

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“DISEÑO DE SISTEMA DE MONITOREO HIDROLÓGICO PARA
MEDIR EL IMPACTO DE INTERVENCIONES EN
INFRAESTRUCTURA NATURAL EN LA CUENCA CAÑETE”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÍCOLA**

ANDREA LIZÁRRAGA ROSSELL

LIMA – PERÚ

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

**“DISEÑO DE SISTEMA DE MONITOREO HIDROLÓGICO PARA
MEDIR EL IMPACTO DE INTERVENCIONES EN INFRAESTRUCTURA
NATURAL EN LA CUENCA CAÑETE”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERA AGRÍCOLA

Presentado por:

ANDREA LIZÁRRAGA ROSSELL

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

Dr. ABSALÓN VÁSQUEZ VILLANUEVA
Presidente

Mg. Sc. TORIBIO SEBASTIÁN SANTAYANA VELA
Miembro

Arq. TAICIA HELENA NEGRIN MARQUES
Miembro

Dr. EDUARDO ABRAHAM CHÁVARRI VELARDE
Asesor

LIMA – PERÚ

2020

ÍNDICE GENERAL

I. PRESENTACIÓN	1
II. INTRODUCCIÓN.....	4
III. OBJETIVOS	6
3.1. Objetivo general	6
3.2. Objetivos específicos.....	6
IV. DESARROLLO DEL TRABAJO.....	7
4.1. Caracterización de la cuenca	8
4.1.1. Características generales	8
4.2. Consideraciones principales	21
4.2.1. Priorización de servicios ecosistémicos y zonas de interés.....	21
4.2.2. Metodología de monitoreo hidrológico.....	24
4.2.3. Ubicación de las intervenciones en la cuenca	26
4.2.4. Ámbito de administración de la RPNYC	26
4.3. Microcuencas pares para monitoreo.....	27
4.3.1. Segregación por ecosistemas.....	28
4.3.2. Identificación de microcuencas pares	31
4.4. Variables e indicadores del monitoreo	42
4.4.1. Variables.....	42
4.4.2. Indicadores	43
4.5. Objetivos específicos del monitoreo, preguntas de investigación y propuesta de respuestas.....	45
4.5.1. Objetivos específicos del monitoreo	45
4.5.2. Preguntas de investigación y respuestas a partir de indicadores	45
4.6. Diseño de estaciones	48
4.6.1. Estaciones de aforo.....	49
4.6.2. Estaciones pluviométricas	53
4.6.3. Dimensionamiento de vertederos	56
4.7. Ubicación de estaciones	62
4.8. Plan de operación y retroalimentación del sistema	64
4.9. Propuesta de implementación.....	65
4.10. Contribución, competencias y beneficio	66

4.10.1. Contribución en solución de situaciones problemáticas presentadas.....	66
4.10.2. Análisis de contribución, en términos de competencias y habilidades adquiridas durante la formación profesional	67
4.10.3. Beneficio obtenido de la contribución a solución de situaciones problemáticas	68
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
5.1. Conclusiones	71
5.2. Recomendaciones.....	72
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
VII. ANEXOS	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Caracterización de actores presentes en la cuenca Cañete	14
Tabla 2: Clasificación distrital de las intervenciones	15
Tabla 3: Caracterización de microcuencas pares 1 y 2.....	34
Tabla 4: Caracterización de microcuencas pares 3 y 4.....	36
Tabla 5: Caracterización de microcuencas pares 5 y 6.....	37
Tabla 6: Caracterización de microcuencas pares 7 y 8.....	41
Tabla 7: Métodos directos e indirectos para obtención de variables	42
Tabla 8: Resumen de indicadores propuestos	44
Tabla 9: Objetivos específicos del monitoreo para cada par de microcuencas	45
Tabla 10: Preguntas, indicadores y respuestas de regulación hídrica relacionadas a los ecosistemas pastizal y bofedal	46
Tabla 11: Preguntas, indicadores y respuestas de rendimiento hídrico relacionadas a los ecosistemas pastizal y bofedal	47
Tabla 12: Preguntas, indicadores y respuestas de regulación hídrica relacionadas al ecosistema bosque de queñual	47
Tabla 13: Preguntas, indicadores y respuestas de rendimiento hídrico relacionadas al ecosistema bosque de queñual	48
Tabla 14: Equipamiento para estaciones de aforo	50
Tabla 15: Equipamiento para estaciones pluviométricas	54
Tabla 16: Caudales de diseño	59
Tabla 17: Características del dimensionamiento de vertederos por grupos de diseño	60
Tabla 18: Características del emplazamiento por grupos de diseño.....	61
Tabla 19: Descripción de actores en la cuenca.....	84
Tabla 20: Inventario de estaciones meteorológicas e hidrológicas en la cuenca Cañete al 03/07/2019	86
Tabla 21: Inventario del estado de conservación de los ecosistemas al 03/07/2019.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema del desarrollo del trabajo	7
Figura 2: Hidrograma de caudales del río Cañete	10
Figura 3: Cobertura vegetal en la cuenca Cañete	11
Figura 4: Distribución a nivel distrital de intervenciones en la cuenca Cañete.....	16
Figura 5: Ubicación de intervenciones en el distrito de Madeán	17
Figura 6: Ubicación de intervenciones en los distritos de Yauyos y Huantán	17
Figura 7: Ubicación de intervenciones en el distrito de Laraos	18
Figura 8: Ubicación de intervenciones en los distritos de Carania y Miraflores.....	18
Figura 9: Ubicación de intervenciones en los distritos de Miraflores y Alis	19
Figura 10: Ubicación de intervenciones en los distritos de Alis y Tomas	19
Figura 11: Ubicación de intervenciones en los distritos de Huancaya y Tanta.....	20
Figura 12: Consideraciones principales para el diseño del sistema de monitoreo hidrológico	21
Figura 13: Producción del promedio multianual por cada Unidad de Respuesta Hidrológica – URH	23
Figura 14: Metodología de cuencas pareadas.....	26
Figura 15: Ámbito disponible para el monitoreo en la cuenca Cañete.....	27
Figura 16: Esquema de procedimiento para la selección de microcuencas pares	28
Figura 17: Intervenciones en pastizal y bofedal para el ámbito de la RPNYC en la cuenca Cañete	29
Figura 18: Revegetación con especies nativas (izquierda), Cercado bofedal (derecha)	29
Figura 19: Construcción de diques (izquierda), canales de distribución (derecha).....	30
Figura 20: Intervenciones en bosque para el ámbito de la RPNYC dentro de la cuenca Cañete	30
Figura 21: Vivero forestal (izquierda), Zona destinada a reforestación (derecha)	31
Figura 22: Ortofoto de zona de interés (izquierda), levantamiento fotogramétrico (derecha).....	32
Figura 23: Intervenciones en pastizal y bofedal del Grupo I.....	33
Figura 24: Intervenciones en pastizal y bofedal del Grupo II	33
Figura 25: Delimitación de microcuenca 1: Yanacancha y microcuenca 2	35
Figura 26: Delimitación de microcuenca 3: Paraco y microcuenca 4	36

Figura 27: Delimitación de microcuenca 5: Chumpes y microcuenca 6: Huasca.....	38
Figura 28: Cobertura de bosque de lloque y karkac en la cuenca Cañete – RPNYC.....	39
Figura 29: Cobertura de bosque de Queñual en la cuenca Cañete – RPNYC.....	40
Figura 30: Delimitación de microcuenca 7: Sacata y microcuenca 8: Shajtura	41
Figura 31: Ejemplo de estaciones en cuencas pares	49
Figura 32: Componentes de las estaciones de aforos	49
Figura 33: Propuesta para emplazamiento de estaciones de aforo	51
Figura 34: Componentes de estaciones pluviométricas.....	53
Figura 35: Ubicación de estaciones meteorológicas SENAMHI (1986 – 2016).....	57
Figura 36: Precipitación y caudal instantáneo mensual máximo por microcuenca.....	58
Figura 37: Precipitación y caudal instantáneo mensual mínimo por microcuenca	58
Figura 38: Dimensionamiento de vertedero	60
Figura 39: Ejemplo de ficha de vertedero para grupo de diseño III - Microcuenca 3: Paraco.....	62
Figura 40: Ejemplo de procedimiento para ubicación de estaciones de aforo y pluviométricas para la Microcuenca 5	63
Figura 41: Ubicación de estaciones pluviométricas y de aforo en microcuencas 1 y 2 (izquierda) y microcuencas 3 y 4 (derecha)	63
Figura 42: Ubicación de estaciones pluviométricas y de aforo en microcuencas 5 y 6 (izquierda) y microcuencas 7 y 8 (derecha)	64
Figura 43: Esquema del cronograma de instalación.....	65
Figura 44: Mapa político de distritos en la cuenca Cañete.....	77
Figura 45: Mapa altitudinal de la cuenca Cañete	78
Figura 46: Delimitación de subcuencas del río Cañete	79
Figura 47: Mapa de capacidad de uso mayor de la tierra AAA Cañete - Fortaleza	80
Figura 48: Mapa de áreas prioritarias para la restauración de paisajes en el departamento de Lima.....	81
Figura 49: Mapa de accesos, rutas de patrullaje de la RPNYC y puestos de control y vigilancia de la RPNYC.....	82
Figura 50: Mapa de unidades hidrográficas menores en la cuenca Cañete	83

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: MAPAS.....	77
Anexo 2: TABLAS.....	84

I. PRESENTACIÓN

El presente trabajo monográfico para titulación por suficiencia profesional está basado en la consultoría desarrollada para y supervisada por Enertek S.A.C (EnerTek) entre marzo y septiembre de 2019, denominada “Elaboración del Diseño de un Sistema de Monitoreo Hidrológico en la Cuenca del Río Cañete”. La consultoría fue encargada a EnerTek por el proyecto Infraestructura Natural para la Seguridad Hídrica (INSH).

El proyecto INSH fue es ejecutado por Forest Trends Association (Forest Trends), el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN), la Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA), EcoDecisión e investigadores del Imperial College London y busca contribuir a la seguridad hídrica para las personas, promoviendo acciones de conservación, restauración y recuperación de los ecosistemas a nivel nacional para reducir los riesgos hídricos como sequías, inundaciones y contaminación del agua (Forest Trends, 2019).

En la cuenca media y alta de río Cañete existen diversos actores, entre ellos: instituciones públicas, población local, instituciones de apoyo o cooperación, empresas privadas y empresas prestadoras de servicios; los cuales han venido desarrollando actividades en pro de la conservación y restauración de los servicios que los ecosistemas (principalmente, bofedales, pastizales y bosques) brindan, mediante acciones tales como: reforestación, manejo de pastoreo, clausura de humedales, construcción de zanjas de infiltración, entre otras. Estas actividades, que para fines del estudio han sido denominadas como “intervenciones”, buscan no solo mejorar el estado de los ecosistemas altoandinos, sino también las condiciones de vida de los grupos comunitarios y su entorno.

El estudio desarrolló un sistema que permitirá medir, recolectar, organizar y sistematizar variables (nivel, caudal y precipitación) que se emplean para el cálculo de indicadores, que a través de preguntas de investigación permitirán conocer el impacto hidrológico de las intervenciones que se vienen ejecutando.

El estudio se realizó en tres fases. La primera consistió en la elaboración de un Plan de Trabajo, que fue presentado en mayo del 2019 en la comunidad de Laraos ante algunos actores de la cuenca Cañete que conforman la Plataforma de Buena Gobernanza MERESE-Cañete. La presentación del Plan tenía como objetivo exponer las actividades a desarrollar, metodologías a seguir, plantear el cronograma de salidas de campo, así como establecer relaciones con los actores asistentes, dado que su participación era de gran importancia para el planteamiento del sistema de monitoreo ya que mediante ellos se venían desarrollando las intervenciones sobre las que el sistema de monitoreo debía de ser planteada.

La segunda fase se centró en la caracterización de la cuenca e intervenciones a partir de fuentes primarias (trabajo de campo y reuniones) y fuentes secundarias (publicaciones existentes, base de datos disponible, etc.); como parte de esta fase se presentó un primer informe.

La tercera fase consistió en el desarrollo específico del sistema de monitoreo incluyendo: identificación de sitios de monitoreo mediante la metodología de cuencas pareadas, selección de variables e indicadores, desarrollo de preguntas de investigación, levantamiento fotogramétrico de las zonas de interés, diseño de estaciones de aforos y pluviométricas, propuesta de gestión del sistema, propuesta para la implementación y costos. Esta fase incluyó la elaboración de un segundo informe y la presentación del sistema ante la Plataforma de Buena Gobernanza MERESE-Cañete, conformada por los diversos actores que intervienen en la cuenca, entre ellos: el Ministerio del Ambiente (MINAM), representado por la Dirección General de Economía y Financiamiento Ambiental, la Empresa Prestadora de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado (EPS) EMAPA Cañete, el Proyecto MERESE-FIDA, el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas (RPNYC), el Patronato de la RPNYC, la Junta de Usuarios de Riego de Cañete y el Instituto de Montaña; en esta reunión el sistema fue aprobado y se encuentra en proceso para su implementación.

La monografía desarrollada describe las actividades llevadas a cabo dentro del ejercicio de la profesión de ingeniería agrícola orientadas a la aplicación de conceptos y herramientas para el diseño de infraestructura hidráulica y de manejo y gestión de cuencas hidrográficas; en aplicación de las competencias adquiridas durante los estudios universitarios tales como: identificación de la importancia del trabajo en equipos multidisciplinarios, comunicación de conocimientos y experiencias hacia diferentes interlocutores y contribución en la solución de necesidades de la sociedad, considerando la importancia de la preservación y mejora del medio ambiente.

El trabajo abordó temas de gestión integrada de los recursos hídricos pues el objetivo de las intervenciones se encuentra orientado a promover el manejo y aprovechamiento coordinado del agua con la finalidad de potenciar a un mayor nivel el bienestar social y económico resultante y contempla la participación de los principales actores de uso y conservación del agua (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2013a). Se trataron, además, los tópicos de hidráulica e hidrología para el diseño de vertederos, estimación de caudal de las quebradas, emplazamiento de las estaciones pluviométricas y de aforo, identificación de microcuencas pares y delimitación de éstas. Así mismo, se incluyeron temas de diseño para el planteamiento 3D de las estaciones de aforo y pluviométricas; así como de percepción remota y SIG en la elaboración de diversos mapas temáticos y planificación de los trabajos. Finalmente, se desarrollaron tópicos de topografía a partir del uso de tecnología RPA para la generación de orto mosaicos y modelos de elevación digital (DEM) de las zonas de interés.

II. INTRODUCCIÓN

Las obras de ingeniería en infraestructura gris juegan un papel importante en la provisión y tratamiento del recurso hídrico, específicamente en los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento. Sin embargo, la sostenibilidad de estos servicios depende, además, de otro tipo de infraestructura basada en los ecosistemas y los servicios que estos proveen a favor de la seguridad hídrica. Este tipo de infraestructura denominada “infraestructura natural”, es la base de los medios de vida de las poblaciones más vulnerables al igual que el sustento de las actividades económicas (León, 2016).

En el Perú, el 2014 se aprobó la Ley N° 30215, Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos, que incorporó entre otros conceptos importantes, una disposición que autoriza a las entidades públicas a recaudar recursos económicos que luego serán asignados para la inversión en proyectos de recuperación y mantenimiento de ecosistemas. En adición a ello, durante los últimos años se viene dando una transformación en la visión de las decisiones que se toman respecto al agua por parte del gobierno y entidades no gubernamentales. Es así como se puede evidenciar un incremento en la inversión anual en infraestructura natural pues se reconoce que puede ahorrar costos y disminuir riesgos en la gestión del agua (Forest Trends, 2019).

La implementación de iniciativas de conservación con énfasis en los recursos hídricos revela muchas limitaciones técnicas, principalmente, debido a la falta de conocimiento sobre los procesos hidrológicos y los impactos de las prácticas humanas sobre el recurso agua en ecosistemas andinos (Céleri *et al.*, 2012).

En tal sentido, el sistema de monitoreo permitirá conocer el impacto hídrico de las intervenciones que se vienen desarrollando en la cuenca Cañete. La información a generar será de utilidad para los diversos actores de la cuenca, que hacen uso del recurso hídrico (EPS, Central Hidroeléctrica, instituciones no gubernamentales, población emplazada en la parte media-alta de la cuenca, entre otros) apoyando la toma de decisiones respecto a la gestión del agua, por ejemplo, sobre qué tipo de intervenciones priorizar con los fondos de la retribución por servicios ecosistémicos hídricos.

III. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de monitoreo hidrológico que permita medir el impacto de las acciones de conservación y recuperación de la infraestructura natural en el servicio ecosistémico hídrico en la parte alta de la cuenca del río Cañete.

