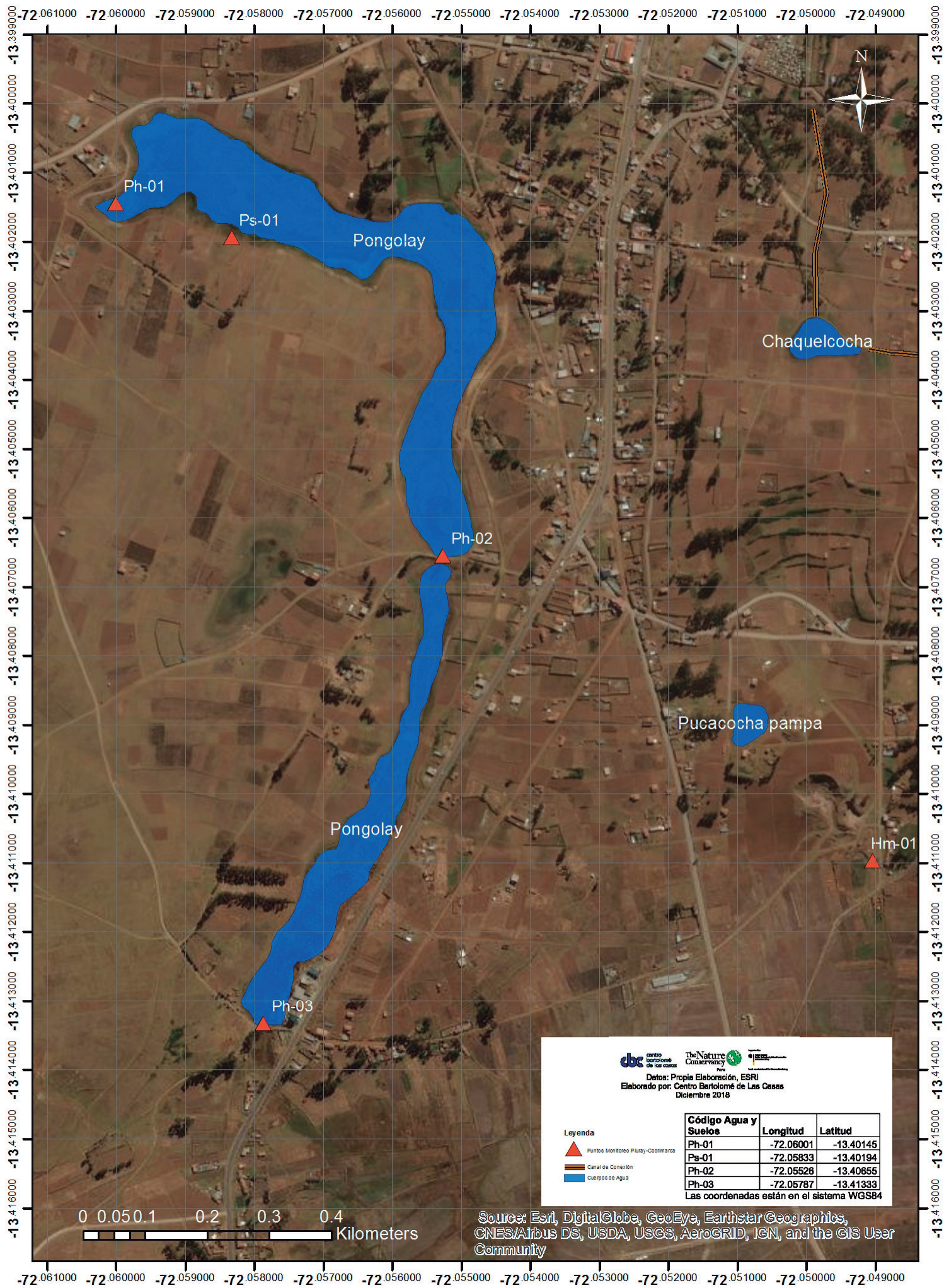
Mapa n° 5: Huitapucjio: Puntos de monitoreo. Proyecto TNC



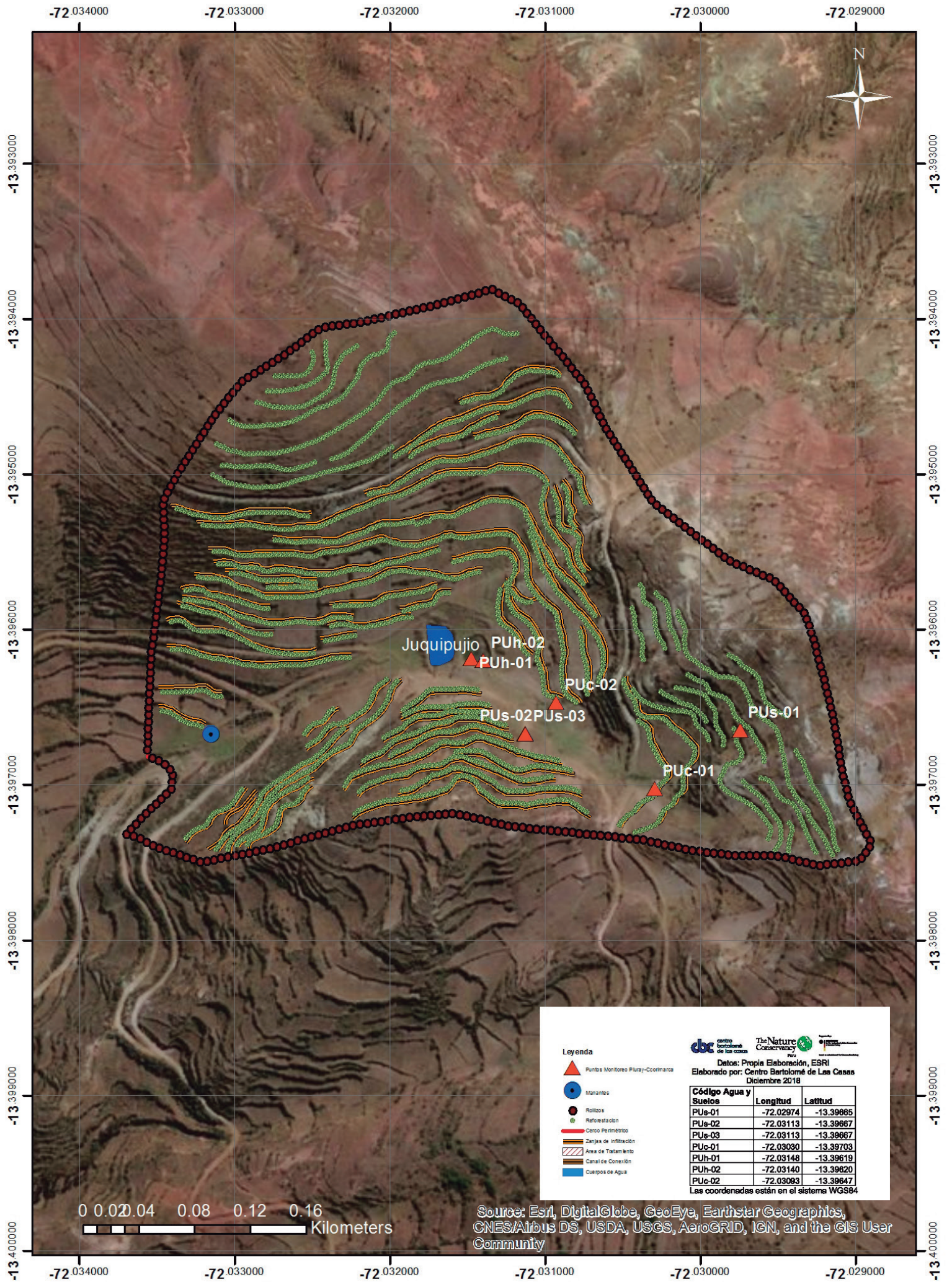
Mapa n° 6: Pongobamba: Puntos de monitoreo. Proyecto TNC



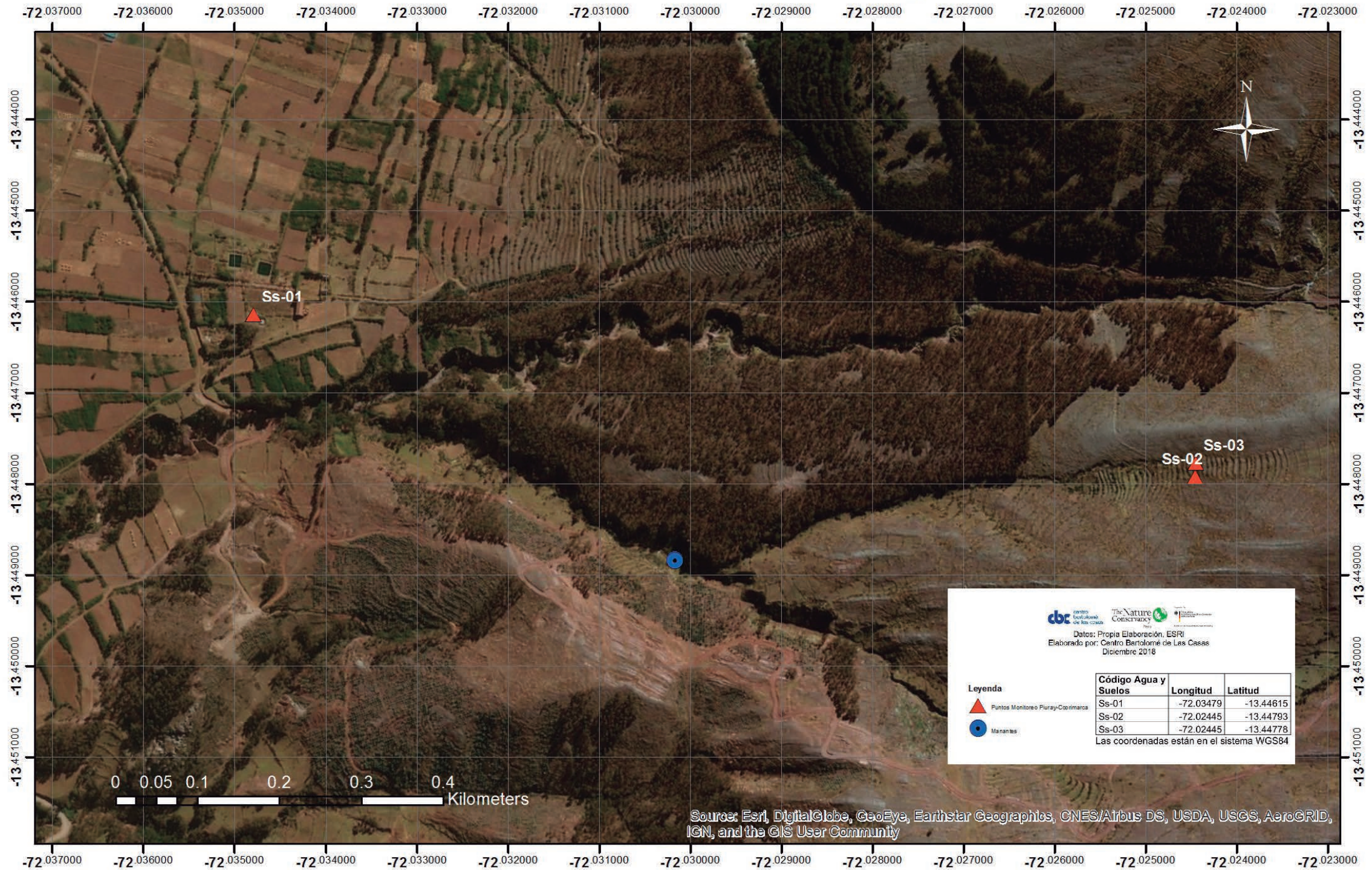
Mapa n° 7: Pongolay: Puntos de monitoreo. PROYECTO TNC



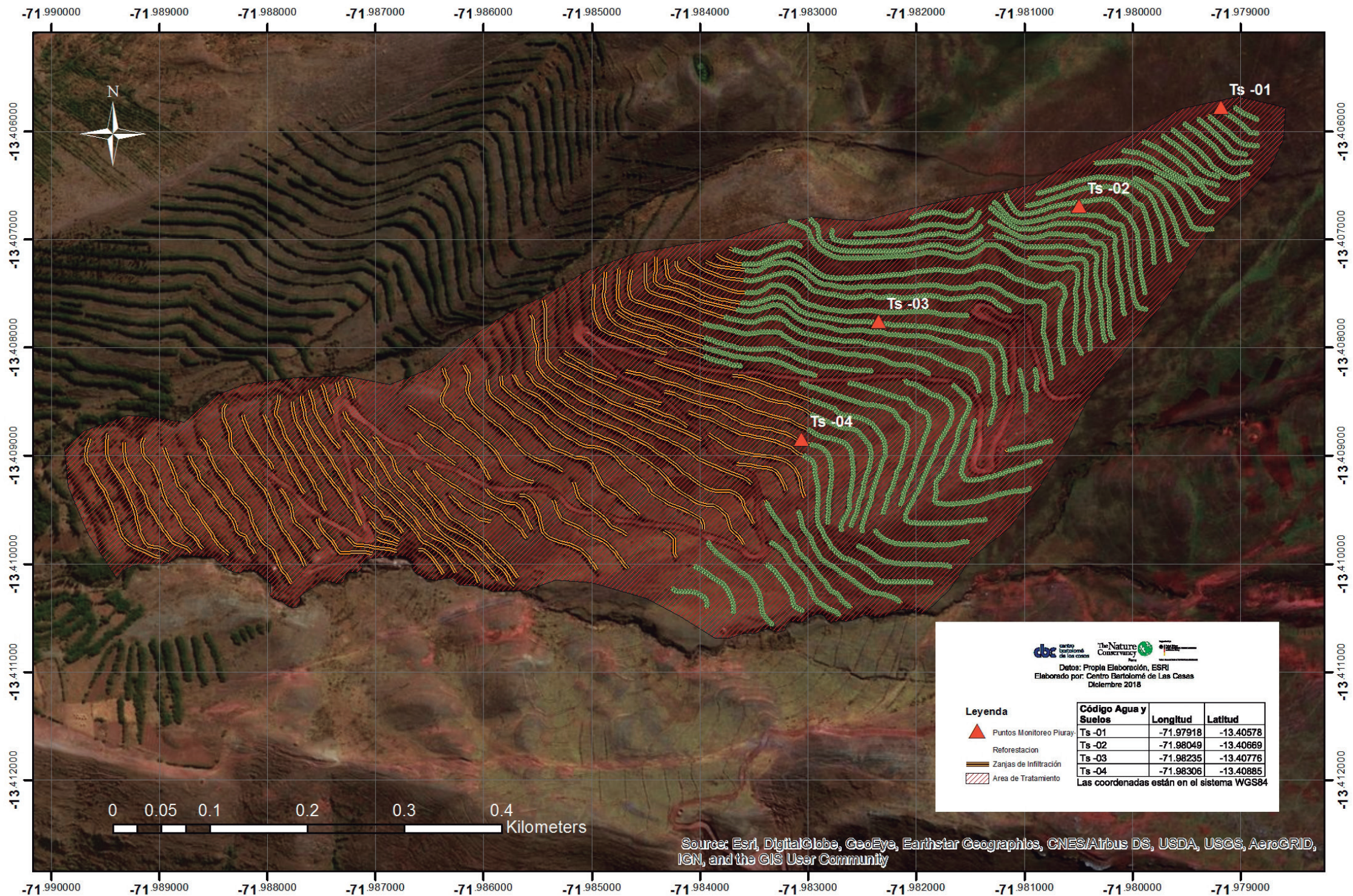
Mapa n° 8: Pucamarca: Puntos de monitoreo. PROYECTO TNC



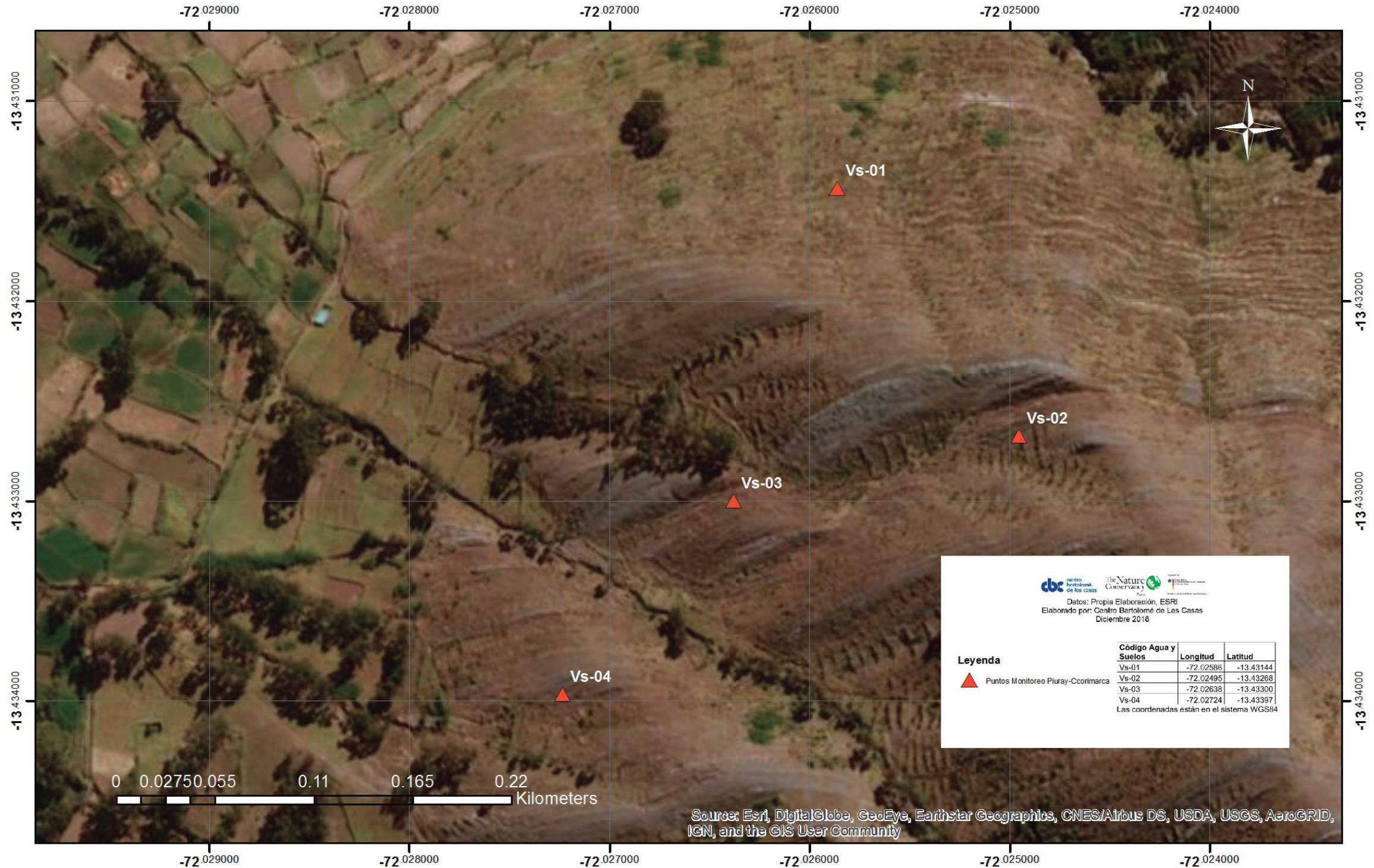
Mapa n° 9: Simataucca: Puntos de monitoreo. Proyecto TNC



Mapa n° 10: Taucca: Puntos de monitoreo. Proyecto TNC



Mapa n° 11: Valle Chosica: Puntos de monitoreo. Proyecto TNC



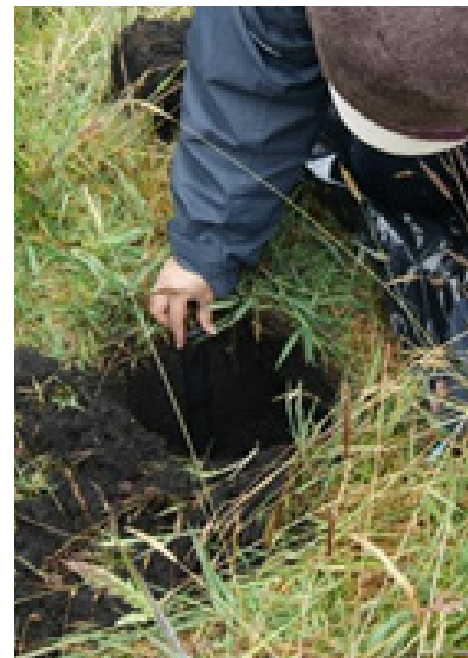
Protocolos



Uso del multiparámetro



Toma de muestras
de agua



Monitoreo
del suelo

PROTOCOLOS PARA EL USO DEL MULTIPARÁMETRO

El equipo a utilizar para el muestreo de agua, es el *HI 9829 Medidor multiparamétrico*, marca HANNA. Con el equipo en mención se muestrearán los siguientes parámetros para el elemento agua:

- Temperatura ($^{\circ}\text{C}$).
- pH (potencial de hidrógeno).
- Conductividad eléctrica (CE, $\mu\text{S}/\text{cm}$).
- Sólidos disueltos totales (TDS, ppm).
- Oxígeno disuelto (OD, ppm, %).