3.2. Objetivos específicos

- Caracterización de las diferentes intervenciones de conservación y recuperación del servicio ecosistémico hídrico que vienen desarrollando los actores en la cuenca.
- Identificación de sitios de monitoreo de acuerdo con metodología de microcuencas pareadas y condiciones propias de la gestión de la cuenca.
- Propuesta de variables e indicadores a nivel de impacto para el sistema de monitoreo.
- Diseño de estaciones de monitoreo (de aforos y pluviométricas) incluyendo ubicación, dimensionamiento, equipamiento, emplazamiento, materiales, instalación, mantenimiento, operación, verificación y calibración.

IV. DESARROLLO DEL TRABAJO

El diseño del sistema de monitoreo hidrológico se realizó en tres fases. La primera fase consistió en la elaboración de un Plan de Trabajo cuyo objetivo fue el planteamiento de la ruta a seguir para el desarrollo del estudio. La segunda fase comprendió principalmente la caracterización de la cuenca e intervenciones. La tercera fase consistió en el desarrollo específico del sistema de monitoreo (identificación de sitios de monitoreo, selección de variables e indicadores, preguntas de investigación, diseño de estaciones de aforos y pluviométricas, gestión del sistema, propuesta para la implementación y costos). En la Figura 1 se esquematiza el planteamiento del trabajo.

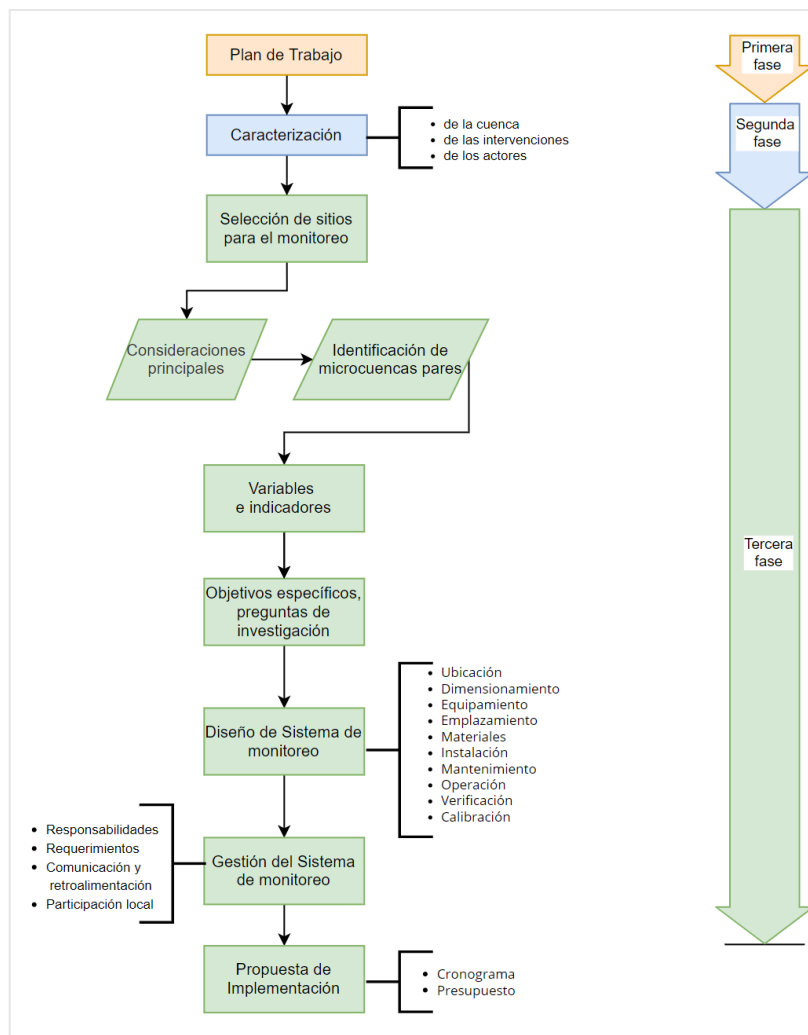


Figura 1: Esquema del desarrollo del trabajo

4.1. Caracterización de la cuenca

La segunda fase del desarrollo del sistema de monitoreo consistió en:

- Caracterización de la cuenca en función de:
 - División política y gestión de los recursos hídricos.
 - Características meteorológicas, hidrológicas y fisiográficas.
 - Accesos y puestos de vigilancia de la RPNYC.
 - Características del suelo tales como cobertura vegetal, uso de suelo actual y capacidad de uso mayor.
- Identificación y descripción de los principales actores y usuarios del agua en la cuenca.
- Caracterización las intervenciones de conservación y recuperación del servicio ecosistémico hídrico en la cuenca en función de:
 - Ubicación a nivel distrital y de microcuenca, grupo beneficiario, actor involucrado y ecosistemas presentes.
 - Ubicación espacial y desarrollo de mapas temáticos a partir de herramientas GIS y Google Earth Pro.

4.1.1. Características generales

La siguiente información fue desarrollada a partir de compilación y síntesis de documentación (estudios, informes, diagnósticos, etc.) y la validación de algunas características mediante observación directa (salidas de campo).

La cuenca del río Cañete tiene un área total de 6078,51 km². El río principal, del mismo nombre, es de orden 6 y nace en la laguna Ticllacocha a 4429 m.s.n.m. en la subcuenca del alto Cañete, recorre 235,7 km, hasta desembocar en el Océano Pacífico. Limita por el norte con la cuenca del río Mantaro; por el sur, con la cuenca del río Topará; por el este, con las cuencas del río Mantaro y San Juan; y, por el oeste, con las cuencas del río Mala, Omas.

a. Ubicación política

La cuenca se localiza, en su mayor parte, en la región Lima, abarcando las provincias de Yauyos, Cañete, Chincha, Huarochirí y Castrovirreyna. Ver el mapa político de distritos en la cuenca Cañete en el ANEXO 1 (Figura 44).

b. Ubicación administrativa

Administrativamente, en cuanto a la gestión de los recursos hídricos, la cuenca pertenece a la Autoridad Administrativa del Agua Cañete - Fortaleza (AAA Cañete-Fortaleza) y a la Autoridad Local del Agua Mala-Omas-Cañete (ALA Mala-Omas-Cañete).

c. Fisiografía

De acuerdo con la Autoridad Nacional del Agua [ANA], (1970), la cuenca se divide en tres tramos:

- Tramo inferior (7,5% del área total) de 0 a 1000 m.s.n.m., que comprende áreas del litoral (0-10 m.s.n.m), de llanura (10-400 m.s.n.m.) y de la Cordillera de los Andes (400 - 1000 m.s.n.m.).
- Tramo intermedio que abarca el 31,5% del área total y se extiende de los 1000 a 3500 m.s.n.m., comprende la Cordillera de los Andes y valles profundos.
- Tramo superior (61% del área total) de 3500 a 5800 m.s.n.m., que comprende área alpina (3500 - 48000 m.s.n.m.) y glacial (4800 - 5800 m.s.n.m.).

Ver el mapa altitudinal de la cuenca Cañete en el Anexo 1 (Figura 45).

d. Hidrología

La cuenca del río Cañete está conformada por 9 unidades hidrográficas de diferente orden, denominadas: Subcuenca alta o Tanta, Alis, Laraos, Huantán, Aucampi, Caca, Tupe, Huangascar y Subcuenca baja (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2018). Ver el mapa de delimitación de subcuencas en el Anexo 1 (Figura 46).

Según la ANA (1970) el sistema de drenaje de la cuenca es complejo y comprende alrededor de 1355 ríos con grado de ramificación u orden 1, representando el 77% del total de ríos. Los cauces de orden 2 y 3 comprenden el 17,6% y 4,3% del total, respectivamente, y los cauces de orden 4 y 5 en conjunto representan menos del 2% del total.

La precipitación total anual (1964 - 2000) es altamente variable, la parte baja de la cuenca (Estación Cañete, a 150 m.s.n.m.) recibe en promedio 7,8 mm mientras que la parte alta (Estación Tanta, a 4505 m.s.n.m.), recibe 993,3 mm en promedio (ANA, 1970).

La evaporación diaria se encuentra directamente relacionada con la altitud; la parte baja de la cuenca presenta valores altos (4 mm – 4,4 mm), de noviembre a abril, y los valores más bajos (2,6 mm – 3,9 mm), de mayo a octubre. Mientras que la parte alta de la cuenca presenta los valores más altos de mayo a noviembre (3,7 mm – 5,1 mm), y los más bajos, de diciembre a abril (2,1 mm – 3,7 mm) (ANA, 1970).

El caudal promedio histórico en la parte baja de la cuenca (Estación Socsi) es mayor a 115 m³/s, de febrero a abril y menor a 30 m³/s, entre mayo y diciembre (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI], 2020).

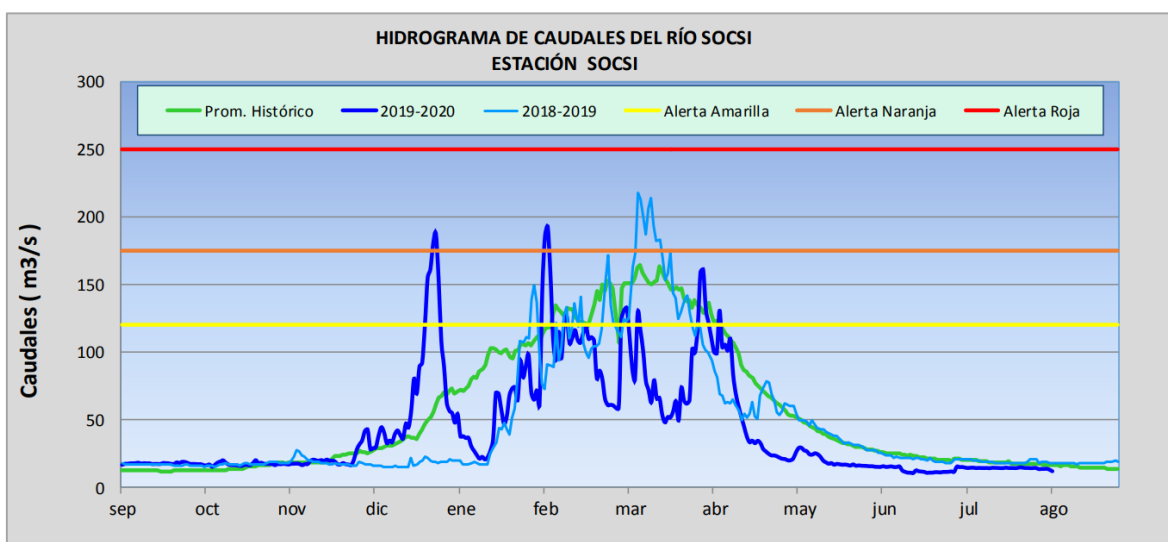


Figura 2: Hidrograma de caudales del río Cañete

FUENTE: SENAMHI, 2020.

e. Cobertura vegetal

De acuerdo con el Mapa Nacional de Cobertura Vegetal (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2015) y el Mapa de Ecosistemas de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochabamba (Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochabamba [RPNYC], 2016), la cobertura en la subcuenca baja es desierto costero y agrícola, mientras que, en la subcuenca media es, en su mayoría, matorral arbustivo y cardonal. En las subcuencas Cacara, Huangascar, Tupe y Aucampi, la cobertura es, mayormente, pajonal andino y

matorral arbustivo; y, en las subcuencas Huantan, Laraos, Alis y subcuena alta (Tanta) destaca el pajonal andino, herbazal de tundra y áreas altoandinas con escasa o nula vegetación. La Figura 3 muestra la compilación de los mapas de cobertura vegetal del MINAM y RPNYC y la ubicación de las intervenciones en la cuenca Cañete.

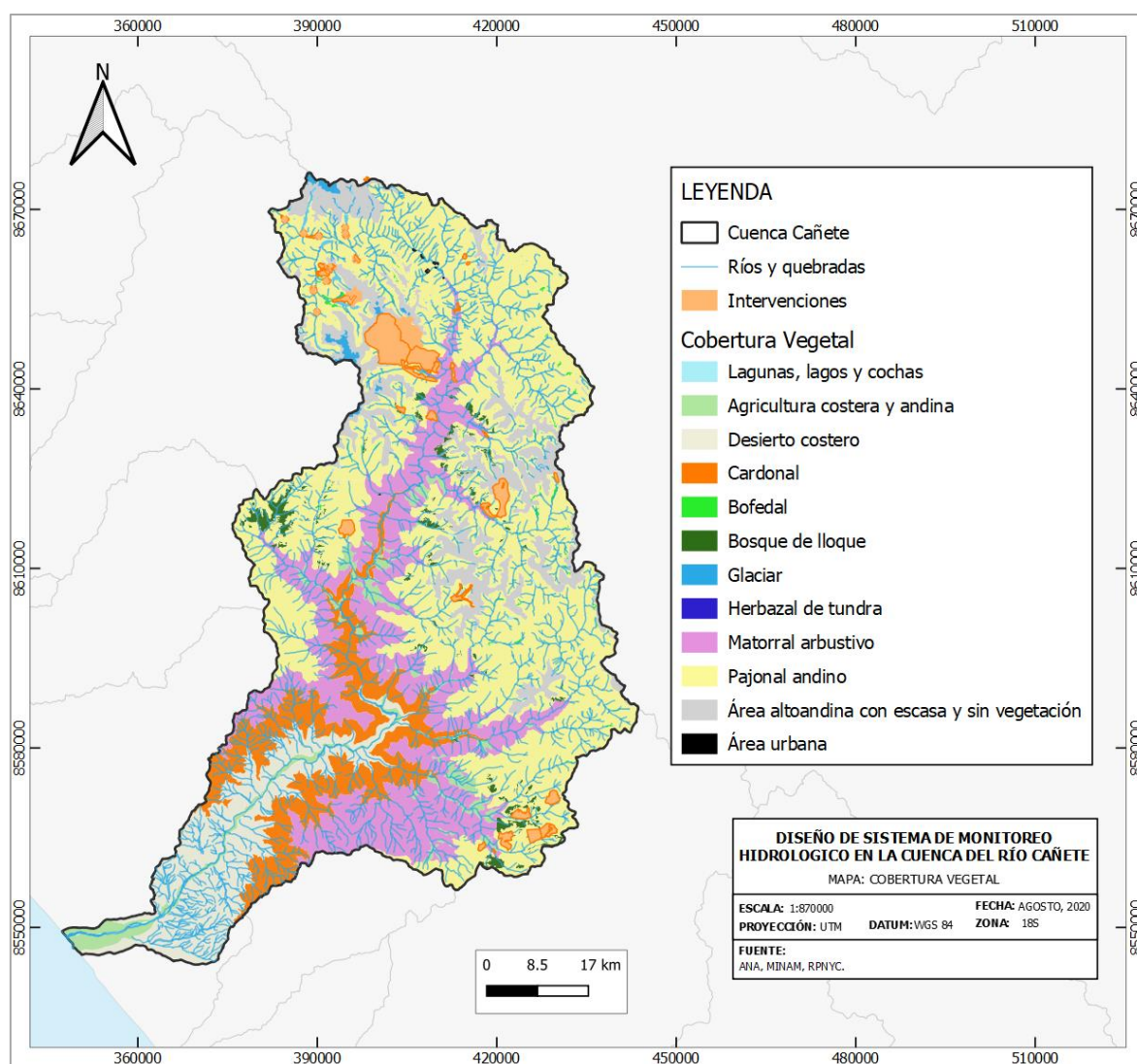


Figura 3: Cobertura vegetal en la cuenca Cañete

f. Capacidad de uso mayor

La capacidad de uso mayor en la cuenca de Cañete, en base al Mapa de Capacidad de Uso Mayor de la Tierra AAA Cañete – Fortaleza (ANA, 2013b) se clasifica de la siguiente manera:

- A lo largo de toda la cuenca se encuentran suelos con asociaciones de tierras de

protección.

- En la parte baja se encuentran, además, suelos con asociaciones de tierras aptas para cultivo en limpio con necesidad de riego y calidad agrológica alta.
- En la parte media y alta, en mayor medida, destaca la asociación de protección de pastos con limitada erosión y calidad agrológica media. Seguida de la asociación de protección de pastos, cultivo en limpio con limitación suelo-clima y calidad agrológica media y la asociación de protección forestal con limitación clima-pastos temporales y calidad agrológica baja. En menor medida, se encuentra las tierras aptas para producción forestal con limitación de clima y calidad agrológica baja.