1. CONSIDERACIONES

- Previamente a la salida de campo se debe realizar una calibración rápida del equipo.
- Antes de su utilización, el equipo debe tener completamente cargada su batería (100%).
- Para la manipulación del multiparámetro (calibración o utilización), se deberán utilizar guantes, evitando la contaminación del mismo y errores en las lecturas de los parámetros.

2. MEDICIÓN

- La sonda se conecta al equipo.
- Para dar inicio a la medición de parámetros se procede a retirar con cuidado el capuchón que mantiene humedad y protege a la sonda de pH, como se muestra en la imagen.
- Una vez retirado el capuchón se procede a lavar las sondas con agua destilada.
- Después se coloca el disco protector de las sondas y se enciende el equipo.
- Cuando está encendido el multiparámetro, se escoge la opción a medir y se deja que el equipo se inicie para la medición. La sonda es colocada en el recipiente de la muestra recolectada (que fue previamente homogenizada) o directamente en ella (ríos, lagunas).



PROTOCOLOS PARA EL USO DEL MULTIPARÁMETRO



- Una vez que se registran los valores de la medición de los parámetros de la muestra, se debe anotar los valores por tres ocasiones para obtener un valor promedio. Para leer el resto de los valores de los parámetros con ayuda de la flecha de la mitad (color azul en la imagen), se deslizará hacia abajo para completar la lectura de la muestra.
- Los valores se registran en la libreta de campo como medio de verificación física de la información levantada.



PROTOCOLOS PARA EL USO DEL MULTIPARÁMETRO



- Cuando se finaliza el registro de la información del punto de muestreo, se apaga el multiparámetro. Después se desconecta la sonda del equipo y se retira el cilindro metálico protector de las sondas. Al final, se procede a lavar las sondas con agua destilada.
- Se coloca el capuchón de la sonda de pH y se elimina el exceso de agua de las sondas; se coloca el cilindro muestreador y se guarda el equipo en su maletín.

PROTOSCOLOS PARA LA TOMA DE MUESTRAS DE AGUA

Materiales

En cada punto de muestreo debemos contar con los siguientes materiales:

- Mapas de la zona a monitorear.
- Procedimientos de muestreo (protocolo para el elemento agua).
- Multiparámetro.
- GPS.
- 1 botella plástica de 1 litro (esterilizada).
- 1 balde de tamaño mediano (3 litros de capacidad).
- Pelotas de tamaño mediano de espuma flex o plásticas (de ping pong).
- 1 correntómetro.
- 1 cronómetro.
- 1 cinta métrica.
- 1 cinta de embalaje transparente.
- Cuerda (dividida por una señal con marcador de tinta permanente cada 2 m; en total, una cuerda de 10 m).
- 2 pares de guantes quirúrgicos.
- 6 *ice blue* o fundas de hielo (para preservar la temperatura de las muestras).
- 1 *cooler*.
- Etiquetas para identificar las muestras.
- Hojas de campo.
- Marcadores de tinta permanente.

PROTOCOLOS PARA LAS MUESTRAS DE AGUA

PARA MUESTRAS EN RÍOS

Una vez que se llega al punto codificado para realizar la toma de muestra, procedemos a verificar que la coordenada geográfica corresponda al sitio de muestreo asignado previamente.

Se coloca los guantes y en el punto a muestrear en el río se ubica a contracorriente. Se toma el recipiente plástico de un litro, lo sujetamos por la parte inferior, se toma un poco de agua en el frasco que sirve para homogeneizar el mismo, para homogeneizarlo, previamente a la toma de la muestra que se llevará al laboratorio.

Se desecha el agua que sirvió para homogeneizar el recipiente de muestreo, esperamos unos minutos y, sujetando el recipiente de plástico por la parte inferior, lo sumergimos con la boca del frasco ligeramente hacia arriba. Se debe recordar que la muestra debe ser tomada a contra corriente.

Una vez tomada la muestra, cerramos el recipiente con su respectiva tapa y colocamos la etiqueta correspondiente. Con la cinta de embalaje recubrimos la etiqueta, para proteger la información, y se envuelve al frasco presionando la tapa del recipiente con la cinta de embalaje para evitar que se pierda el volumen de la muestra.



Figura 1. Forma de recolectar la muestra, Aurazo, 2004.

PROTOCOLOS PARA LAS MUESTRAS DE AGUA

Una vez recolectada la muestra y ser respectivamente etiquetada, es colocada en el equipo de preservación (*cooler*) para su conservación de 4° C (*ice blue*), hasta la recepción de la muestra en un laboratorio para su análisis.



Figura 2. Equipo de preservación (*cooler*), Aurazo, 2004.

PARA MUESTRAS EN LAGUNAS

Con un balde nos acercamos a la laguna, tomando precauciones para no caer en ella. En el balde se toma un poco de agua de la laguna, se homogeneiza el recipiente y luego se procede a eliminar el agua. Se repite el procedimiento, y esta vez la muestra de agua recolectada es almacenada en la botella plástica de un litro. Una vez cerrada perfectamente la botella plástica que contiene la muestra, se etiqueta y envuelve con la cinta de embalaje.



Figura 3. Toma de muestra de agua y etiquetado (Villarroel Herrera, 2008).

PROTOCOLOS PARA LAS MUESTRAS DE AGUA

FORMATO DE ETIQUETA PARA LAS MUESTRAS

El modelo de etiquetas que se sugiere debe ser utilizado para cada punto de recolección de muestras.

ETIQUETA PARA MUESTRAS DEL ELEMENTO AGUA

Fecha	Hora del muestreo	Código Hr-01	Nombre del sitio Huitapucjio
		Preservación 4°C	
Análisis: fosfatos, nitratos, cloruros, potasio			

MEDICIÓN DEL CAUDAL

Materiales

Para la medición de caudal se requiere los siguientes materiales:

- Correntómetro FP311.
- Procedimientos de muestreo (protocolo para medición de caudal).
- Hojas de campo.
- Lapicero.

Apuntar la hélice del correntómetro directamente en el curso de agua que se desea medir, con la flecha en el interior de la carcasa del propulsor aguas abajo. El mango de la sonda FP311 es una caña de dos piezas ampliable de aproximadamente 1 a 2 m.

PROTOCOLOS PARA LAS MUESTRAS DE AGUA

- Si la pantalla está en blanco, se debe presionar cualquier tecla para reiniciar el equipo.
- Luego se coloca la hélice en el punto de medición deseado y pulse el botón RESET para comenzar a tomar las velocidades nuevas medio, mínimo y máximo de las lecturas.
- Las mediciones de velocidad se tomarán simultáneamente con las medidas de profundidad, luego de determinar la profundidad.
- Las mediciones se actualizan una vez por segundo.
- Se debe pulsar REINICIAR antes de comenzar una nueva medida; esto es necesario para una mejor precisión.

Si la hélice queda paralizada mientras se da la medición de flujo, se limpia hasta que la hélice gire libremente y se empieza de nuevo.

Para la medición de caudal con correntómetro se procede a medir el ancho del tramo, así como verificar que el lugar donde se va a muestrear tenga una profundidad adecuada para que se pueda sumergir por completo la hélice del equipo.



Figura 4. Procedimiento de medición de caudal con correntómetro. Autores 2018.

PROTOCOLOS PARA LAS MUESTRAS DE AGUA

MEDICIÓN DE CAUDAL EN POCA PROFUNDIDAD

Materiales

- Pelotas de espuma flex o *ping pong*.
- Flexómetro, cronómetro.
- Procedimientos de muestreo (protocolo para medición de caudal).
- Hojas de campo.
- Lapicero.

En sitios poco profundos, se aplicará otro método para que la hélice del correntómetro no se hunda por completo.

Con la ayuda de pelotas de espuma flex, asignamos una longitud aproximada de diez metros utilizando piedras para limitar dicha longitud. Una vez determinada la longitud, encerramos el cronómetro. Se coloca la pelota de espuma flex unos cuantos metros antes de la marca asignada. Cuando pase por la marca (piedra, banderín) se toma el tiempo que tarda en cruzar la pelota de espuma flex al otro punto de marca en donde se toma el tiempo transcurrido. Otro valor a registrar es la profundidad del sitio de medición del caudal.

La multiplicación de los valores de profundidad y ancho del río, nos proporciona un área que se expresa en m^2 . La multiplicación de la velocidad por el área nos da el caudal.

$$Q = \text{Velocidad} \times \text{Área} = \frac{m^3}{s} \left(\frac{m}{s} * m^2 \right) = \text{se expresa en}$$



Figura 5. Procedimiento de medición de caudal sin correntómetro. Autores 2018.

OTRO MÉTODO PARA MEDICIÓN DE CAUDAL

Materiales

- Embudo (estructura plástica), balde de volumen conocido.
- Cronómetro.
- Procedimientos de muestreo (protocolo para medición de caudal).
- Hojas de campo.
- Lapicero.

Con la ayuda de una estructura plástica (tipo embudo), se encauza el cuerpo hídrico a medir. Una vez colocada la estructura plástica se procede a encerrar el cronómetro, con la ayuda de un balde de volumen conocido (ejemplo, cuatro litros). Después se procede a tomar el tiempo que tarda el agua en llegar a la marca del balde donde señala el volumen de cuatro litros. Esta acción se repite cinco veces; la información será registrada en la libreta de campo.

Y el valor de caudal se expresará en litros/segundo, es decir, el volumen de cuatro litros sobre el promedio de las mediciones de tiempo.



Figura 6. Procedimiento de medición de caudal sin correntómetro. Autores 2018.

PROTOCOLOS PARA LAS MUESTRAS DE AGUA

HOJA DE DATOS DE CAMPO PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

PROYECTO:

PERSONA RESPONSABLE:

LOCALIDAD:

COORDENADAS:

PTO. MUESTREO:

ALTITUD:

FECHA:

HORA:

T° AMBIENTE:

CLIMA:

MEDICIONES EN LA MUESTRA DE AGUA

PARÁMETRO	VALOR 1	VALOR 2	VALOR 3	PROMEDIO
pH				
Temperatura (°C)				
Conductividad ($\mu S/cm$)				
TDS (ppm)				
OD (%)				
OD (ppm)				
Caudal (m/s)				

Para análisis en laboratorio

Fosfatos (ppm)

Nitratos (ppm)

Cloruros (ppm)

Potasio (ppm)

OBSERVACIONES

PROTOCOLOS PARA LAS MUESTRAS DE AGUA

DETERMINANDO LA CALIDAD DEL AGUA CON OTROS MÉTODOS

A continuación, se presenta el manual práctico de monitoreo que puede ser aplicado con las JASS y JR de la microcuenca de Piuray-Ccorimarca.

El manual fue aplicado con las comunidades de la microcuenca de Ozogoche, provincia de Chimborazo – Ecuador. Presenta métodos sencillos para valorar la calidad del agua con el uso de los sentidos (Flachier y Vásquez, 2006).

EXAMINANDO AL PACIENTE

Análisis físico-químico

Las “características físicas” son aquellas cualidades que se notan fácilmente utilizando nuestros sentidos: a simple vista, al tacto o saboreando.

En cambio, las “características químicas” no se notan fácilmente y es necesario utilizar ciertos aparatos, materiales y sustancias para poder analizarlas.

¿Qué vamos a medir para determinar la calidad del agua?

- Color.
- Olor.
- Temperatura.
- pH.

PROTOCOLOS PARA LAS MUESTRAS DE AGUA

COLOR

El agua limpia normalmente es transparente –esto no quiere decir que el agua incolora sea siempre limpia y segura– pero varios contaminantes le dan ciertos colores y permiten conocer su estado. Los siguientes son los colores a los que debemos estar atentos:

VERDE	Agua verde, o verde-azul, puede indicar la presencia de muchas algas, muy pequeñas o microscópicas (que solo se ven bajo el microscopio). Algunas de ellas producen venenos peligrosos. Su alto crecimiento indica que un exceso de nutrientes, o sea su alimento favorito, está ingresando al agua de alguna manera. También podría indicar la presencia de ciertos compuestos que contienen cobre, un metal que puede provenir de procesos industriales o mineros.
AMARILLO	Agua amarillenta podrían indicar la presencia de azufre. Como veremos más adelante, también produce un mal olor, como de huevo podrido.
ROJO	Colores rojizos o anaranjados en el agua pueden indicar una contaminación con hierro. Este metal, cuando se oxida, se vuelve rojizo. Este color puede ser causado por drenaje o derramamiento de aguas que son producto de las actividades de minería o petroleras (que contienen mucho hierro). También puede indicar el ingreso de tierras arcillosas rojas por erosión o construcción de caminos y una alta cantidad de algas microscópicas.
AZUL	Colores azulados pueden indicar una contaminación con sustancias que contienen cobre, como los pesticidas, así como el ingreso de desechos de minería que contienen este metal. El cobre pueda causar irritación de la piel. El color azul oscuro puede indicar el ingreso al agua de restos provenientes de las industrias de cuero y textil.

PROTOCOLOS PARA LAS MUESTRAS DE AGUA

CAFÉ	Un agua de color café, sea claro u oscuro, podría indicar que está ingresando tierra a esa fuente de agua. También ciertas plantas pueden dar color al agua desde un café amarillento claro hasta oscuro. Esto es común en ríos amazónicos, pero no sucede en ríos andinos. También puede indicar una alta población de algas microscópicas.
NEGRO	El agua que contiene altísimas cantidades de materia orgánica, que son los desperdicios originados por los seres humanos, animales y plantas, como heces, cáscaras, hojas muertas, carne, huesos, etc., puede verse negra a simple vista (usualmente con olor a huevo podrido). También puede indicar el ingreso al agua de restos de las industrias del cuero y textil.
MORADO	El color morado puede indicar el ingreso al agua de restos de las industrias del cuero y textil.
MULTI-COLOR	Una reflexión multicolor, como de arcoíris, indica aceite flotando en el agua. La contaminación con aceite puede provenir de derivados del petróleo (gasolina, lubricantes de motores, aceites para carros, etc.), de actividades mineras, o de aguas servidas domésticas, que llevan el aceite y las mantecas usadas en las comidas (Flachier y Vásquez, 2006).

Cómo medir el color

Para medir el color solo se necesita:

- Un envase transparente como botella, vaso, etc.
- Lápiz o marcador permanente.
- Hoja blanca.

Pasos a seguir

Llena el envase con el agua que quieres analizar.

Coloca el envase con la muestra de agua frente a tus ojos, contrastándolo con un fondo blanco.

Por ejemplo, pon una hoja de papel blanco detrás del envase.

PROTOCOLOS PARA LAS MUESTRAS DE AGUA

Luego, anota el tipo de color que has observado en la *HOJA DE DATOS* que se encuentra al final de este manual, en el espacio que está al lado de la palabra *COLOR*. Si no has observado ningún color evidente anota simplemente “sin color”. Más adelante vas a encontrar un ejemplo de cómo llenar esa hoja de datos.

OLOR

Al igual que el color, muchos contaminantes dan al agua olores extraños. Existen olores ácidos, dulzones, a huevo podrido, entre otros, que dependen del tipo de sustancia que esté ingresando al agua. Es difícil describir e identificar un olor, pero si el agua huele extraño es porque algo raro puede estar sucediendo en ella (Flachier y Vásquez, 2006).

Debemos estar alerta a los siguientes olores más comunes, especialmente cuando se detectan fácilmente o son muy fuertes:

Huevo podrido	Indica contaminación por basura y desechos orgánicos: heces, hojas muertas, cáscaras, restos de animales muertos, huesos, carne, aguas servidas domésticas, etc.
Dulzón	Puede indicar el desalojo de aguas servidas domésticas o industriales, excrementos de ganado, algas en descomposición.
Ácido	Podría ser causado por contaminación industrial o por el ingreso de pesticidas al agua. El cianuro que se usa en minería de oro tiene un olor ácido, por lo que puede indicar el ingreso de desechos mineros.
A cloro	El cloro es una sustancia química que se usa para desinfección en industrias alimenticias, baños, cocinas, hospitales y otros, y tiene un olor muy fuerte.
A creso	Igual que el anterior, el creso es una sustancia de olor muy fuerte que se usa principalmente en la desinfección de centros hospitalarios, farmacias o en hogares donde hay algún enfermo muy contagioso, porque actúa de manera efectiva en la eliminación de bacterias y otros organismos que causan enfermedades. Este olor podría indicar el desalojo de aguas residuales de estos lugares.

PROTOCOLOS PARA LAS MUESTRAS DE AGUA

Cómo medir el olor

Para medir el olor se necesita simplemente:

- Un envase de boca ancha, como un vaso o frasco.

Pasos a seguir

1. Llena el envase con el agua que quieres analizar.
2. Acerca tu nariz al envase y huele.
3. Anota tu percepción en la *HOJA DE DATOS* que se encuentra al final de este manual, en el espacio libre que se encuentra al lado de la palabra *OLOR*. Por ejemplo, anota: “olor picante” o “huele a pescado” o “sin olor”, etc.



Figura 7. Procedimiento para determinar olor.
Flachier y Vásquez, 2006.

PROTOCOLOS PARA LAS MUESTRAS DE AGUA

TEMPERATURA

La temperatura es la medida de los niveles de calor o de frío que tiene el agua.

El agua puede tener variadas temperaturas dependiendo de:

- La fuente: el agua que nace del subterráneo suele ser más fría que la de la superficie, pero cuando se genera cerca de un volcán activo puede ser muy caliente y se la llama “agua termal”.
- El clima de la zona: los ríos de la costa y oriente son de agua más cálida que en la sierra.
- La hora: al mediodía el agua suele tener una temperatura mayor porque los rayos solares son más intensos y la calientan.
- La profundidad del río: generalmente los ríos menos profundos tienen mayor temperatura porque se calientan más rápido con el sol.
- La época del año: durante la época lluviosa, cuando el cielo pasa más cubierto, el agua tiene menor temperatura que en época seca, cuando el sol aparece con más intensidad y frecuencia.
- La cantidad de sombra a la que esté expuesta: si hay una vegetación exuberante que dé sombra al agua, ésta se mantiene más fría.
- La velocidad de la corriente: aguas rápidas se refrigeran más porque se mezclan con el aire, como cuando uno sopla la sopa. Los ríos lentos están más expuestos a los rayos solares y por eso se calientan más.

Muchos factores influyen sobre la temperatura del agua. Estos factores son naturales, pero existen formas de deterioro de la naturaleza que también pueden hacer que la temperatura varíe mucho. Por ejemplo:

- Ingreso de tierra: El suelo llevado por algunos ríos hace que la temperatura aumente porque absorbe el calor del sol. La tierra ingresa a los ríos cuando el suelo no tiene plantas que lo protejan (está erosionado) y la lluvia lava la tierra.
- Deforestación: Cuando se ha quitado muchos árboles en las cercanías u orillas de los ríos y se ha eliminado la sombra, aumenta la temperatura.

PROTOCOLOS PARA LAS MUESTRAS DE AGUA

Los animales que viven en el agua no soportan variaciones fuertes de la temperatura del agua y llegan a desaparecer.