En el Anexo 1 (Figura 47) se presenta el mapa de capacidad de uso mayor de la tierra, en el ámbito de la AAA Cañete – Fortaleza.

g. Prioridad para la restauración de paisajes

De acuerdo con el Mapa de Áreas prioritarias para la restauración de paisajes en el departamento de Lima (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre [SERFOR], 2018), la mayor parte de las subcuencas Tanta, Alis, Laraos, Huantán y Aucampi y Tupe presentan alta y muy alta prioridad para la restauración de paisajes. Mientras que la parte alta de la subcuenca media del río Cañete y la subcuenca del río Huangascar presentan en su mayoría de alta a media prioridad para la restauración de paisajes. Ver mapa de áreas prioritarias para la restauración de paisajes en el departamento de Lima en el Anexo 1 (Figura 48).

h. Vías de acceso, puestos de control y vigilancia y rutas de patrullaje en la RPNYC

Las vías de acceso en la cuenca comprenden en la parte baja una carretera asfaltada como vía principal hasta la entrada al distrito de Alis, en adelante la carretera es afirmada en buen estado. En los ingresos a los diferentes distritos y comunidades, las vías de acceso son trochas carrozables.

Las rutas de patrullaje de la RPNYC recorren en la cuenca Cañete, los distritos de: Carania, Laraos, Alis, Miraflores, Huancaya, Vitis, Tomas y Tanta. Los puestos de control y vigilancia de la RPNYC se ubican en los distritos: Tanta, Alis, Huancaya, Laraos y Huantan. El sistema consideró esta información para facilitar su gestión por parte de la reserva. Ver mapa de accesos, rutas de patrullaje y puestos de control y vigilancia de la RPNYC en el Anexo 1 (Figura 49).

i. Principales actores en la cuenca y usuarios del agua

Los actores en la cuenca fueron agrupados en las siguientes categorías:

- Instituciones públicas: municipios, autoridad local del agua, autoridad administrativa del agua, MINAM (SERNANP, INAIGEM, etc), MINAGRI (ANA, INIA, etc).
- Población local y organizaciones representantes de la población local: asociaciones turísticas, comunidades campesinas, comités de turismo, comité de criadores de vicuña, etc.
- Instituciones de apoyo o cooperación: Patronato de la RPNYC, Instituto de Montaña mediante el proyecto “Escalando AbE Montaña”, Proyecto MERESE-FIDA.
- Empresas privadas o empresas prestadoras de servicio: Empresa Minera Corona, CIA Minera San Valentin, Empresa Minera Azulcocha Mining, Central Hidroeléctrica el Platanal, Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Cañete.

Además de la población local y los agricultores, los usuarios del agua abarcan a las empresas turísticas, centrales hidroeléctricas, empresas mineras, prestadoras de servicios de saneamiento y junta de usuarios.

La Tabla 1 caracteriza a los actores identificados en la cuenca. La descripción de los actores se encuentra disponible en el Anexo 2 (Tabla 19).

Tabla 1: Caracterización de actores presentes en la cuenca Cañete

Actor	Categoría	Uso del agua
1 Comunidades Campesinas	Población local	✓
2 Asociaciones Turísticas	Representantes de la población local	✓ (no consuntivo)
3 Agencias de turismo	Empresas privadas	✓ (no consuntivo)
4 Municipios, Autoridad Local y Administrativa del agua, etc.	Instituciones públicas	X
5 SERNANP - Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas (RPNYC)	Instituciones públicas	X
6 Instituto de Montaña	Institución de apoyo / cooperación	X
7 Patronato de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas (Patronato RPNYC)	Institución de apoyo / cooperación	X
8 Junta de usuarios del sub distrito de riego Cañete		✓
9 Empresa Central Hidroeléctrica el Platanal (CELEPSA)	Empresa privada	✓ (no consuntivo)
10 CIA Hidroeléctrica Llapay S.A.C	Empresa privada	✓ (no consuntivo)
11 Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Cañete (EMAPA Cañete)	Empresas prestadoras de servicio	✓
12 Empresa Minera Corona S.A.	Empresa privada	✓
13 CIA Minera San Valentín S.A.	Empresa privada	✓
14 Empresa Minera Azulcocha Mining S.A.	Empresa privada	✓
15 MINAM Proyecto MERESE-FIDA		X

j. Caracterización de intervenciones por actor y distrito

En la cuenca del río Cañete se han identificado tres actores que llevan a cabo actividades, en 11 distritos, para la conservación y recuperación de la infraestructura natural en el servicio ecosistémico hídrico en los ecosistemas de bosques nativos, humedales y pastizales. Estas actividades buscan no solo la mejora de los ecosistemas altoandinos, sino también de las condiciones de vida de los grupos comunitarios y su entorno. En la Tabla 2 se presenta la clasificación a nivel de distrito de las intervenciones y en la Figura 4, se observa su ubicación espacial en la cuenca.

Tabla 2: Clasificación distrital de las intervenciones

Actor	Intervención	Distrito
Proyecto MERESE - FIDA	1 Manejo y conservación de pasto natural en el sector de Chorjacancha	
	2 Mejoramiento de pastos y reforestación con queñual	Madeán
	3 Manejo y conservación de pastos naturales en el sector de Jhisipampa	
	4 Recuperación de humedales en la laguna de Huancarcocha - Pampas	Colonia
	5 Conservación de pastos naturales en el sector de Sacote y Chirmachay - Auco	Yauyos
	6 Recuperación de pradera e incremento de bofedales en la microcuenca de Pumarangra	Huantán
	7 Manejo y recuperación de humedales para mejorar la retención de agua en el sector de Punchaucocha	Laraos
	8 Recuperación y conservación de pastos naturales en el sector de Chichihuay	Carania
	9 Recuperación de pastos naturales y humedales en el sector de Paraco	Miraflores
	10 Manejo y conservación de bosques de lloque y chamana en el sector de Lloclla	Alis
	11 Protección de la biodiversidad y recuperación de pastos para afianzamiento hídrico en la granja comunal de Coriac	
	12 Conservación y recuperación de pastos naturales altoandinos en el sector de Sinhua	Tomas
	13 Forestación y reforestación con quinual en el sector de Huallhua "Huancaya te quiero verde"	Huancaya
	14 Forestación y reforestación de bosques alto-andinos- Vilca	
	15 Recuperación y manejo de pastos naturales en la comunidad de Tanta	Tanta
Instituto de Montaña	16 Actividades como parte del componente de infraestructura verde-gris – EbA Montaña Miraflores	Miraflores
	17 Actividades como parte del componente de fortalecimiento institucional - EbA Montaña Miraflores	
	18 Escalando AbE Montaña Miraflores	
	19 Actividades como parte del componente de infraestructura verde-gris – EbA Montaña Tanta	Tanta
	20 Actividades como parte del componente de fortalecimiento institucional - EbA Montaña Tanta	
	21 Escalando AbE Montaña Tanta	
Patronato de la RPNYC	22 Actividades en Zona de Huachipampa (*)	Tanta
	23 Actividades en Zona de Muyococha (*)	
	24 Actividades en Zona de Chuspicocha (*)	
	25 Actividades en Cercanías a la Laguna Suerococha (*)	
	26 Actividades en Zona de Piticocha (*) (Piticocha I), (Piticocha II o Piticocha Alto), (Piticocha II o Piticocha Bajo o Tambo Real)	
	27 Actividades en Zona de Piscococha(*)	
	28 Actividades en Zona de Molla (*)	

Nota. No se contó con información de la delimitación o ubicación exacta de las zonas con (*). Para motivos del estudio la información de ubicación espacial es referencial.

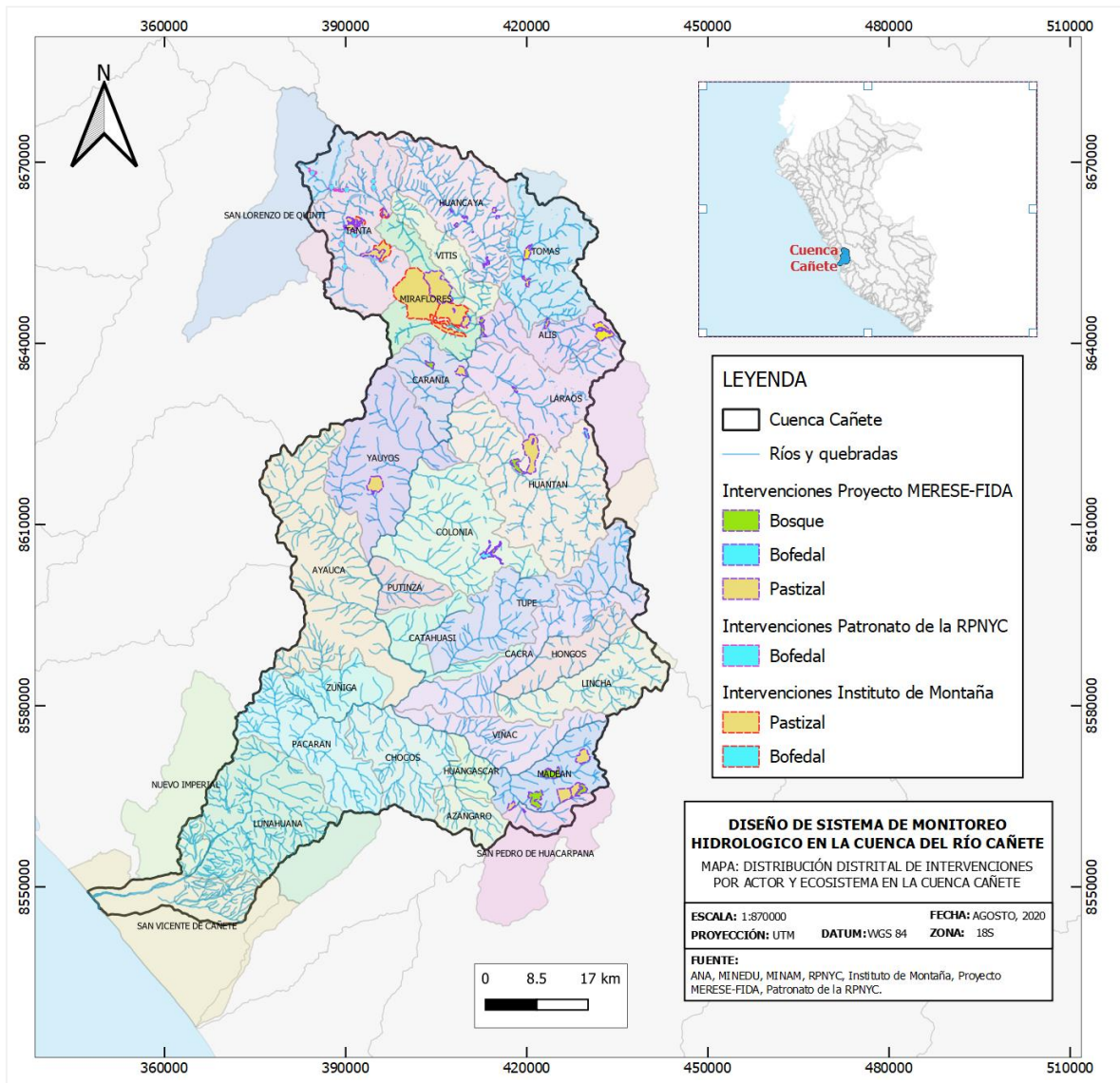


Figura 4: Distribución a nivel distrital de intervenciones en la cuenca Cañete

Se analizaron las intervenciones por tipo de ecosistema en una escala menor, considerando la delimitación de las unidades hidrográficas en la cuenca Cañete (de orden 1 a 6) (Ver Anexo 1, Figura 50). En las Figuras 5 a la 11 se muestra la ubicación de las intervenciones por unidad hidrográfica menor (perímetro morado), a nivel distrital.

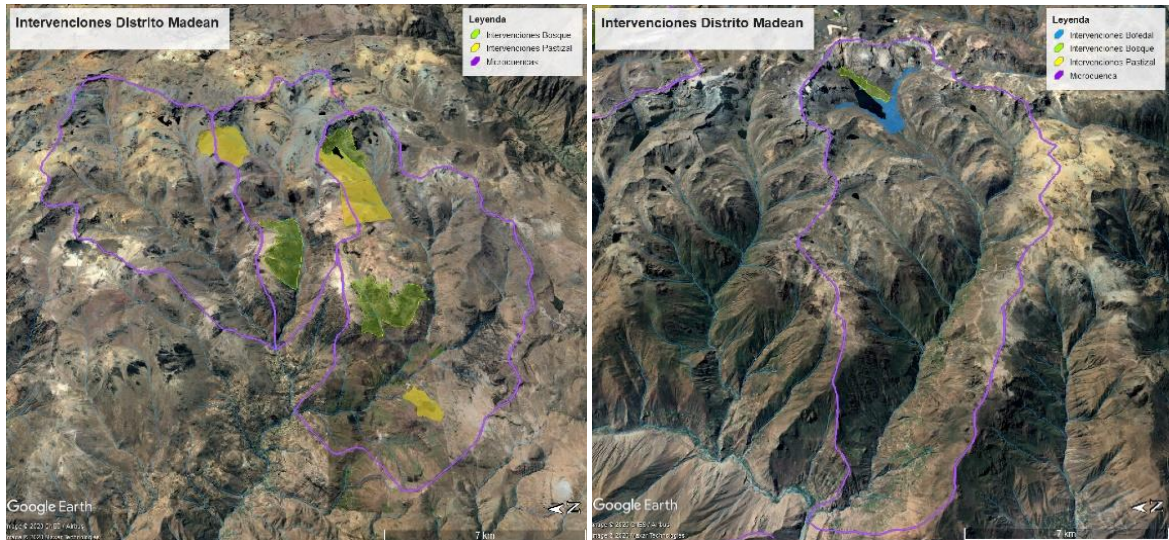


Figura 5: Ubicación de intervenciones en el distrito de Madeán

Nota. Elaboración propia con imagen satelital de Google Earth.

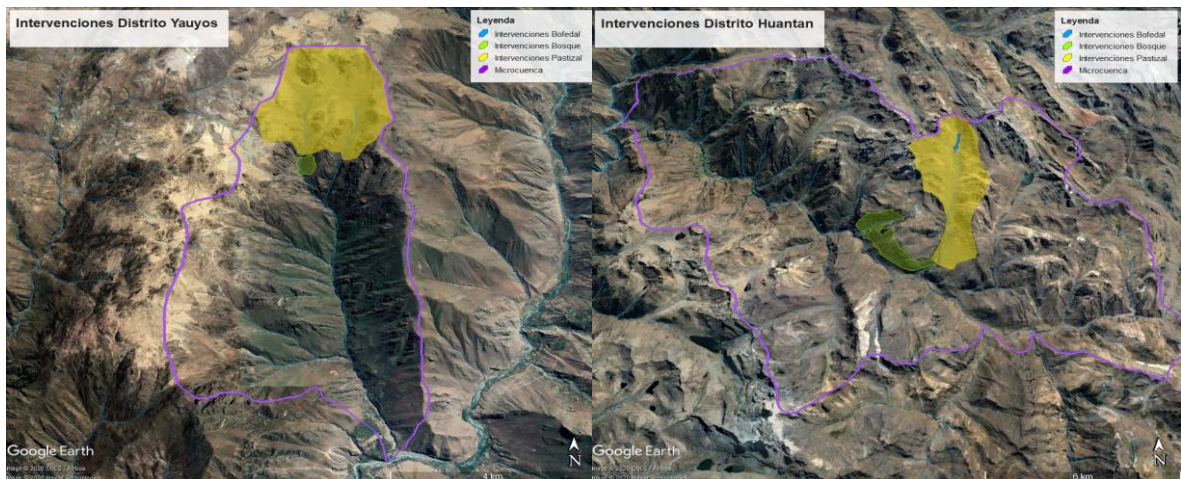


Figura 6: Ubicación de intervenciones en los distritos de Yauyos y Huantán

Nota. Elaboración propia con imagen satelital de Google Earth.

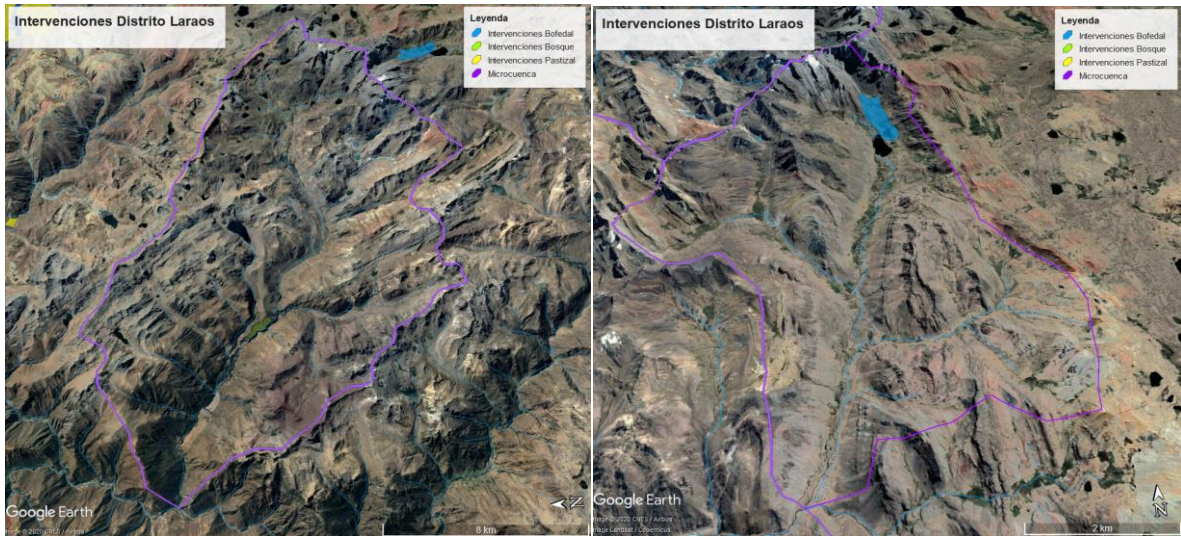


Figura 7: Ubicación de intervenciones en el distrito de Laraos

Nota. Elaboración propia con imagen satelital de Google Earth.