También, la temperatura depende de la cantidad de oxígeno, que es un gas necesario para que puedan respirar la mayoría de los seres vivos; se encuentra tanto en el aire como en el agua. En aguas más frías hay más oxígeno que en las cálidas.

La temperatura se mide en unidades llamadas grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$). Un cubito de hielo mide cero grados centígrados (0°C), mientras que el agua que está hirviendo mide cien grados centígrados (100°C), cuando está en la costa, y un poco menos en las alturas (Flachier y Vásquez, 2006).

Debemos conocer que:

0°C	En las partes más altas de la zona andina, sobre todo en la madrugada, la temperatura puede llegar a bajo cero, dependiendo de la época del año.
18°C	Ésta es la temperatura estimada que debería registrar el agua en las zonas andinas al mediodía y en época seca.
32°C	En algunos ríos de la costa se puede alcanzar esta temperatura, en las horas más calientes del día.
36°C a 37°C	En cuanto al estado de salud, el cuerpo humano mide entre estas dos temperaturas.
38°C a 42°C	Cuando estamos enfermos y tenemos fiebre, presentamos estas temperaturas. La máxima fiebre que puede soportar el cuerpo humano es de 42°C ; más de eso, morimos.
50°C	Un agua termal puede alcanzar esta temperatura e incluso más.

PROTOCOLOS PARA LAS MUESTRAS DE AGUA

Cómo medir la temperatura

Para medir la temperatura se necesita únicamente:

- Un termómetro que vaya desde 0 °C (preferiblemente protegido contra golpes).
- Una piola.
- Un reloj.



Figura 8. Materiales para medir temperatura. Flachier y Vásquez, 2006.

Pasos a seguir

1. Amarra la piola al termómetro, para poder suspenderlo y evitar que se pierda o se vaya con la corriente del río.
2. Amarra el termómetro con la piola a algún lugar seguro cercano al río (por ejemplo tu dedo, tu mano, tu cinturón, la rama de un arbusto, etc.) para que no se vaya a perder.
3. Sumerge el termómetro en la fuente de agua sin topar el fondo. No midas cerca de la orilla, donde la temperatura del agua es un poquito mayor, y espera unos tres minutos antes de leer el valor que marca el termómetro.
4. Luego mide la temperatura que marca el líquido del termómetro. Es preferible hacer eso debajo del agua, pero si no es posible, se debe medir a la mayor brevedad después de haberlo sacado del agua. Esto es para evitar que el valor empiece a cambiar con la temperatura del ambiente.
5. En la HOJA DE DATOS que se encuentra al final de este manual, deberás anotar el valor que marca el termómetro, al lado de la celda que dice *TEMPERATURA*.

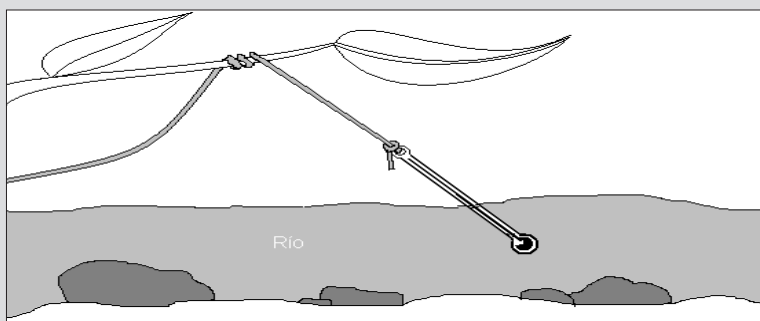


Figura 9. Medición de temperatura. Flachier y Vásquez, 2006.

PROTOCOLOS PARA LAS MUESTRAS DE AGUA

pH

El pH es la medida de acidez de un líquido. Un limón es muy ácido, a diferencia de la papaya, por ejemplo. Se dice que el agua potable tiene un pH neutro, es decir que no es ni ácido ni básico (lo contrario de ácido).

El pH se mide del número 0 al 14. El agua potable muestra un valor de pH igual a 7. Este valor es lo ideal para el agua de consumo humano. Para entender mejor, veamos el siguiente diagrama:

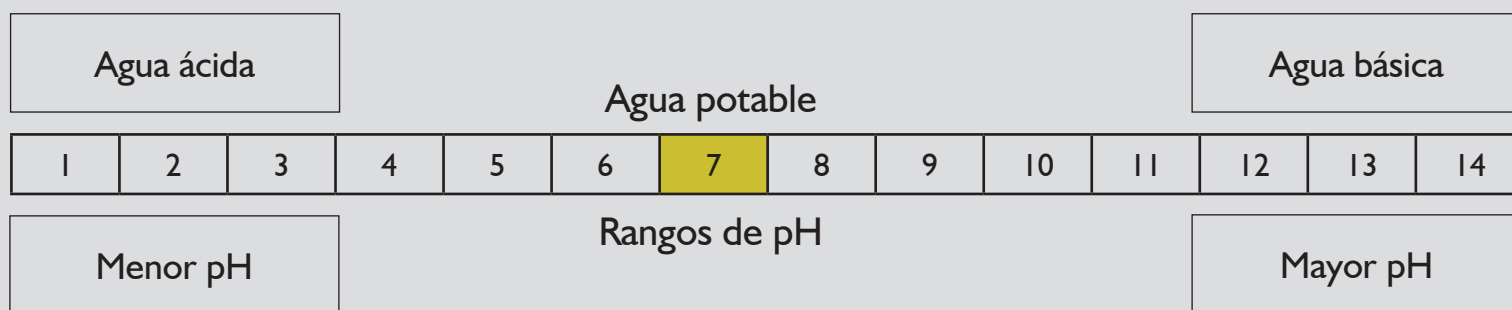


Figura 10. Rangos del pH. Flachier y Vásquez, 2006.

Este esquema indica que las aguas más ácidas tienen un pH más bajo del 7 y que las aguas más básicas tienen un pH más alto del 7. Para poner ejemplos:

En agua de ríos y lagunas naturales, el pH no debería ser menor de 6 ni mayor de 9. Valores fuera de este rango no son adecuados para la vida acuática ni para el consumo humano. Los cambios drásticos de la acidez del agua afectan a los animales que allí habitan, pues ellos están adaptados a un cierto pH del agua.

Algunos contaminantes producen cambios drásticos en el pH del agua, por ejemplo, las aguas servidas pueden volver básicos a los ríos, y algunos residuos industriales o mineros pueden hacerlos ácidos (Flachier y Vásquez, 2006).

pH 2	Coca Cola y zumo de limón
pH 4	Limonada
pH 6	Jugo de naranja
pH 7	Agua potable
pH 8	Agua marina
pH 10	Agua con Alka Seltzer

PROTOCOLOS PARA LAS MUESTRAS DE AGUA

Cómo medir el pH

Para medir el pH solo se necesita:

- Papelitos de medir pH.
- Cartilla de comparación de color.

Pasos a seguir

1. Introduce una punta del papelito de medir pH en el agua que vas a analizar. Un color diferente aparecerá en la parte mojada del papelito.
2. Compara ese color con los que se encuentran pintados en la cartilla.
3. Anota en la *HOJA DE DATOS* (que se encuentra al final de esta guía) el valor correspondiente al color que más se parezca al de tu papelito. Ese número deberás anotar al lado de la celda que dice pH.



Figura 11. Rangos del pH. Flachier y Vásquez, 2006.

PROTOCOLOS PARA LAS MUESTRAS DE AGUA

HOJAS DE DATOS

Monitoreo de la calidad del agua de la microcuenca de Piuray-Ccorimarca

NOMBRE DEL MONITOR:	
NOMBRE DE LA COMUNIDAD MÁS CERCANA:	
NOMBRE DEL RÍO O QUEBRADA:	
CÓDIGO DE LA ESTACIÓN DE MONITOREO:	
FECHA:	HORA:

CALIDAD DE AGUA

Anotar el signo positivo (+) si el resultado que hemos obtenido es igual al ideal o se encuentra dentro del rango de valores. Anotar un signo negativo (-) si el resultado obtenido es diferente o se encuentra fuera del rango.			
PARÁMETROS	RESULTADO obtenido	RESULTADOS IDEALES	COMPARACIÓN (+ o -)
Color		sin color	
Olor		sin olor	
Temperatura		0 - 20° C	
pH		6 - 9	
Visibilidad		transparente	
Suma de +			
Suma de -			
Más signos negativos que positivos indican que hay un problema de calidad del agua y deben buscarse las causas para hacer mejoras.			

PROTOSCOLOS PARA EL MONITOREO DE SUELO

Este procedimiento se realizará en los dos sitios determinados para la toma de muestras de suelo, en las cuales se medirá humedad volumétrica, carbono, materia orgánica y pH.

Para tomar las muestras de suelo se requiere:

- 16 estacas para fijación de parcelas (8 x parcela).
- 1 cuerda (45 metros de longitud), 40 m x parcela.
- 1 flexómetro (> a 40 m de longitud).
- 1 pala grande.
- 1 pala pequeña.
- 1 cinta adhesiva ancha (cinta de embalaje transparente).
- 6 marcadores permanentes punta fina (azul, negro).
- 1 regla (20cm).
- 1 martillo pequeño.
- 1 tabla (10x10X7) cm.
- 1 caja de guantes quirúrgicos.
- 1 *cooler*.
- 7 *Ice blue* o fundas de hielo.
- 10 fundas de basura grandes (para el sitio de trabajo).
- 1 paraguas.
- 1 laboratorio para análisis de suelo: pH, carbono orgánico total (COT expresado en %), materia Orgánica (MO expresado en %).
- 1 funda de *stickers* para codificación de las muestras.

Se utiliza parcelas de 10 metros de largo por 10 metros de ancho para el protocolo de muestreo en los sitios ya identificados en la Tabla 5, mientras que en las zanjas de infiltración y andenes se tomarán nuevas muestras simples de suelo repartidas tres en zona alta, tres en zona media y tres en zona baja.

Este procedimiento ha sido implementado y contrastado en diversos estudios en ecosistemas andinos, que incluyen el páramo. El tamaño de las parcelas, al ser relativamente pequeñas, asegura que su ubicación se emplace en un solo ecosistema o estrato ecológico, lo que da seguridad sobre la homogeneidad del sitio de muestreo.