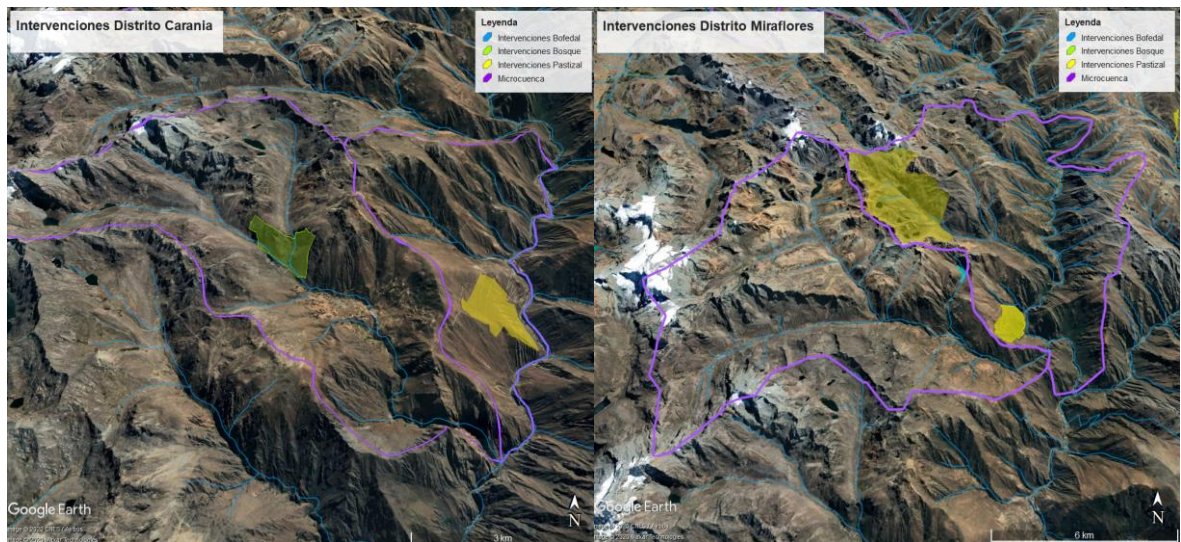


Figura 8: Ubicación de intervenciones en los distritos de Carania y Miraflores

Nota. Elaboración propia con imagen satelital de Google Earth.

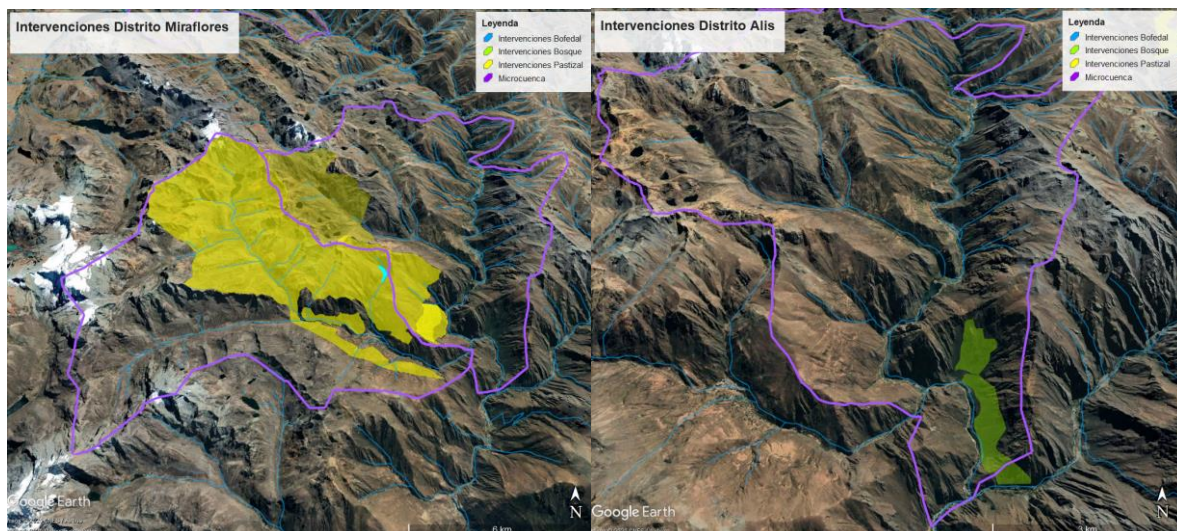


Figura 9: Ubicación de intervenciones en los distritos de Miraflores y Alis

Nota. Elaboración propia con imagen satelital de Google Earth.

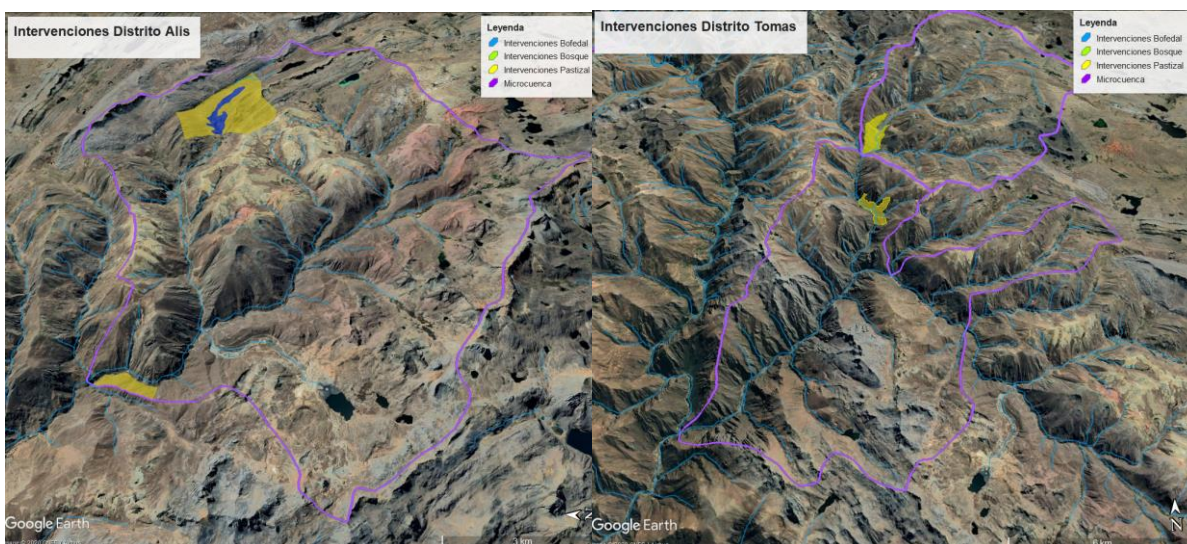


Figura 10: Ubicación de intervenciones en los distritos de Alis y Tomas

Nota. Elaboración propia con imagen satelital de Google Earth.

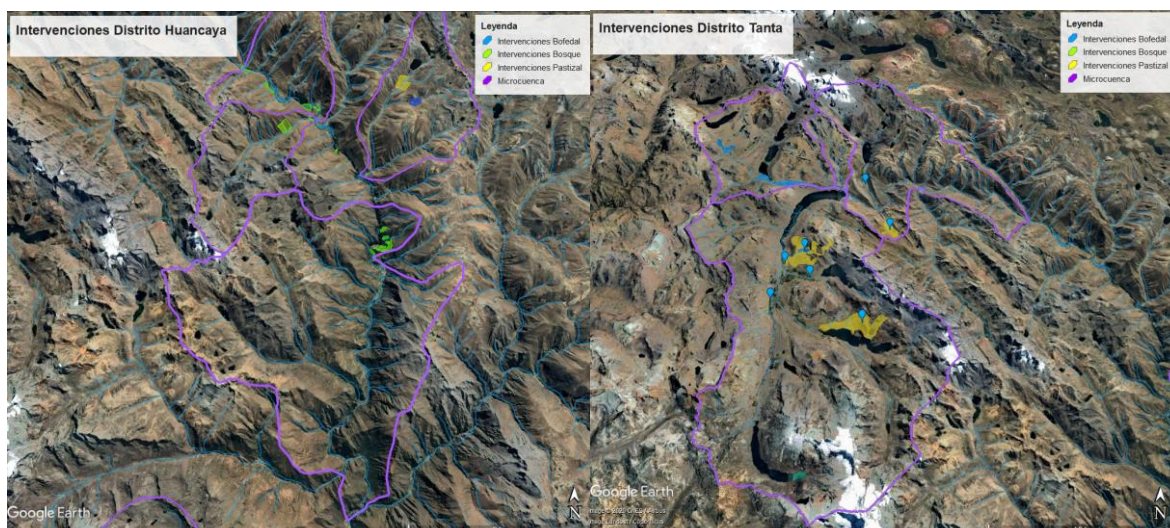


Figura 11: Ubicación de intervenciones en los distritos de Huancaya y Tanta

Nota. Elaboración propia con imagen satelital de Google Earth.

k. Inventario de estaciones de monitoreo

Como parte de la caracterización de la cuenca, se realizó el inventario de las estaciones de monitoreo meteorológicas e hidrológicas a lo largo de la cuenca, así como la ubicación de los sitios de monitoreo del estado de conservación de los ecosistemas pastizal y bofedal.

El inventario de las estaciones meteorológicas e hidrológicas que se encuentran a cargo del SENAMHI, CELEPSA y el Patronato de la RPNYC se observa en el ANEXO 2 (Tabla 20) y fue elaborado a partir de información recopilada en documentos proporcionados por los actores, información disponible en el portal web del SENAMHI y del geoportal SOFIA - Sistema Oficial de Información del Agua de la ANA.

El monitoreo del estado de conservación de los ecosistemas se realiza por parte de la RPNYC y del Instituto de Montaña. Ambos emplean la metodología con enfoque productivo, propuesta por Parker (método Parker): monitoreo de tres puntos en un transecto de 100 m para determinar la condición del pasto y así determinar la capacidad de carga que soportaría un área de terreno determinada. La condición del pasto se desarrolla bajo tres categorías: especies deseadas, especies poco deseadas, especies indeseadas, asignándoles un puntaje en función a su condición y carga

(ovinos, camélidos y vacunos). En el ANEXO 2 (Tabla 21) se muestra el resumen los puntos monitoreados por dichas instituciones y los resultados obtenidos.

4.2. Consideraciones principales

El sistema de monitoreo debió de considerar ciertas características (Figura 12) que condicionaron su planteamiento, las cuales se desarrollan a continuación.

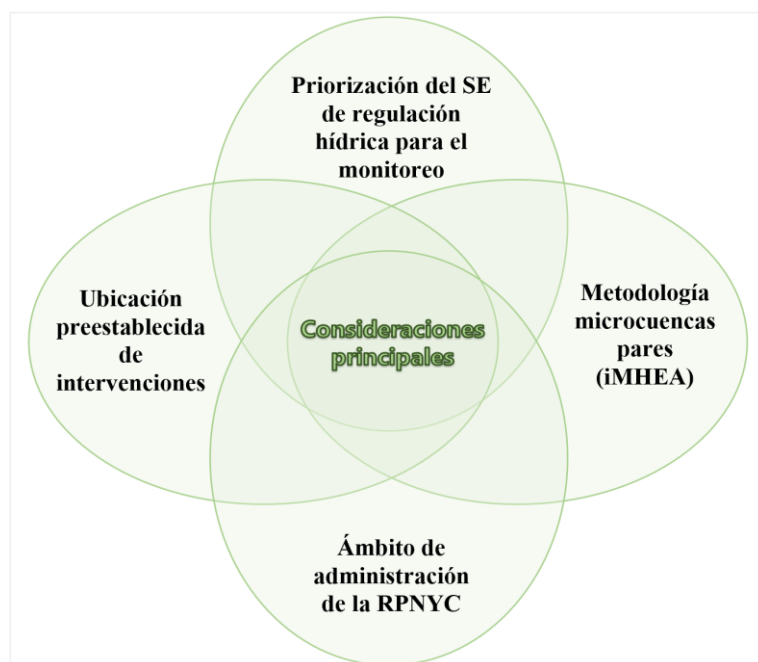


Figura 12: Consideraciones principales para el diseño del sistema de monitoreo hidrológico

4.2.1. Priorización de servicios ecosistémicos y zonas de interés

a. Priorización de servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos son aquellos beneficios económicos, sociales y ambientales, directos e indirectos, que las personas obtienen del buen funcionamiento de los ecosistemas (Ley N° 30215, 2017). Se agrupan en cuatro tipos: (1) de provisión, como alimentos, agua, materias primas; (2) de regulación, como regulación del clima, regulación hídrica, control de erosión de suelos, secuestro de carbono; (3) culturales, como belleza paisajista, recreación y ecoturismo; y, (4) de soporte, como formación de suelos, mantenimiento de la biodiversidad (Infraestructura Natural para la Seguridad Hídrica [INSH], 2020).

Según SUNASS (2018), el servicio ecosistémico hídrico de alta prioridad para la EPS EMAPA Cañete es el de regulación hídrica, mientras que los de mediana prioridad son los de control de sedimentos y de calidad del agua.

El servicio de regulación hídrica consiste en el almacenamiento de agua en los períodos lluviosos y la liberación en los periodos secos. El ecosistema proporciona un balance natural entre caudales en época lluviosa con caudales de estiaje. La regulación hídrica depende principalmente de la intensidad y la estacionalidad de las precipitaciones, la cobertura vegetal, la profundidad del suelo, la variabilidad climática y las prácticas de conservación de agua (INSH, 2020).

El sistema debía ser diseñado de manera tal que permita generar evidencia sobre el impacto de las intervenciones sobre el servicio ecosistémico priorizado (regulación hídrica) pues esta información apoyará la toma de decisiones sobre las futuras acciones a implementar para la conservación, restauración y/o uso sostenible de los ecosistemas que proveen de agua al servicio de saneamiento, en el marco de la Ley N° 30215 (2017).

Para atender a esta necesidad, se plantearon objetivos específicos del monitoreo para cada una de las microcuencas pares seleccionadas y preguntas de investigación a nivel de impacto. Se propusieron respuestas (a partir de indicadores) para cada una de las preguntas de investigación planteadas.

b. Zonas de interés

Dentro de la cuenca Cañete, la zona de interés hídrico más importante se encuentra en las subcuencas Alta (Tanta) y Alis, zonas en las que se tiene mayores superficies de recepción de precipitación. (Instituto Nacional de Recursos Naturales [INRENA], 2001). Además, según la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS, 2018), la zona de mayor interés hídrico se encuentra en la parte alta de la cuenca de Cañete, con énfasis en los distritos de Miraflores, Alis, Laraos, Vitis, Tomas, Tanta y Huancaya.

Así mismo, un estudio elaborado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) aplicó el Modelo Hidrológico SWAT en la cuenca Cañete para obtener la priorización de las áreas que tienen una mayor contribución al caudal en la zona baja de la cuenca. Concluyendo que la mayor producción de agua para el periodo simulado (1991-2009) corresponde a la parte alta de la cuenca (Quintero *et al.*, 2013). Ver la Figura 13.