PROTOCOLOS PARA EL MONITOREO DE SUELO

Las unidades de muestreo son parcelas permanentes (en el tiempo del estudio), cuadradas de 10 x 10 m, que constituyen verdaderas réplicas (estadísticamente independientes) que representan la variación de carbono en un ecosistema (influenciada por las características bióticas y abióticas como tipo de suelo, altitud, microclima, exposición, topografía, entre otras). La forma cuadrada de las parcelas es recomendada por su fácil establecimiento y menor probabilidad de cometer errores durante muestreos consecutivos (Calderón, Romero-Saltos, Cuesta, Pinto y Báez, 2013).

Cada parcela representa un universo, cada una con una superficie de 100 m²; esto se considera como antecedente metodológico: la experiencia del estudio realizado en los Ilinizas (peritaje ambiental, provincia de Cotopaxi, Ecuador), donde se realizaron 10 muestras de suelo por parcela. Este método se sustenta con la Guía para el Muestreo de Suelos del Ministerio del Ambiente de Perú, en la sección relacionada al número mínimo de puntos de muestreo. Indica que para determinar el número de muestras en relación a la superficie a muestrear y para una superficie de 0,1 ha se considera cuatro muestras. Sin embargo, en el estudio se incrementó el número de muestras a diez para una mayor representatividad (Ministerio del Ambiente de Perú, 2014).

La profundidad en la que se toma las muestras es de 0.10 m. Este valor tiene como referencia el uso probado en otros estudios de este tipo y la conocida ubicación del carbono en el primer estrato; se aplica la metodología para almacenamiento de agua y fijación de carbono (Flachier, Castro, Gortaire, Villarroel y Calderón, 2010).

Medición de humedad volumétrica

La humedad de suelo, entendida como la cantidad de agua que se ubica en los espacios intersticiales, es un parámetro importante para la investigación en áreas como manejo hídrico y agricultura, como también en modelos meteorológicos, entre otros estudios.

La medición de la humedad volumétrica parte de un volumen conocido, mediante la utilización de un cilindro metálico de 5 cm de diámetro por 5 cm de alto, para luego valorar su variación (Flachier, Castro, Gortaire, Villarroel y Calderón, 2010).

PROTOCOLOS PARA EL MONITOREO DE SUELO

Toma de muestra

Una vez identificado el sitio donde se recolectará las muestras, con la ayuda de las estacas metálicas, cuerda y flexómetro, se forma y delimita la parcela cuadrada de 10 m x 10 m.

La ubicación de la toma de cada muestra de suelo será al azar; luego se procede a retirar la capa vegetal y se deja al descubierto el suelo. Con la ayuda de una pala se excava un cubo de 20 cm de ancho, largo y profundo. Previo a la recolección de la muestra se procede a pesar *in situ* el cilindro vacío.

Con el cilindro se toma la muestra a 10 cm de profundidad, presionándolo contra el suelo, y así se llena por completo el volumen del cilindro. Una vez recolectada la muestra, ésta es pesada. La muestra recolectada es codificada y preservada a 4° C hasta que llegue al laboratorio para su correspondiente procesamiento (Flachier, Castro, Gortaire, Villarroel y Calderón, 2010).

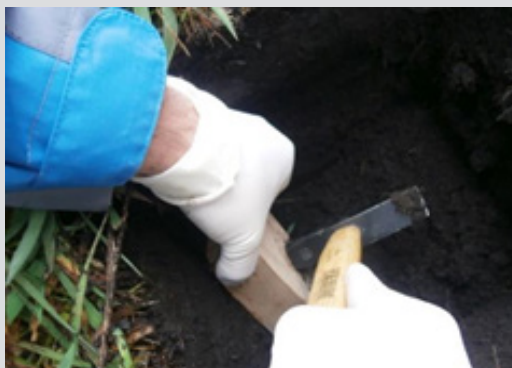


Figura 12. Pesaje de cilindro vacío, toma de muestra y pesaje de cilindro con muestra. Villarroel, 2018.

PROTOCOLOS PARA EL MONITOREO DE SUELO

Procesamiento de la muestra

La muestra de suelo, una vez que llega al laboratorio, se somete a un proceso de saturación con agua por un lapso de 48 horas. Para ello se debe tapar, por un solo lado del cilindro, con un pedazo de tela porosa o papel filtro que permita la absorción del agua, y se sujeta con la ayuda de una liga. Luego se introduce el mismo en otro recipiente de mayor volumen, en el cual se agregará agua hasta un centímetro menos de la altura total del cilindro.



Figura 13. Proceso de saturación de las muestras y secado. Villarroel, 2018.

Mediante este proceso se logra una saturación de la muestra con agua, ya que se debe asemejar al suelo en las condiciones a las que está naturalmente adaptado: como es el ecosistema páramo con frecuente presencia de precipitaciones

Después de transcurridas 48 horas del proceso de saturación, se retira la liga, el pedazo de tela porosa (o papel filtro) y se procede a pesar la muestra en la balanza, el peso obtenido corresponde al valor de (M_h) es decir peso húmedo. Después los cilindros son puestos en el secador a una temperatura de 105°C por 24 horas para evaporar por completo la cantidad de agua almacenada. Cuando se haya secado por completo la muestra es pesada de nuevo en la balanza y el valor a obtener es (M_s): que equivale a peso seco; como fue pesado el cilindro previo a tomar la muestra en campo: este valor se resta de los valores obtenidos anteriormente (M_h , M_s), y se obtiene el peso real de la muestra húmeda y seca.

PROTOCOLOS PARA EL MONITOREO DE SUELO



Figura 14. Muestras secas y pesaje. Villarroel, 2018.

Con los valores obtenidos se procede a realizar los cálculos correspondientes a densidad aparente (ρ) y humedad volumétrica (θ). La humedad volumétrica se expresa en gramos sobre gramos (g/g), donde el valor obtenido equivale al peso en gramos de agua de la muestra, para transformar el peso en volumen se aplica la relación $1\text{ g} = 1\text{ cm}^3$ porque la densidad específica del agua es 1 g/cm^3 y se puede realizar este cambio de unidades únicamente con el elemento agua; la misma que se encuentra almacenada en el cilindro que equivale a la expresión de medida de un peso a un volumen. (Flachier, Castro, Gortaire, Villarroel, y Calderón, 2010).

Toma de muestras para análisis en laboratorio

Las muestras de suelo que son recolectadas para los análisis de carbono orgánico total (COT), materia orgánica (MO) y potencial de hidrógeno (pH), se requiere de un mínimo de 100 gramos para su análisis en laboratorios. Las mismas son recolectadas en el mismo sitio donde se tomó la muestra con el cilindro para humedad volumétrica. Las muestras son codificadas y conservadas en el cooler con ice blue.



Figura 15. Apunte de información en campo y codificación de muestras de suelo para laboratorio. Villarroel, 2018

PROTOCOLOS PARA EL MONITOREO DE SUELO

HOJAS DE DATOS

Monitoreo de suelo en la microcuenca de Piuray-Ccorimarca

HOJA DE DATOS DE CAMPO				
HUMEDAD VOLUMÉTRICA CARBONO				
PROYECTO:				
PERSONA RESPONSABLE:				
LOCALIDAD:				
COORDENADAS:				
PTO. MUESTREO:		ALTITUD:		
FECHA:		HORA:		
Tº AMBIENTE:		CLIMA:		
PESOS DE MUESTRA PARA ALMACENAMIENTO DE AUGUA EN SUELO				
Peso del cilindro (g)		Peso de muestra + cilindro (g)		
Observaciones				
Para análisis en laboratorio				
pH				
Materia orgánica				
Carbono orgánico total				
OBSERVACIONES				

PROTOCOLOS PARA EL MONITOREO DE SUELO

Determinando de las características del suelo con otros métodos

Con el uso de nuestros sentidos, vamos a identificar el color, textura, presencia de humedad y materia orgánica del suelo.

Para determinar las características del suelo necesitamos:

- Guantes quirúrgicos.
- Hojas de registro (libreta de campo).
- Botella plástica transparente, marcada con marcador permanente cada tres centímetros.
- Un clavo ancho.
- Termómetro.
- Cronómetro.

Color

- a) Colores oscuros: significa que contiene materia orgánica, esto sucede por la presencia de elementos minerales como nitrógeno, fósforo y potasio. que consumen las plantas, en grandes cantidades (macroelementos).
- b) Colores claros: significa que tiene deficiencia de materia orgánica. La presencia en grandes cantidades de microelementos como hierro y aluminio envenenan al suelo. (Pillajo, 2002)

Textura

Para examinar la textura del suelo, es decir su capacidad de almacenar agua y saber si un suelo es suave (arenoso), duro (arcilloso) o mixto (franco), se realiza el siguiente trabajo manual: Se recoge un puñado del suelo desechado anteriormente para la toma de muestra, se desmenuza, se aumenta un poco de agua y se hace una “cinta” con las manos:

- a) Si la cinta se fractura con facilidad nos demuestra que es un suelo arenoso. Las partículas de este suelo son grandes y su espacio poroso también. Es un suelo cuyo esqueleto es muy suave y no almacena por mucho tiempo el agua y los minerales. (Pillajo, 2002)



Figura 15. Cinta se fractura con facilidad. Autores, 2018.

PROTOCOLOS PARA EL MONITOREO DE SUELO

- b) Si la cinta es fácil de enrollar para hacer una rosca, nos demuestra que es un suelo arcilloso, sus partículas son muy pequeñas y su espacio poroso también. Su esqueleto es duro para almacenar por más tiempo el agua y los minerales. (Pillajo, 2002)
- c) Si estiramos la cinta que estaba hecho rosca y o se rompe, nos indica un suelo franco, cuyas partículas no son ni demasiado grandes ni pequeñas, y cuyo espacio poroso es ideal para almacenar cantidades adecuadas de agua y nutrientes para plantas.

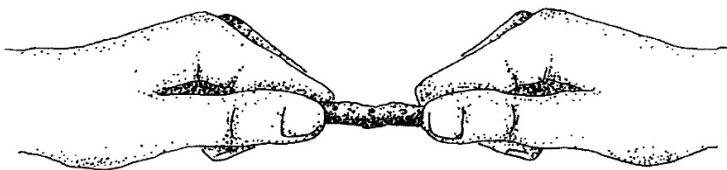


Figura 16. Cinta que se enrolla fácilmente
Pillajo, 2002.