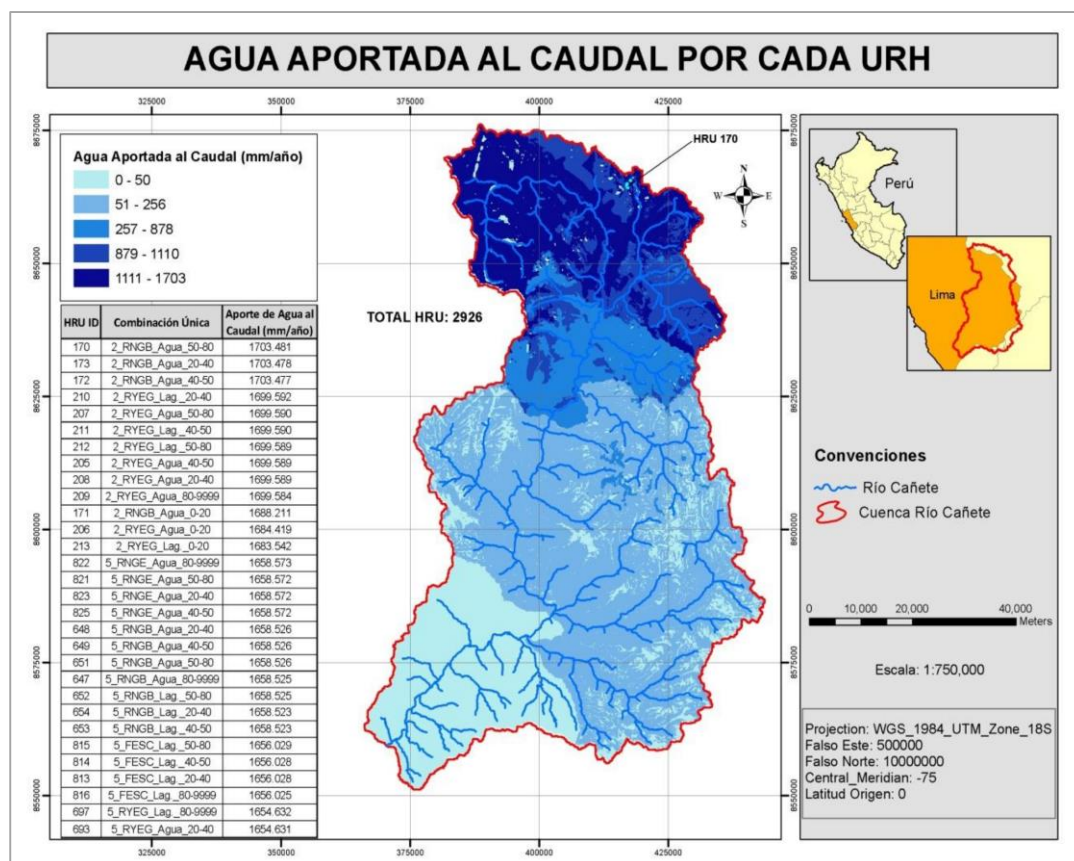


Figura 13: Producción del promedio multianual por cada Unidad de Respuesta Hidrológica – URH

Nota. Tomado de Quintero *et al.*, 2013.

SWAT son las siglas de Herramienta para la Evaluación del Suelo y Agua para una cuenca hidrográfica, fue desarrollado por el USDA-ARS (Servicio Agrícola de Investigación de Estados Unidos) para predecir el impacto de las prácticas de manejo del suelo en la generación de agua, sedimentos y producción de sustancias agrícolas químicas, en cuencas grandes y complejas con variedad de suelos, uso de tierra y condiciones de manejo sobre un tiempo prolongado (Uribe, 2010).

SWAT divide una cuenca en varias subcuencas que a la vez están conformadas por Unidades de Respuesta Hidrológica (URH's). Las URH consisten en áreas homogéneas de uso de la tierra y características del suelo con un determinado balance hídrico. El balance hídrico es simulado para intervalos diarios durante un periodo continuo de tiempo (Quintero *et al.*, 2013).

La aplicación del modelo SWAT en la cuenca Cañete utilizó información disponible de cobertura y suelos, un modelo digital de elevación y datos climatológicos de 1991 al 2009. El modelo fue calibrado mediante un análisis de sensibilidad en los parámetros del modelo, con un periodo de calibración de 8 años de observación (1993-2000) y validado para evaluar la capacidad predictiva mediante la comparación de los datos medidos y simulados para un periodo de 9 años de observación (2001-2009). La capacidad predictiva del modelo se analizó mediante el coeficiente de correlación entre los caudales simulados y medidos, el cual fue de 0,62 (diario) – 0,96 (mensual) y el coeficiente de Nash – Sutcliffe, que fue de 0,3 a nivel diario y 0,82 a nivel mensual (Quintero *et al.*, 2013).

4.2.2. Metodología de monitoreo hidrológico

Se aplicó la metodología de monitoreo de cuencas pares, considerando, principalmente, la Guía metodológica para el monitoreo hidrológico de ecosistemas andinos elaborada por la iMHEA.

Se identificaron en gabinete (a partir de imágenes satelitales de Google Earth) posibles microcuencas pares las cuales fueron validadas mediante el levantamiento de información en salidas de campo e información geoespacial complementaria, como el Mapa de Ecosistemas de la RPNYC (2016). Se realizó, además, el levantamiento fotogramétrico para tener una mejor resolución de las zonas en donde se emplazarían las estructuras de monitoreo.

La metodología de cuencas pareadas es un método clásico para detectar los efectos de las perturbaciones en la hidrología de cuencas. Se origina en la investigación experimental sobre los efectos del tratamiento intencional de la cobertura terrestre (por ejemplo, forestación,

deforestación) en la cantidad y calidad del agua.

El concepto básico del método es comparar el régimen de flujo de dos cuencas hidrográficas cercanas con características físicas similares, una como control ("*benchmark*") y la otra como una cuenca perturbada (también conocida como la "cuenca de tratamiento" en alguna literatura). La comparación de los mismos períodos de tiempo en ambas cuencas permite disminuir el efecto de la variabilidad climática en el análisis. El clima, los suelos y la geología deben ser similares entre las dos cuencas, con la principal diferencia en el tratamiento en la cuenca perturbada. Las diferencias identificadas en hidrología entre la cuenca de captación perturbada y de control pueden ser entonces atribuida a la diferencia en su tratamiento.

En la mayoría de los estudios bajo esta metodología, las cuencas suelen ser adyacentes, aunque esto no siempre es posible, pero tienden a estar muy cerca para ayudar con la similitud de las características de la cuenca y del clima. Se utilizan períodos de tiempo relativamente cortos para el análisis de los efectos del tratamiento, normalmente de unos meses a años. Para los estudios clásicos de cuencas emparejadas, a veces se estudian ambas antes de la perturbación con el objetivo de garantizar la similitud del caudal o para establecer la diferencia hidrológica previa (Breña *et al.*, 2019).

La metodología de cuencas pareadas consiste en comparar la respuesta hidrológica de dos microcuencas cercanas con características similares (área, forma, pendiente, elevaciones, tipo de cobertura, tipo de ecosistema, etc.) considerando que en una de ellas se desarrolla una intervención (conservación, manejo y/o restauración), mientras que la otra (microcuenca testigo) tiene una condición degradada o alterada.

Es decir, un par de microcuencas que difieren en la condición cuyo efecto se quiere conocer y que sean lo más parecidas posible en las demás condiciones (Célleri *et al.*, 2012). A partir de la medición continua de parámetros mínimos como precipitación y caudal se pueden obtener resultados en el corto plazo (2 - 3 años) del comportamiento hidrológico que responderá a dicha diferencia de condición entre ambas.

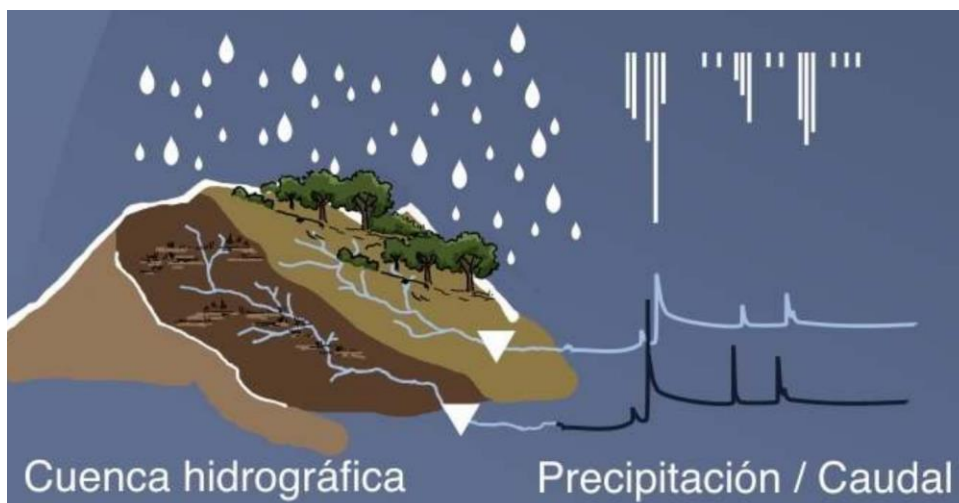


Figura 14: Metodología de cuencas pareadas

FUENTE: De Bièvre & Ochoa, 2015.

Nota. La cuenca sin cobertura vegetal (cuenca de la izquierda en la Figura), presenta caudales picos más altos que aquellos generados en la cuenca con presencia de cobertura vegetal (intervenida), para un mismo régimen de precipitación.

4.2.3. Ubicación de las intervenciones en la cuenca

Cuando un sistema de medición requiere ser diseñado, es deseable plantear el diseño antes de que las actividades se ejecuten pues esto permite una mejor selección de su emplazamiento y de los equipos a proponer. En el caso de este proyecto, ciertas intervenciones ya se habían realizado o se encontraban en proceso de ejecución y en otros casos, no se contaba con información sobre la ubicación específica de las futuras actividades a realizar. En ese sentido, fue necesario ubicar, geográficamente, las actividades presentes y futuras, así como los equipos de monitoreo existentes e identificar la data disponible. Esta información se obtuvo a partir de salidas de campo e información proporcionada por los actores que venían ejecutando dichas intervenciones.

4.2.4. Ámbito de administración de la RPNYC

Se propuso a la RPNYC como la entidad clave para la operación del sistema de monitoreo hidrológico debido a su permanencia a futuro en la zona, lo cual respalda la sostenibilidad de este. Por lo tanto, el área disponible para el planteamiento del sistema de monitoreo quedó limitado al ámbito de administración de la RPNYC, considerando sus rutas de patrullaje. En la Figura 15 se muestra, espacialmente, el ámbito disponible para el monitoreo en función del área total de la cuenca.

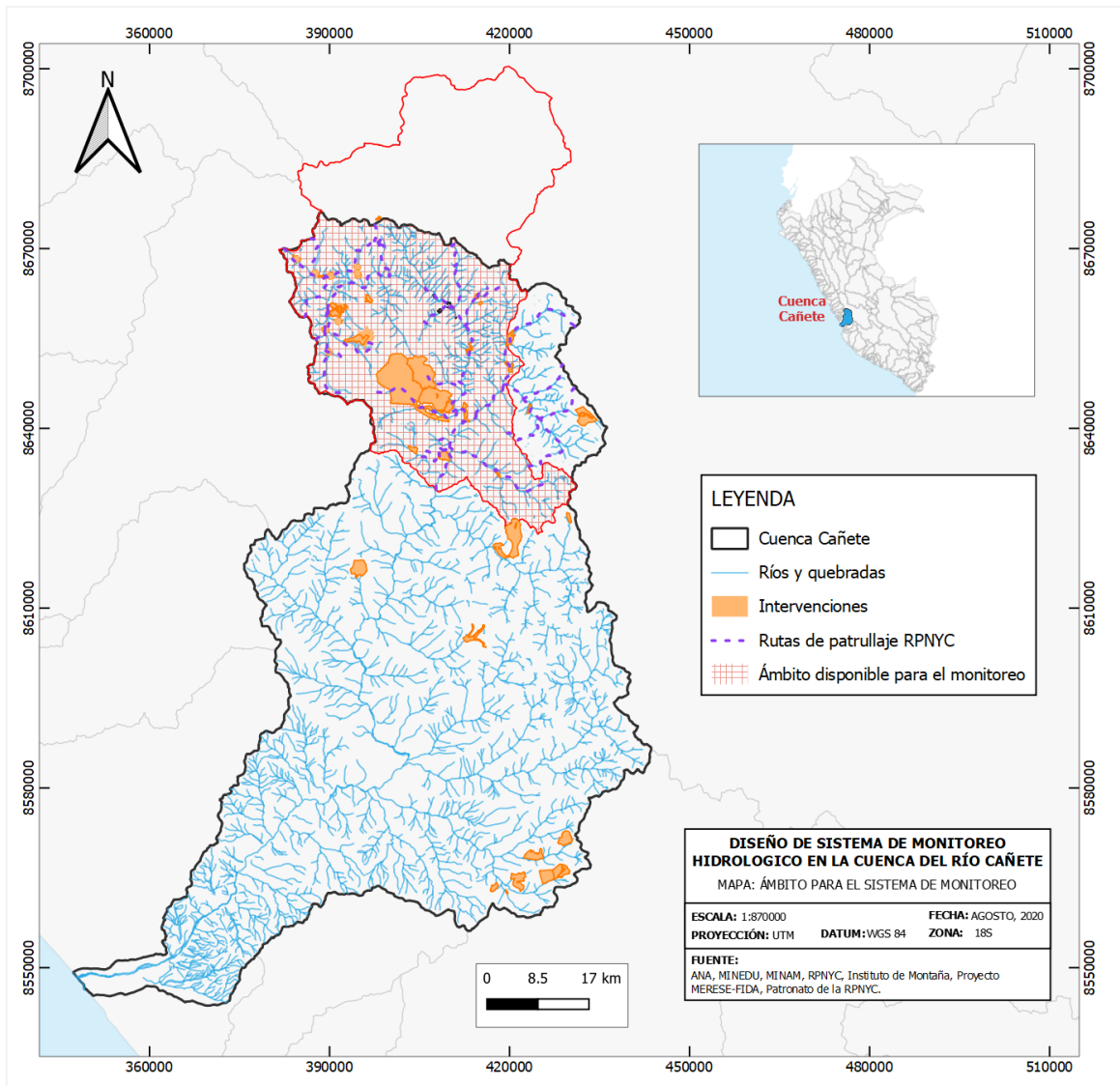


Figura 15: Ámbito disponible para el monitoreo en la cuenca Cañete

4.3. Microcuencas pares para monitoreo

La tercera fase del planteamiento del sistema de monitoreo requería, en primer lugar, identificar las microcuencas pares a monitorear. Para ello, se tomó en cuenta, además de las condiciones principales desarrolladas en el acápite 4.2 del presente documento, el procedimiento detallado en la Figura 16.

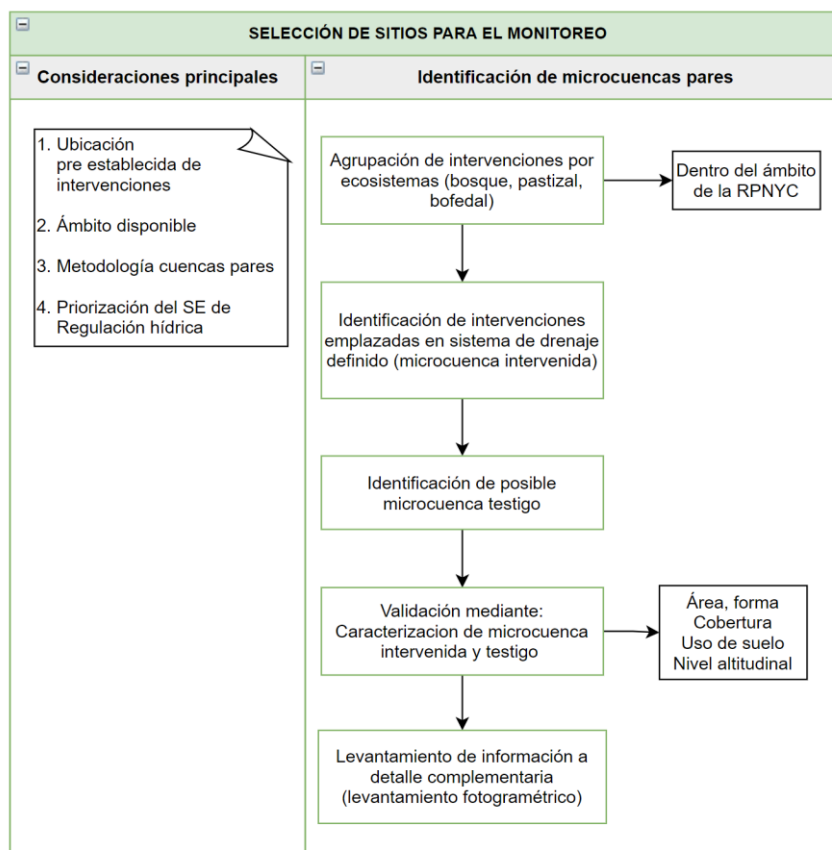


Figura 16: Esquema de procedimiento para la selección de microcuencas pares

4.3.1. Segregación por ecosistemas

El sistema de monitoreo debía de ser propuesto para los diferentes ecosistemas presentes: bosques, pastizal y bofedal. Por ello, se agruparon las intervenciones en dos categorías: un primer grupo que agrupaba a las intervenciones emplazadas en ecosistema de pastizal y bofedal y un segundo grupo con aquellas intervenciones en ecosistema de bosque, con el objetivo de poder facilitar la identificación de las unidades hidrográficas de análisis. En las figuras 17 y 20 se muestra la ubicación espacial de estos dos grupos.

a. Intervenciones en ecosistema pastizal y bofedal

Las intervenciones dentro del área de la RPNYC emplazadas en ecosistema de pastizal y bofedal han sido agrupadas en 13 zonas. Comprenden, principalmente, actividades de: construcción de zanjas de infiltración, clausura (cercado) de bofedales, clausura de área de pastizales, siembra de pastos naturales o cultivados, construcción de barreras (diques) y canales de distribución en bofedales, trasplante de pastos naturales, entre otras. La Figura 17 permite observar la ubicación espacial de estas.