Presencia de humedad

Tomamos un puñado de tierra de la que se desechó para la recolección de la muestra, y formamos una figura en la mano. Esto nos permitirá conocer la cantidad aproximada de agua que contiene el suelo:

- a) Si apretamos con fuerza la figura entre la mano y chorrea agua, es porque la tenemos en exceso.
- b) Si no chorrea, pero alrededor de la figurita hay humedad y no se resquebraja, decimos que la presencia de humedad es normal. (Pillajo, 2002)
- c) Si no se moja la mano, y es difícil formar la figura decimos que a este suelo le falta agua.



Figura 17. Exceso de agua en el suelo. Pillajo, 2002.



Figura 18.
Presencia de humedad normal.
Pillajo, 2002.



Figura 19:
Suelo con falta de agua.
Pillajo, 2002.

PROTOCOLOS PARA EL MONITOREO DE SUELO

Identificación de presencia de materia orgánica

Al tomar un puñado de tierra al olerlo podemos reconocer las siguientes características:

- Si no tiene ningún olor extraño, es decir “huele a tierra” decimos que su contenido de materia orgánica es ideal.
- Si tiene un olor diferente: a “fierro” o “de mal olor”, puede ser por falta de oxígeno que permita la descomposición de materia orgánica.
- Si huele a arena (“olor salado”), es porque le falta materia orgánica. (Pillajo, 2002)



Figura 20: Oler la tierra se reconoce sus características. Pillajo, 2002.

Medición de permeabilidad del suelo in situ

- Utilizamos para la toma de muestra la zanja de infiltración.
- Dentro de la fosa de infiltración se hace un pequeño excavación de 10 cm de profundidad.
- Medimos la altura de la botella plástica que debe ser transparente y con capacidad de un litro, con un marcador permanente y la ayuda de la cinta métrica dividimos a la botella cada 5cm. Llenamos una botella plástica por completo con agua.
- Colocamos la botella boca abajo en el fondo de la fosa y con la ayuda del cronómetro en un tiempo determinado, sabremos cuánta agua se filtró. Mediante la observación de la graduación que se hizo en la botella, se ve cuánto líquido se filtró. El valor a obtener de permeabilidad será en centímetros / minutos, pero se expresará en metros / segundo.

$$\left(\frac{m}{s} \right)$$



Figura 21: Medición de la permeabilidad in situ. Autores, 2018.

PROTOCOLOS PARA EL MONITOREO DE SUELO

Medición de temperatura del suelo in situ

En el Campo

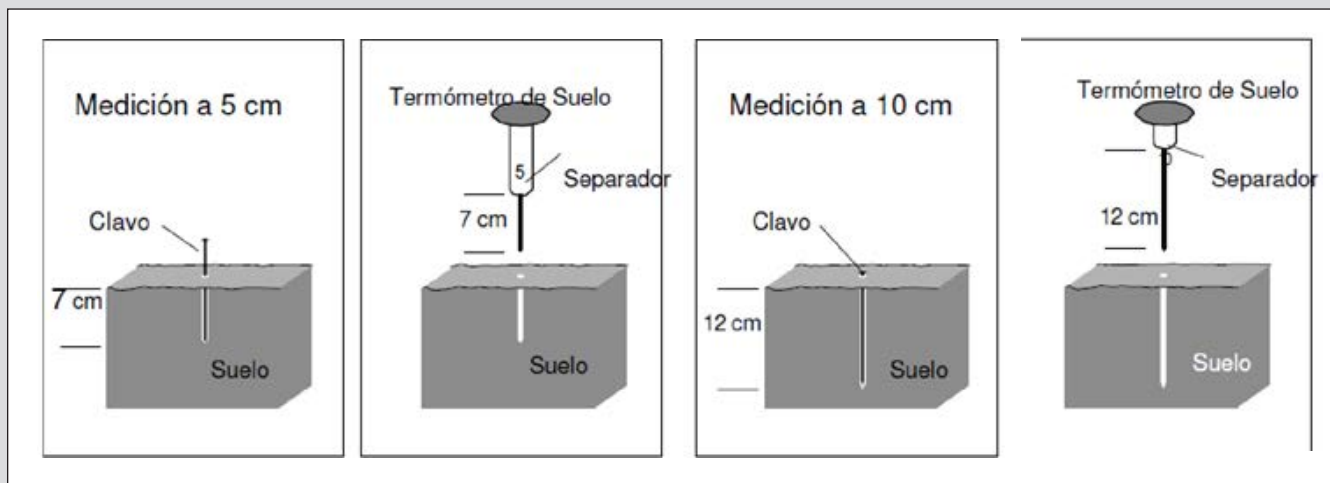


Figura 22: Medición de la temperatura del suelo. GLOBE, 2005.

1. Ubicar el punto de muestreo
2. Utilizar el clavo para hacer un agujero piloto de 5 cm de profundidad para el termómetro. Si el suelo es muy firme y es necesario utilizar un martillo, hacer un agujero de 7 cm de profundidad. Sacar el clavo con cuidado para alterar el suelo lo menos posible.
3. Desenroscarlo al tirar de él sirve de ayuda. Si el suelo se resquebraja se intentará de nuevo a 25 cm de distancia.
4. Insertar el termómetro por el separador largo, de tal manera que sobresalgan 7 cm del termómetro. El cuadrante debe estar pegado a la parte superior del separador.
5. Introducir el termómetro en el suelo.
6. Esperar 2 minutos. Registrar la temperatura y el tiempo en la libreta de campo.
7. Esperar 1 minuto. Registrar la temperatura y el tiempo en la libreta de campo.
8. Si entre ambas lecturas hay una diferencia de máximo $1,0^{\circ}\text{C}$, registrar este valor y el tiempo en la Hoja de Datos del Suelo como lectura a 5 cm. Si la diferencia es mayor, continuar tomando la temperatura a intervalos de 1 minuto hasta que las dos lecturas consecutivas tengan una diferencia de $1,0^{\circ}\text{C}$ como máximo.

PROTOCOLOS PARA EL MONITOREO DE SUELO

9. Retirar el termómetro del agujero, si el suelo es blando no será necesario utilizar un martillo.
10. Utilizar el clavo para hacer más profundo el agujero (10 cm). Si es necesario utilizar un martillo, hacer el agujero de 12 cm de profundidad.
11. Reemplazar el separador largo por el corto de tal manera que sobresalgan 12 cm del termómetro. Introducir el termómetro en el agujero hasta que su punta esté a 12 cm por debajo de la superficie.
12. Esperar 2 minutos. Registrar la temperatura y el tiempo en la libreta de campo.
13. Esperar 1 minuto. Registrar la temperatura y el tiempo en la libreta de campo.
14. Si entre ambas lecturas hay una diferencia de máximo 1,0° C, registrar este valor y el tiempo en la Hoja de Datos de Temperatura del Suelo como lectura a 10 cm.
15. Si la diferencia es mayor, continuar tomando la temperatura en intervalos de 1 minuto hasta que las dos lecturas consecutivas tengan una diferencia de 1,0 °C como máximo.
16. Repetir los pasos 2 al 14 para 2 agujeros más a 25 cm de distancia del primer agujero. Registrar estos datos en la Hoja de Datos de Suelo como medición a 2, 5 y 10 cm y a 3, 5 y 10 cm. Estas tres series de mediciones se deben hacer en un periodo de máximo 20 minutos.
17. Limpiar todo el equipo.

PROTOCOLOS PARA EL MONITOREO DE SUELO

HOJAS DE DATOS

Monitoreo de suelo en la microcuenca de Piuray-Ccorimarca

SUELO	Código muestra:	Fecha:	Hora:
(Datos de campo)			
Registro de punto de muestreo con GPS (UTM):			
Norte:		Este:	
Altitud registrada por GPS:			
Parámetros de Campo:			
Temperatura ambiente:	Presencia de precipitaciones:	Color:	
..... °C	Si: <input type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/>	Oscuro: <input type="checkbox"/> Claro: <input type="checkbox"/>	
Textura:	Presencia de humedad:	Presencia de materia orgánica:	
Arenoso: <input type="checkbox"/>	Exceso: <input type="checkbox"/>	Huele a tierra: <input type="checkbox"/>	
Arcilloso: <input type="checkbox"/>	Normal: <input type="checkbox"/>	Tiene mal olor: <input type="checkbox"/>	
Franco: <input type="checkbox"/>	Carece: <input type="checkbox"/>	Olor salado: <input type="checkbox"/>	
Observaciones:	Croquis:		
Presencia de excretas: <input type="checkbox"/>			
Temperatura del suelo: °C			
Otros:			
.....			
.....			
		Preservación de la muestra (cooler):	
	 °C	
Parámetros analizar en laboratorio:	Permeabilidad del suelo en (m/s)	Nombre de quien toma la muestra:	
pH	Longitud:..... (cm)	
Materia orgánica	Tiempo:.....s		

PROTOCOLOS PARA EL MONITOREO DE SUELO

Protocolos para el muestreo con macroinvertebrados

Para el muestreo de macroinvertebrados acuáticos se requiere los siguientes equipos y materiales:

- Protección personal (botas, traje para agua, chalecos salvavidas en especial en cuerpos hídricos muy corrientosos y profundos).
- Redes de muestreo (tipo D net).
- Bandejas blancas (mínimo 20 x 30 cm).
- Pinzas entomológicas.
- Frascos de plástico con tapón hermético de $\frac{1}{4}$ de litro como mínimo.
- Viales de plástico (para el recojo de ejemplares aislados).
- Marcador permanente (para etiquetar las muestras).
- Etiquetas de papel vegetal u otro resistente a la humedad.
- Lápiz, tijeras, cinta aislante.
- Tamiz.
- Lupas.
- Cámara digital.
- Alcohol concentración al 70 %.
- Hojas de campo y cartografía. (Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Museo de Historia Natural, Ministerio del Ambiente de Perú, 2014).



Figura 23: Herramientas y materiales para el muestreo de macroinvertebrados, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Museo de Historia Natural, Ministerio del Ambiente de Perú, 2014.