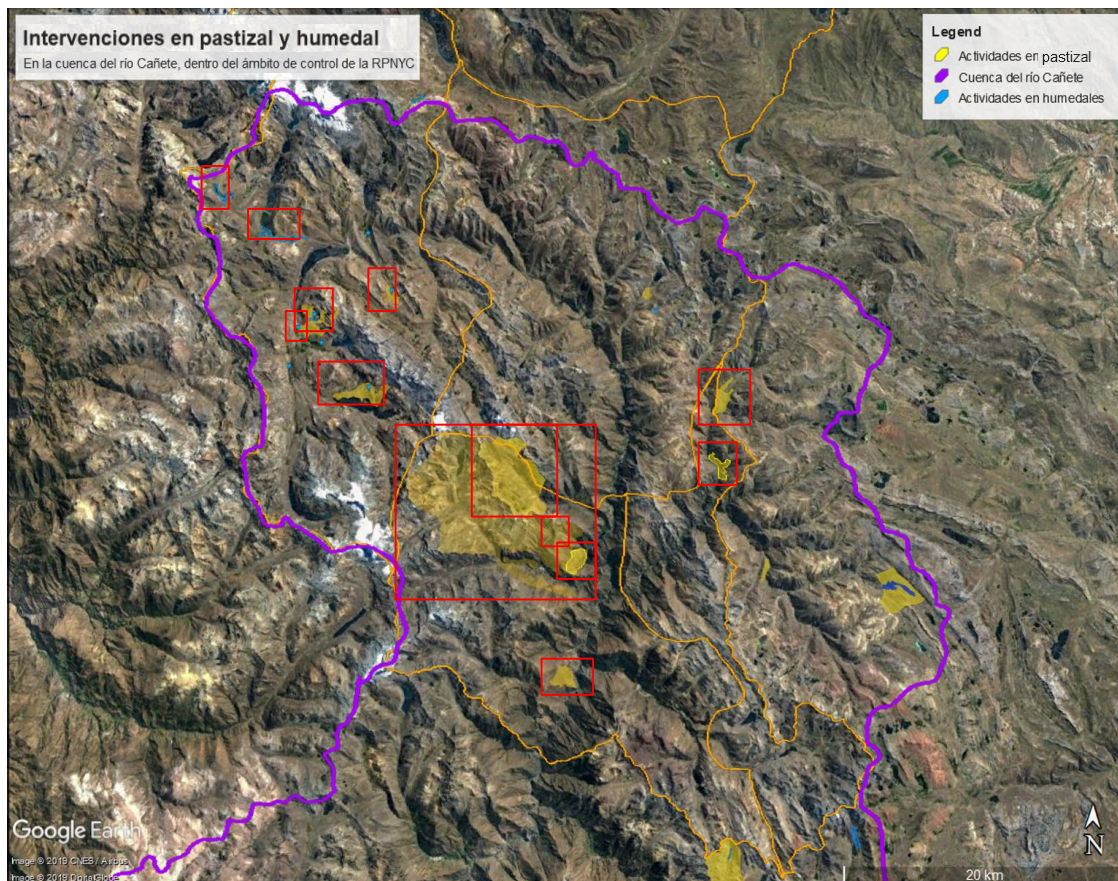


Figura 17: Intervenciones en pastizal y bofedal para el ámbito de la RPNYC en la cuenca Cañete

Nota. Elaboración propia con imagen satelital de Google Earth.



Figura 18: Revegetación con especies nativas (izquierda), Cercado bofedal (derecha)



Figura 19: Construcción de diques (izquierda), canales de distribución (derecha)

b. Intervenciones en ecosistema bosque

Las intervenciones emplazadas en bosques (queñual, karkac, lloque) dentro del ámbito de la RPNYC corresponden a actividades de forestación y reforestación, acompañadas en algunos casos de la instalación de viveros. Estas se han agrupado en 5 zonas las cuales se observan en la Figura 20.

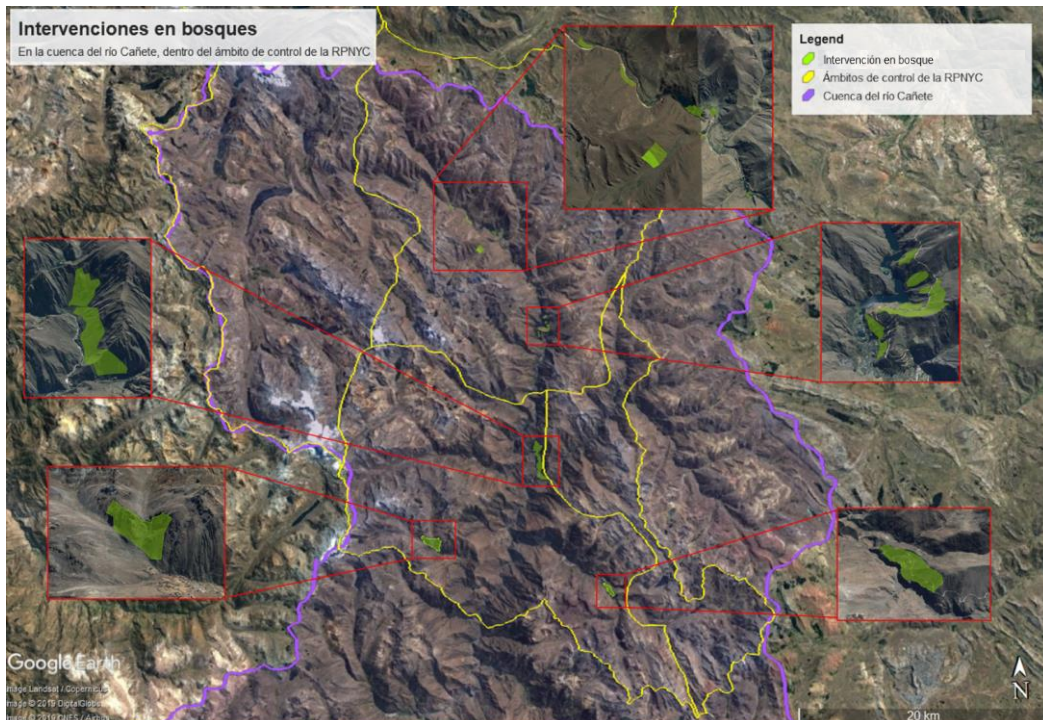


Figura 20: Intervenciones en bosque para el ámbito de la RPNYC dentro de la cuenca Cañete

Nota. Elaboración propia con imagen satelital de Google Earth.



Figura 21: Vivero forestal (izquierda), Zona destinada a reforestación (derecha)

Es importante mencionar que existen intervenciones fuera del ámbito de administración de la RPNYC, que han sido mapeadas y caracterizadas (Sección 4.1 del presente documento), sin embargo, no fueron tomadas en cuenta para fines de la búsqueda de microcuencas pares para el monitoreo.

4.3.2. Identificación de microcuencas pares

Mediante la herramienta Google Earth Pro, una vez agrupadas las intervenciones por tipo de ecosistema, se identificaron aquellas que se emplazan dentro de un sistema de drenaje definido (ejemplo: no en zona de ladera), se delimitó la microcuenca a la que pertenece y seguidamente, se buscó en sus cercanías una posible microcuenca similar.

Identificadas espacialmente las potenciales microcuencas pares, se realizó la caracterización de: ecosistema principal, cobertura y uso de la tierra, área y forma de la cuenca y elevación mínima y máxima.

Finalmente, en campo, se levantó información a detalle mediante el uso de tecnología RPA para la generación de ortomosaicos y DEM de la sección central (cauce principal) de las microcuencas identificadas (Figura 22).



Figura 22: Ortofoto de zona de interés (izquierda), levantamiento fotogramétrico (derecha)

El desarrollo específico para la identificación de microcuencas pares para cada tipo de ecosistema se describe en las secciones continuación.

a. Microcuencas pares en ecosistemas pastizal y bofedal

Las intervenciones en pastizales y bofedales, agrupadas en 13 zonas (Figura 23) fueron clasificadas en dos grupos. El primer grupo (Grupo I) está conformado por intervenciones localizadas en la parte baja de una microcuenca y/o cerca de un cauce principal y/o en zona de ladera, con extensión entre 62 a 200 ha. Estas intervenciones al no emplazarse dentro de un sistema de drenaje definido limitan su selección para el monitoreo y por tanto fueron excluidas.

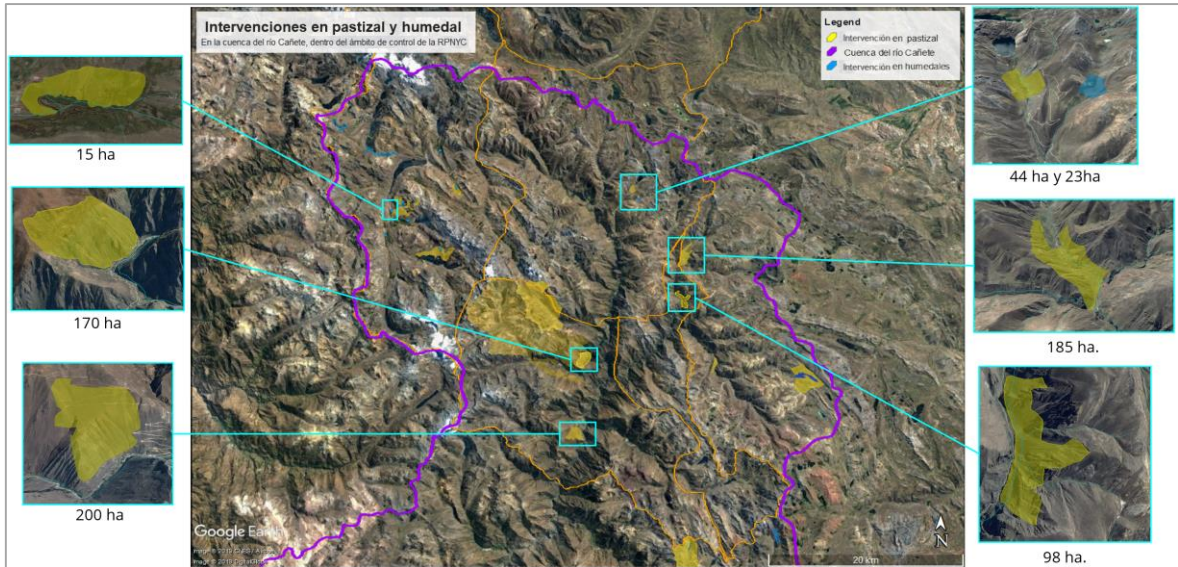


Figura 23: Intervenciones en pastizal y bofedal del Grupo I

Nota. Elaboración propia con imagen satelital de Google Earth.

Un segundo grupo de intervenciones, cuya área abarca gran parte de un sistema de drenaje definido (microcuenca) y/o se ubican en la parte alta de la misma fue denominado Grupo II. La búsqueda de microcuencas pares se enfocó en este grupo (Figura 24).

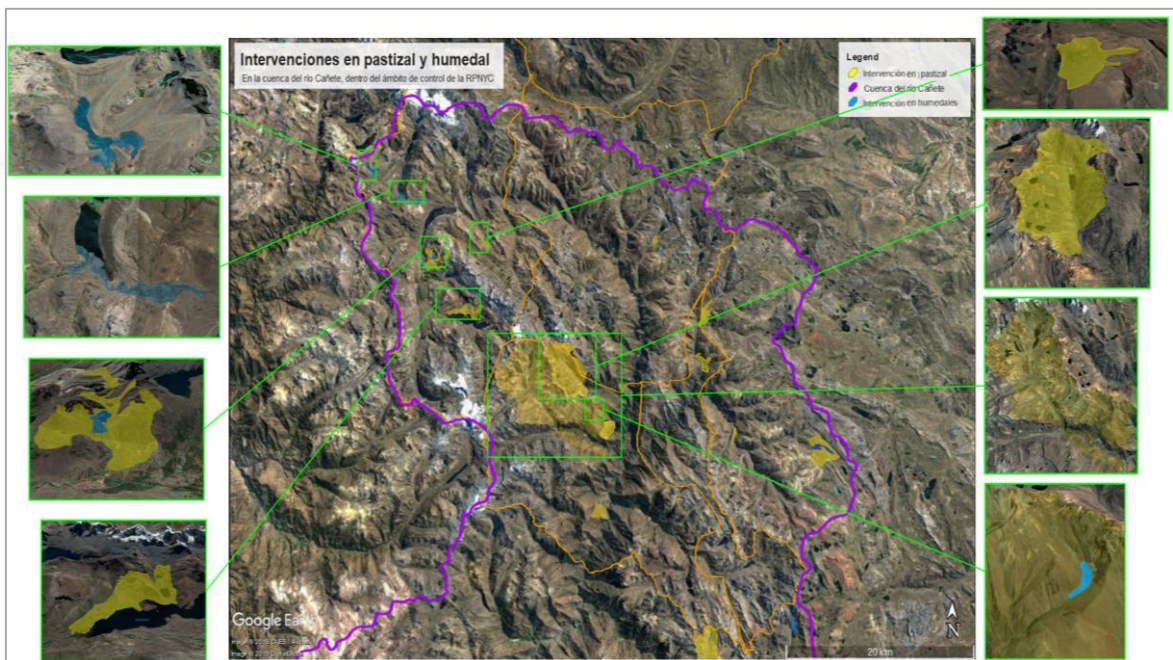


Figura 24: Intervenciones en pastizal y bofedal del Grupo II

Nota. Elaboración propia con imagen satelital de Google Earth.

- **Microcuencas pares 1 y 2**

El primer par de microcuencas identificadas se ubican en el distrito de Miraflores (microcuencas 1 y 2) a, aproximadamente, una hora a pie del pueblo con el mismo nombre. En ambas existe manejo del pastoreo y en la microcuenca 1, el bofedal se encuentra cercado y con compromiso de conservación por 10 años por parte de la comunidad. En la Tabla 3 se muestra la caracterización de las microcuencas 1 y 2. El objetivo del sistema de monitoreo hidrológico es conocer el impacto hidrológico de la conservación de bofedales en microcuencas con manejo de pastos.

Tabla 3: Caracterización de microcuencas pares 1 y 2

Nombre	Microcuenca 1: Yanacancha	Microcuenca 2
Tipo	Intervenida	Testigo
Ubicación	Miraflores	Miraflores
Actor presente	Proyecto MERESE-FIDA Instituto de Montaña	Instituto de Montaña
Área (km ²)	2.95	2.76
Forma (kc)	1.38	1.31
Cota máxima (m.s.n.m)	4900	4900
Cota mínima (m.s.n.m)	4130	4040
Ecosistema principal ¹	Pajonal de puna húmeda	Pajonal de puna húmeda
Cobertura ²	Pajonal y césped de puna = 63% Escasa vegetación = 33% Bofedal= 4%	Pajonal y césped de puna = 80% Escasa vegetación = 19% Bofedal = 1%
Uso de suelo	Ambas microcuencas se encuentran comprendidas dentro de un área mayor (sector) denominado “Yanacancha, Curiuna-Pampalpa” en donde el pastoreo de animales se realiza entre enero a marzo, como parte del programa EbA-Montaña. El bofedal de la microcuenca Yanacancha, comprende una serie de diques ancestrales y ha sido cercado con postes y malla. A la fecha del estudio, con ayuda del Instituto de Montaña (Proyecto Escalando AbE Montaña) la comunidad venía implementando el reemplazo hacia un cerco vivo (queñual), además por parte del proyecto MERESE-FIDA el área de bofedal tiene compromiso de conservación por 10 años por parte de la comunidad.	

Nota. ³De acuerdo con el Mapa Nacional de ecosistemas del Perú (Public. 2019. MINAM). ⁴La cobertura vegetal fue tomado del Mapa de Vegetación de la RPNYC (RPNYC, 2016). El área correspondiente a bofedales fue adicionada en base al levantamiento con drones realizado en julio de 2019 por EnerTek.

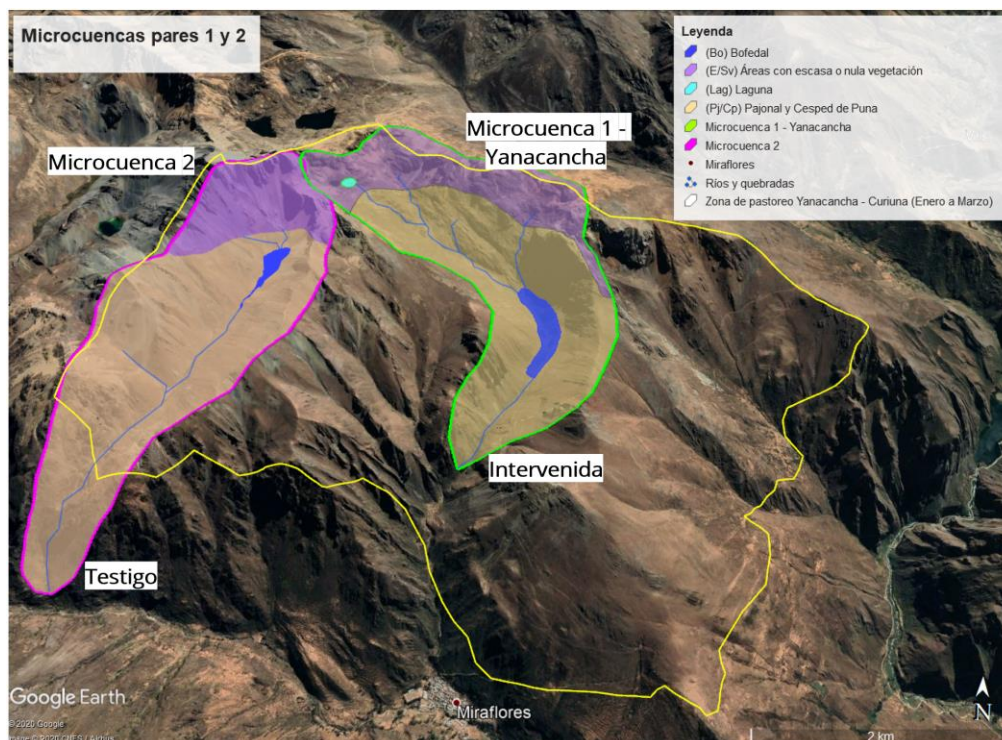


Figura 25: Delimitación de microcuenca 1: Yanacancha y microcuenca 2

Nota. Elaboración propia con imagen satelital de Google Earth.

- **Microcuencas pares 3 y 4**

El segundo par de microcuencas identificadas se ubican en el distrito de Miraflores (microcuencas 3 y 4) a, aproximadamente, cinco horas a pie del pueblo Vitis. En la microcuenca 3 se planteó la actividad de construcción de diques en el bofedal, así como clausura de pastos y conservación; mientras que en la microcuenca 4 se encuentra en una zona destinada al pastoreo entre agosto y diciembre.

El objetivo del sistema de monitoreo hidrológico es conocer el impacto hidrológico de la conservación de bofedal y manejo de pastos.

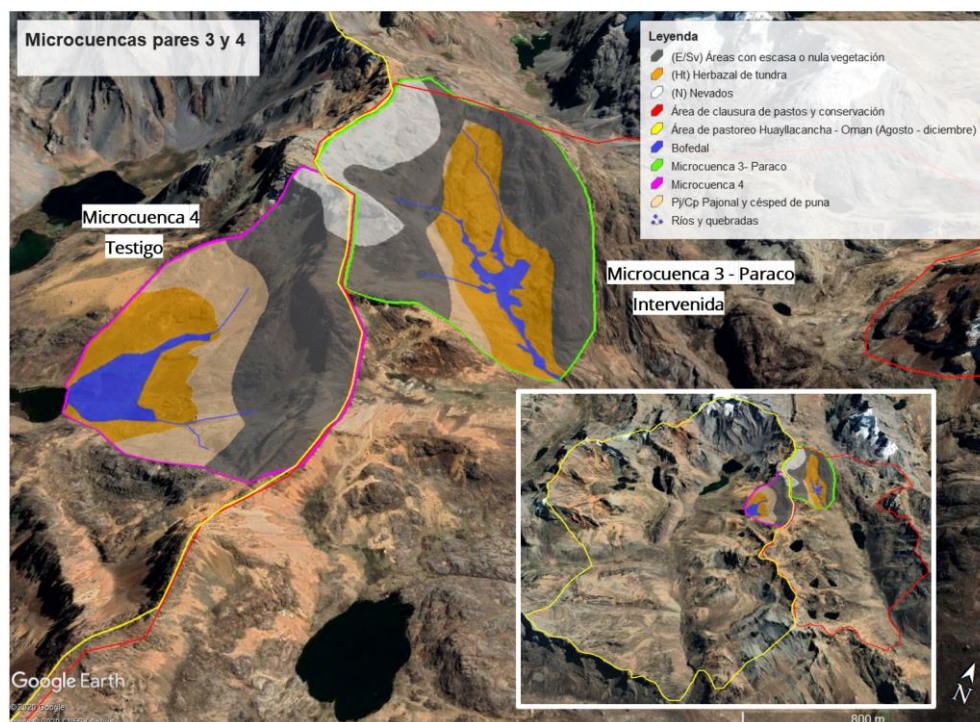


Figura 26: Delimitación de microcuenca 3: Paraco y microcuenca 4

Nota. Elaboración propia con imagen satelital de Google Earth.

Tabla 4: Caracterización de microcuencas pares 3 y 4

Nombre	Microcuenca 3: Paraco	Microcuenca 4
Tipo	Intervenida	Testigo
Ubicación	Miraflores	Miraflores
Actor presente	Proyecto MERESE-FIDA	Instituto de Montaña
Área (km ²)	1.99	1.49
Forma (kc)	1.12	1.12
Cota máxima (m.s.n.m)	5050	5050
Cota mínima (m.s.n.m)	4590	4630
Ecosistema principal ³	Zona periglaciaria o glaciar Pajonal de puna húmeda	Zona periglaciaria o glaciar Pajonal de puna húmeda
Cobertura ⁴	Escasa vegetación = 48 % Herbazal de tundra = 29% Bofedal = 4% Otros = 19%	Escasa vegetación = 44 % Pajonal y césped de puna = 26% Bofedal = 8% Otros = 22%
Uso de suelo	Esta microcuenca se ubica dentro de un área mayor en donde mediante el proyecto MERESE-FIDA se realizó la clausura de pastos y conservación de dicho sector, además, específicamente en la microcuenca 3 se planteó la construcción de barreras (diques).	Esta microcuenca se encuentra comprendida dentro de un área mayor (sector) denominado “Huayllacancha - Oman” en donde el pastoreo de animales se realiza entre agosto a diciembre, como parte del programa EbA-Montaña.

Nota. ³De acuerdo con el Mapa Nacional de ecosistemas del Perú (Public. 2019. MINAM).

⁴La cobertura vegetal fue tomado del Mapa de Vegetación de la RPNYC (RPNYC, 2016). El área correspondiente a bofedales fue adicionada en base al levantamiento con drones realizado en julio de 2019 por EnerTek.

- **Microcuencas pares 5 y 6**

El tercer par de microcuencas identificadas se ubican en el distrito de Tanta (microcuenca 5 y 6) a 40 minutos a pie del pueblo con el mismo nombre. En la microcuenca 5 se vienen llevando a cabo actividades mientras que en la microcuenca 6 existe pastoreo no controlado.

El objetivo del sistema de monitoreo hidrológico es conocer el impacto hidrológico de la conservación de bofedal y manejo de pastos.

Tabla 5: Caracterización de microcuencas pares 5 y 6

Nombre	Microcuenca 5: Chumpes	Microcuenca 6: Huasca
Tipo	Intervenida	Testigo
Ubicación	Tanta	Tanta
Actor presente	Instituto de Montaña Proyecto MERESE-FIDA	-
Área (km ²)	3.02	1.72
Forma (kc)	1.22	1.15
Cota máxima (m.s.n.m)	4940	4880
Cota mínima (m.s.n.m)	4480	4480
Ecosistema principal ⁵	Zona periglaciaria o glaciar Pajonal de puna húmeda	Zona periglaciaria o glaciar Pajonal de puna húmeda
Cobertura ⁶	Escasa vegetación = 70% Herbazal de tundra = 17% Bofedal = 6% Otros = 7%	Escasa vegetación = 66% Herbazal de tundra = 18% Bofedal = 5% Otros = 11%
Uso de suelo	La microcuenca 5 se ubica dentro del sector “Chumpes” en donde mediante el Programa EbA-Montaña se realizó el cercado de dicho sector. Además, mediante el proyecto MERESE-FIDA se realizaba la recuperación y manejo de pastos que consiste en terminar el cercado para la clausura y manejo de estos, además de la construcción de canales internos en el bofedal.	En esta microcuenca existe pastoreo de ovinos y alpacas de manera no controlada.

Nota. ⁵De acuerdo con el Mapa Nacional de ecosistemas del Perú (Public. 2019. MINAM)

⁶La cobertura vegetal fue tomado del Mapa de Vegetación de la RPNYC (RPNYC, 2016). El área correspondiente a bofedales fue adicionada en base al levantamiento con dron realizado en julio de 2019 por EnerTek.

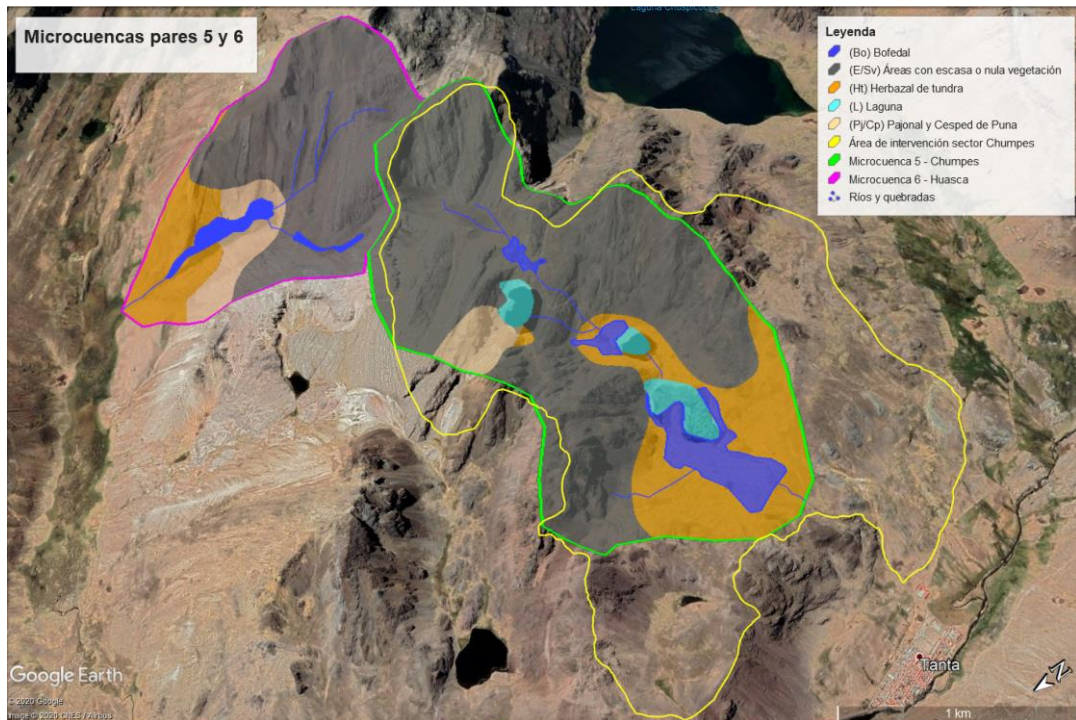


Figura 27: Delimitación de microcuenca 5: Chumpes y microcuenca 6: Huasca

Nota. Elaboración propia con imagen satelital de Google Earth.

b. Microcuencas pares en bosques

Las intervenciones en bosques se caracterizan por ubicarse en zonas de laderas y/o en la parte baja de la microcuenca a la que pertenecen, no se emplazan dentro de un sistema de drenaje definido y el área de las intervenciones en bosques es pequeña en comparación con el área total de la microcuenca a la que pertenece (figuras 28 y 29). Los tipos de bosque presentes en la parte alta de la cuenca son de las especies: lloque, karkac y queñual. Para la identificación de las cuencas pares, es necesario que ambas presenten cobertura del mismo tipo de bosque. Sin embargo, el área de bosque de lloque en la cuenca es muy limitada (área morada en Figura 28) y las intervenciones en bosques (forestación y reforestación) se emplazan en las únicas zonas en donde se encuentra este tipo de bosque, imposibilitando la identificación de una microcuenca par. El mismo caso se repite para el bosque de karkac (área anaranjada en la Figura 28) y las intervenciones planteadas en su extensión.

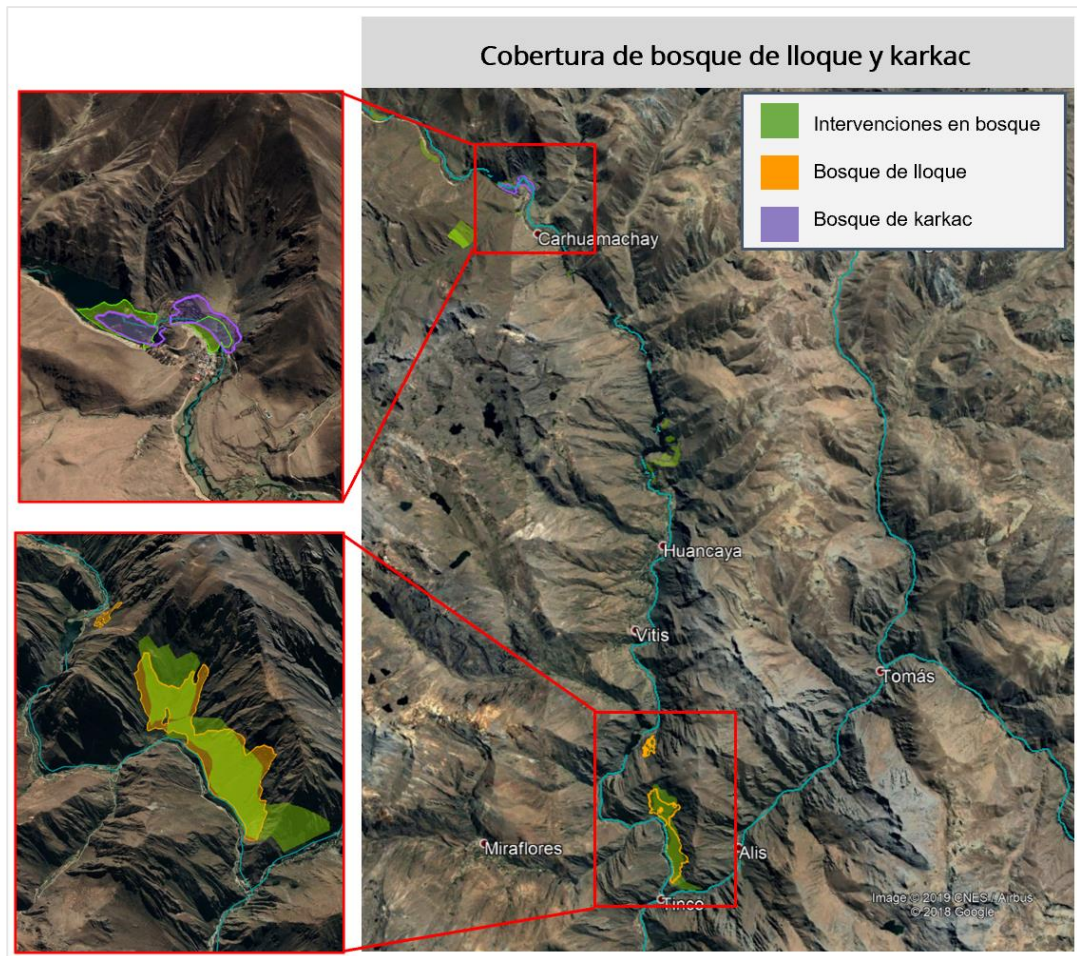


Figura 28: Cobertura de bosque de lloque y karkac en la cuenca Cañete – RPNYC

Nota. Elaboración propia con imagen satelital de Google Earth.

Para el caso de bosque de queñual las zonas con presencia de esta especie son mayores (aumentando las posibilidades de encontrar microcuencas pares para el estudio), sin embargo, las dos intervenciones ubicadas en bosque de queñual presentaron características desfavorables: una de ellas estaba ubicada en la parte baja de una microcuenca; y, la otra, en una ladera.