PROTOCOLOS PARA EL MONITOREO DE SUELO

Para la recolección de macroinvertebrados, es necesario determinar un tramo de aproximadamente 100m, que es el tramo donde se barrera con la ayuda de la red D net. Es importante durante la recolección explorar cuidadosamente cada uno de los hábitats posibles en a lo largo del desarrollo del muestreo, incluye el sustrato de fondo: piedra, arena, lodo, restos de vegetación, macrófitas acuáticas (flotantes, emergentes y sumergidas), raíces sumergidas de árboles y sustratos artificiales (restos de basura que puedan estar presentes, diques, entre otros). El tiempo para la recolección de macroinvertebrados puede durar de 20 a 5 minutos, se recomienda no realizar la recolección de macroinvertebrados con presencia de precipitaciones. (Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Museo de Historia Natural, Ministerio del Ambiente de Perú, 2014)



Figura 24: Sustrato de fondo, LEA-USFQ, 2011.

Los macroinvertebrados pueden vivir en

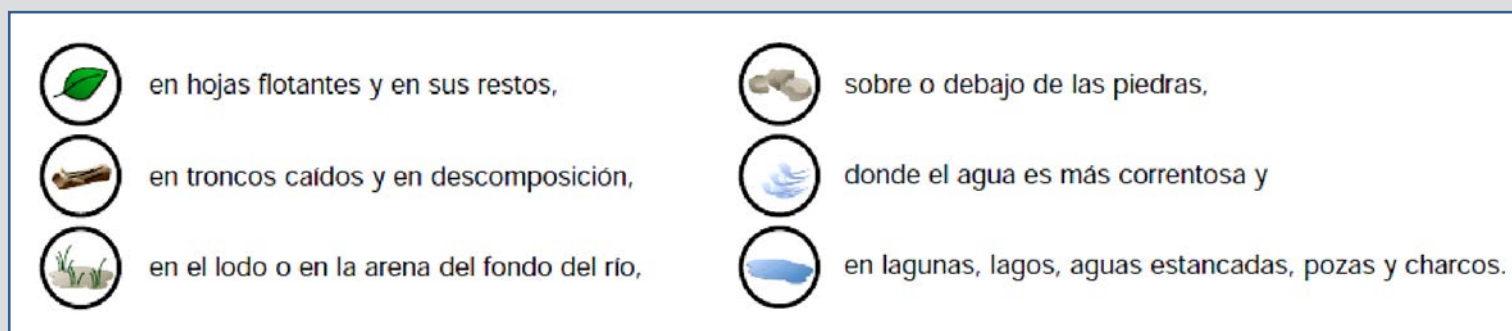


Figura 25: hábitat de los macroinvertebrados. Carrera y Fierro, 2001.

PROTOCOLOS PARA EL MONITOREO DE SUELO

Pasos para recolección de macroinvertebrados

Pasos a seguir

1. Colócate unas botas de caucho y entra al río con la red.
2. Coloca la red delante de ti apoyada en el fondo del río, con el cono en sentido de la corriente.
3. Empieza a zapatear el fondo del río, movilizándote río arriba, tratando de atrapar con la red los sedimentos que se levantan con la patada. Esto hazlo por 5 minutos.
4. Coloca todo lo recolectado por la red en la bandeja blanca que contenga un poco de agua transparente.
5. Retira de la bandeja los materiales más grandes recogidos, como piedras, troncos, hojas, cuidando de no perder ningún macroinvertebrado.
6. Atrapa los macroinvertebrado con las pinzas y sepáralos en la otra bandeja blanca. A cada macroinvertebrado trata de reconocerlo con la ayuda de las *claves* que se encuentran al final del manual, donde están dibujadas las diferentes variedades. Apóyate con una lupa para verlos mejor. (Flachier y Vásquez, La salud de nuestras fuentes de agua. Manual simple de monitoreo de aguas para las comunidades de Ozogoché, provincia de Chimborazo - Ecuador, 2006)



Figura 26: recolección de macroinvertebrados.
Flachier y Vásquez, 2006

PROTOCOLOS PARA EL MONITOREO DE SUELO

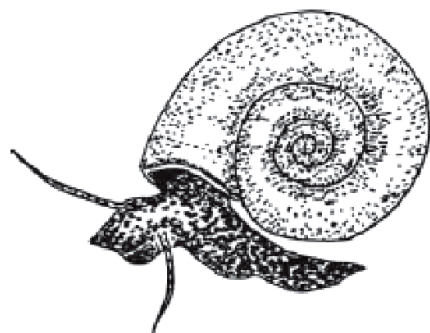
Claves para reconocimiento de los macroinvertebrados y calificación

FAMILIA: PLANORBIDAE

Phylum
Mollusca

Clase
Gasteropoda

Orden
Basommatophora



Se caracterizan por tener una concha en espiral plana.

Hábitat: Se encuentran en una amplia variedad de hábitats como ríos, arroyos, lagos y lagunas. Evitan zonas de rápidos y cascadas y suelen encontrarse en la vegetación periférica.

Puntaje ABI: 3

CLASE: BIVALVIA

Los bivalvos incluyen a los organismos que se conocen comúnmente como almejas. La gran mayoría de especies son marinas, pero existen especies que se han adaptado a la vida en el agua dulce.

Biología: Se caracterizan por tener dos valvas (conchas) que por lo general son simétricas. Éstas están articuladas para cerrarse o abrirse según la necesidad. A diferencia de otros moluscos, los bivalvos tienen un pie modificado o reducido, dependiendo del hábito de la especie. Los bivalvos presentan una gran variedad de

formas, colores y tamaños según la especie. Algunas especies son bastante pequeñas (1cm), mientras que otras pueden alcanzar los 150 cm.

Ecología: Generalmente se los encuentra enterrados en sustratos blandos. Otras especies se adhieren a superficies duras como piedras. Se alimentan filtrando el agua.

PROTOCOLOS PARA EL MONITOREO DE SUELO

FAMILIA: SPHAERIIDAE

Phylum
Mollusca

Clase
Bivalvia

Orden
Veneroida



ORDEN: AMPHIPODA

Este grupo pertenece a la subclase de crustáceos Malacostraca. La mayoría de estos organismos se encuentran en el mar aunque algunas especies son dulceacuícolas. En el mundo existen alrededor de 800 especies que viven en aguas dulces. Se los conoce comúnmente como camarones de agua dulce.

Biología: Tienen el cuerpo comprimido lateralmente, y dividido en 13 segmentos que se pueden agrupar en cabeza-tórax-abdomen. En el primer segmento torácico se encuentra la cabeza con un par de antenas y ojos bien desarrollados. Presentan agallas

Esta familia se caracteriza por tener valvas frágiles y pequeñas (menos de 10 mm).

Tienen forma redondeada-ovalada.

Hábitat: Se pueden encontrar en el sustrato de ríos, lagos, arroyos y lagunas.

Puntaje ABI: 3

en sus segmentos torácicos. Su tamaño depende de la disponibilidad de oxígeno disuelto en el agua, entre menos oxígeno más pequeña la especie.

Ecología: Se encuentran usualmente en la periferia bentónica de los cuerpos de agua, en una variedad de hábitats como lagos, lagunas, arroyos, y ríos. Estos organismos no son tolerantes a la contaminación. La mayoría de especies son detritívoras.

PROTOCOLOS PARA EL MONITOREO DE SUELO

FAMILIA: HYALELLIDAE

Phylum
Arthropoda

Clase
Malacostraca

Orden
Amphipoda



Este género se caracteriza por tener un telson (último segmento antes de la cola) entero y por tener un par de apéndices en cada segmento del tórax. Miden desde 2,5 a 20 mm. Los machos pueden diferenciarse por tener la segunda pata notoriamente mayor que las demás.

Hábitat: Se pueden encontrar en lagos, charcas, ríos, manantiales y hasta en aguas subterráneas.

Puntaje ABI: 6

CLASE: OSTRACODA

Phylum
Arthropoda



Estos organismos parecen semillas y están cubiertos por dos valvas. No existe segmentación excepto por dos pares de antenas, mandíbulas y maxilas en la región cefálica. Son pequeños, y rara vez sobrepasan los 3 mm de longitud.

Hábitat: Se encuentran en una amplia variedad de ambientes desde aguas lólicas y lénticas y prefieren vivir sobre la vegetación, algas, lodo, cascajo, detritos o raíces.

Puntaje ABI: 3

PROTOCOLOS PARA EL MONITOREO DE SUELO

NOMBRE COMÚN	GRUPO TAXONÓMICO	PRESENCIA
Planarias	TURBELLARIA	
Sanguijuelas	HIRUDINEA	
Lombrices de agua	OLIGOCHAETA	
Ácaros de agua	HYDRACARINA	
Igarranes	NEUROPTERA (MEGALOPTERA)	
Larvas de fríganos	TRICHOPTERA	
Larvas de efímeras	EPHEMEROPTERA	
Larvas de mosca de la piedra	PLECOPTERA	
Libélulas o cortapelos	ODONATA - Anisoptera	
Libélulas o cortapelos	- Zygoptera	
Chinches o cigarritas	HEMIPTERA - Naucoridae	
Patinadores	- Veliidae	
Larvas de escarabajos	COLEOPTERA - Elmidae	
Larvas de escarabajos	- Ptylodactilidae	
Escarabajos de agua	- Adultos	
Larvas de mosquito	DIPTERA - Chironomidae	
Larvas de mosquito	- Ceratopogonidae	
Larvas de moscas	- Tipulidae	
Larvas de jején	- Simuliidae	
Larvas de moscas, mosquitos	- Otros	
Oruga acuática de mariposa	LEPIDOPTERA	
Camaroncillos	CRUSTACEA - Amphipoda	
Caracoles y conchas	MOLLUSCA	
Número de "X"		
Calidad del agua Anotar la calidad de agua según la tabla siguiente		

NÚMERO DE GRUPOS TAXONÓMICOS	EVALUACIÓN DEL ESTADO DE SALUD DEL RÍO	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA
8 o más	Río sano	Agua sin contaminantes
5 - 7	Río medio sano	Agua poco contaminada
1 - 4	Río enfermo	Agua contaminada
0	Río muerto	Agua demasiado contaminada