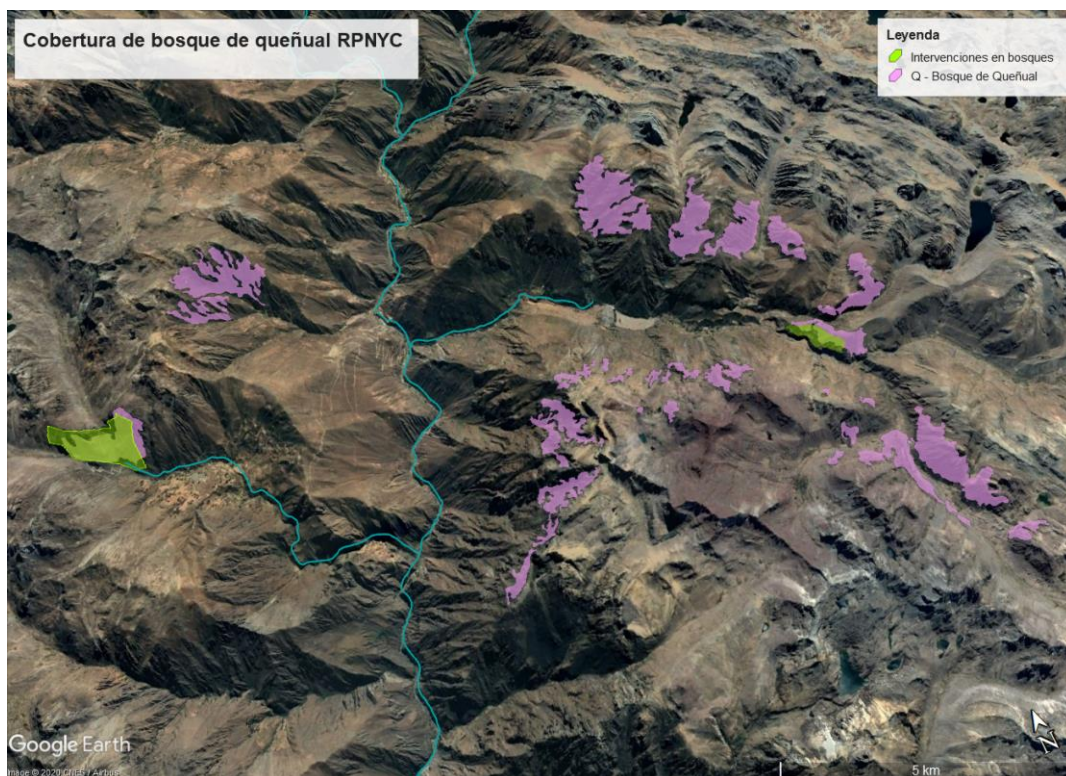


Figura 29: Cobertura de bosque de Queñual en la cuenca Cañete – RPNYC

Nota. Elaboración propia con imagen satelital de Google Earth.

Debido a las características expuestas, no era posible seguir la metodología de microcuencas pares para bosques. La propuesta para el monitoreo de intervenciones en este ecosistema consistió, entonces, en la identificación de un par de microcuencas cercanas a un área de bosque a conservar en donde una microcuenca tenga cobertura de bosque considerable (microcuenca testigo) y la otra cercana, tenga escasa cobertura de bosque (microcuenca intervenida). Considerando que los resultados de monitoreo a obtener podrían ser extrapolados hacia el área intervenida.

- **Microcuencas pares 7 y 8**

El cuarto par de microcuencas identificadas se ubica en el distrito de Laraos (microcuencas 7 y 8) a, aproximadamente, una hora del pueblo con el mismo nombre. La primera de ellas presenta cobertura de bosque de queñual en, aproximadamente, 30%, mientras que la otra presenta bosque en un menor porcentaje (3%).

El objetivo del sistema de monitoreo hidrológico será conocer el impacto hidrológico comparando microcuencas con diferente porcentaje de cobertura de bosque de queñual.

Tabla 6: Caracterización de microcuencas pares 7 y 8

Nombre	Microcuenca 7: Sacata	Microcuenca 8: Shajtura
Tipo	Intervenida	Testigo
Ubicación	Laraos	Laraos
Actor presente	-	-
Área (km ²)	5.29	5.22
Forma (kc)	1.21	1.13
Cota máxima (m.s.n.m.)	4900	5000
Cota mínima (m.s.n.m.)	3990	3890
Ecosistema principal ⁷	Pajonal de puna húmeda Bosque relicto altoandino	Pajonal de puna húmeda
Cobertura ⁸	Pajonal y césped de puna = 35% Bosque de queñual = 30% Escasa vegetación = 21% Otros = 14%	Pajonal y césped de puna = 29% Bosque de queñual = 3% Escasa vegetación = 42% Otros = 26%
Uso de suelo	Ambas microcuencas son usadas por la comunidad para el pastoreo y no cuentan con un plan de manejo de pastos.	

Notas. ⁷ De acuerdo con el Mapa Nacional de ecosistemas del Perú (Public. 2019. MINAM). ⁸ La cobertura vegetal fue tomado del Mapa de Vegetación de la RPNYC (RPNYC, 2016).

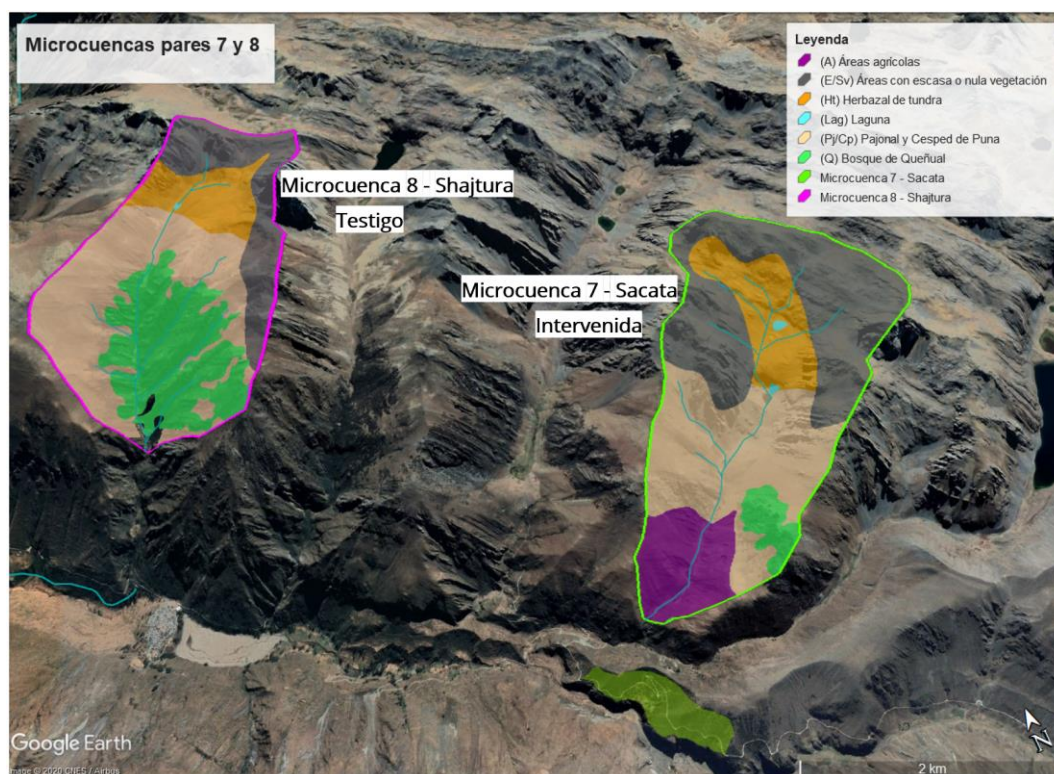


Figura 30: Delimitación de microcuenca 7: Sacata y microcuenca 8: Shajtura

Nota. Elaboración propia con imagen satelital de Google Earth.

4.4. Variables e indicadores del monitoreo

Concluida la identificación de cuatro pares de microcuencas, la siguiente etapa consistió en determinar las variables e indicadores para el monitoreo.

4.4.1. Variables

Las variables del monitoreo planteadas para cada una de las microcuencas fueron: caudal, nivel y precipitación. Estas pueden ser medidas de manera directa y/o indirecta a partir de diferentes métodos, equipos o instrumentos, de manera puntual o continua.

Para la medición de estas variables, en cada microcuenca se propuso instalar una estación de aforos (variable caudal y nivel) y una estación pluviométrica (variable precipitación), entendiéndose como estación al espacio designado para obtener un registro de información hidrométrica y/o meteorológica.

Tabla 7: Métodos directos e indirectos para obtención de variables

Variable	Caudal	Nivel	Precipitación
Definición	Relación de volumen de agua que discurre a través de una sección en un tiempo determinado.	Altura de la columna de agua en la sección de control. Distancia desde la cresta del vertedero (punto más bajo de la sección triangular) hasta el espejo de agua, aguas arriba.	Producto líquido o sólido de la condensación del vapor de agua que cae de las nubes o del aire y se deposita en el suelo.
Unidades	m ³ /s	m	mm
Métodos directos	A partir de método volumétrico. <i>Método de medición puntual</i>	Leído directamente en la regla limnimétrica	Registro de precipitación acumulada en un pluviómetro con registrador.
Métodos indirectos	Calculado a partir de ecuación del vertedero de pared delgada la cual tiene como variable principal el nivel de agua. <i>Método de medición permanente</i> Calculado a través de métodos acústicos <i>Método de medición puntual</i> Calculado a partir de dilución de trazador de NaCl <i>Método de medición puntual</i>	Equipos que permiten registrar el nivel del agua: • Transductores de presión • Equipos ultrasónicos • Equipos de radar Para las condiciones existentes, se recomienda el transductor de presión <i>Método de medición continua</i>	Información satelital
Comentarios	Composición básica de estaciones: • Estación de aforo: vertedero de pared delgada, sensores registradores y regla limnimétrica. • Estación pluviométrica: pluviómetro, registrador. Métodos complementarios o de verificación de caudal: método volumétrico y/o métodos acústicos		

Como parte del sistema de monitoreo se propuso una ficha a detalle para cada variable que contenía información de: definición de la variable, unidades de medición, resolución, frecuencia de medición, fórmula de obtención, métodos de verificación, método de registro de datos, operación, calibración y mantenimiento (para el caso de equipos), recomendaciones (especificaciones técnicas, procesamiento de registros, instalación, cuando aplicaba para algunos casos).

4.4.2. Indicadores

Los indicadores son construidos a partir de las variables propuestas y permitirán responder a las preguntas de investigación respecto al impacto del servicio ecosistémico de regulación hídrica. Los indicadores planteados fueron:

- Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH)
- Caudal base (Q_b) específico en estiaje
- Coeficiente de escorrentía (R_c) anual
- Área de cobertura vegetal (C_v)
- Disponibilidad de agua en época de estiaje (Q_{50} específico en estiaje)

Para cada indicador se propuso una ficha de descripción que incluyó: Definición del indicador, frecuencia de análisis, variables, fórmula / método de obtención, unidades, índices para su interpretación, entre otros. En la Tabla 8 se resume los indicadores propuestos.

Tabla 8: Resumen de indicadores propuestos

Indicador	IRH	Qb específico en estiaje	Rc anual	Cv	Q ₅₀ específico en estiaje
Definición	<p>Evalúa la capacidad de la cuenca para mantener un régimen de caudales por lo cual permite evaluar la capacidad de regulación del sistema en general.</p> <p>Mide la capacidad de retención de humedad de las cuencas con base en la distribución de las series de frecuencias acumuladas de los caudales diarios.</p>	<p>Qb: Flujo sostenido de una corriente en ausencia de escorrentía directa, sustentado en gran medida por las descargas de aguas subterráneas.</p> <p>Qb específico en estiaje: Caudal base normalizado por el área de captación durante el periodo seco.</p>	<p>Rc: Relaciona el volumen total de agua que discurre en el cauce durante un año con el volumen total de la precipitación que ingresa a la cuenca en el mismo periodo de tiempo.</p>	<p>Área de un tipo de cobertura vegetal de un periodo dado (anual o época de estiaje y época de lluvia). Pudiendo ser: área de bosque, pajonal, matorral, humedal, etc.</p> <p>Capa de vegetación que cubre la superficie terrestre, de manera natural o inducida.</p>	<p>Sirve para comparar la respuesta hidrológica de un par de microcuencas durante estiaje, considerando un valor arbitrario de percentil 50 (Q50).</p> <p>Se asume el caudal igualado o excedido el 50% del tiempo (Q50) como referencia para la comparación entre microcuencas pares y para los siguientes años.</p>
Frecuencia	Anual	Anual	Anual	Varía de acuerdo con el tipo de ecosistema. (1 – 2 años)	Anual
Unidades	Adimensional	m ³ /s / km ² l/s / ha	Adimensional	ha %	
Variables / Datos necesarios	<p>En base en la curva de duración de caudales (CDC) medios diarios.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Vp: volumen representado por el área que se encuentra por debajo de la línea de Q50 ● Vt: volumen total representado por el área bajo la CDC 	<ul style="list-style-type: none"> ● Caudal instantáneo diario específico ● Hidrograma para la segregación del caudal directo y caudal base 	<p>A partir del gráfico de volúmenes anuales acumulados:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● ΣPp (mm) = Precipitación anual acumulada (mm) ● ΣQ (mm) = Caudal anual acumulado (mm) 	<p>Dependiendo del método de obtención:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Imágenes espaciales (satelital, ortofoto) ● Estimación 	Q50 específico para ambas microcuencas
Fórmula	IRH = Vp / Vt	<p>Existen diferentes métodos para la separación del Qb y caudal directo, siendo el Qb un valor complejo de adquirir. Los métodos comprenden: Método gráfico de separación por evento y método de separación mediante ecuaciones de filtrado digital (algoritmos).</p>	$Rc = \Sigma Q / \Sigma Pp$	-	A partir de la curva de duración de caudales (CDC)
Índices	<ul style="list-style-type: none"> ● Menor a 0.5: capacidad de retención muy baja. ● Entre 0.5 a 0.65: capacidad de retención baja. ● Entre 0.65 a 0.7: capacidad de retención moderada. ● Entre 0.75 a 0.85: capacidad de retención alta. ● Mayor a 0.85: capacidad de retención muy alta. 	-	<p>A menor coeficiente de escorrentía, menor caudal escurrido.</p> <p>$0 \leq Rc \leq 1$</p> <p>Menor caudal escurrido puede significar: Mayor retención del suelo (por raíces), mayor interceptación, mayor consumo de especies vegetales, menor evaporación y posiblemente mayor infiltración profunda y mayor caudal de estiaje.</p>	-	-

4.5. Objetivos específicos del monitoreo, preguntas de investigación y propuesta de respuestas

Para cada par de microcuencas identificadas, se plantearon los objetivos de monitoreo (Tabla 9). Además, se desarrollaron preguntas de investigación que permitan cumplir con los objetivos específicos; las respuestas a cada pregunta de investigación se propusieron a partir de la interpretación de los indicadores, que a su vez son calculados con información de las variables expuestas (tablas 10 y 11).

4.5.1. Objetivos específicos del monitoreo

En la Tabla 9 se detallan los objetivos específicos del monitoreo de cada par de microcuencas, de acuerdo con sus características particulares previamente descritas.

Tabla 9: Objetivos específicos del monitoreo para cada par de microcuencas

Ecosistema	Microcuencas pares		Objetivo	Ubicación
	Intervenida	Testigo		
Pastizal y bofedal	Microcuenca 1: Yanacancha	Microcuenca 2	Conocer el impacto hidrológico de la conservación de bofedales en microcuencas con manejo de pastos.	Miraflores
Pastizal y bofedal	Microcuenca 3: Paraco	Microcuenca 4	Conocer el impacto hidrológico de la conservación de bofedal y manejo de pastos.	Miraflores
Pastizal y bofedal	Microcuenca 5: Chumpes	Microcuenca 6: Huasca	Conocer el impacto hidrológico de la conservación de pastos y restauración de bofedales comparado con el pastoreo estacional.	Tanta
Bosque de queñual	Microcuenca 7: Sacata	Microcuenca 8: Shajtura	Conocer el impacto hidrológico comparando microcuencas con diferentes porcentajes de cobertura de bosque de queñual	Laraos

4.5.2. Preguntas de investigación y respuestas a partir de indicadores

Las preguntas de investigación fueron planteadas principalmente para el servicio ecosistémico priorizado de acuerdo con el DHR: regulación hídrica, sin embargo, debido a la disponibilidad de variables y pertinencia, es posible resolver preguntas referidas al servicio ecosistémico de rendimiento hídrico.

a. Ecosistema: pastizal y bofedal

En la Tabla 10 se muestran las preguntas, indicadores y respuestas planteadas para conocer el impacto de las intervenciones sobre la regulación hídrica y en la Tabla 11, sobre el rendimiento hídrico; para las microcuencas en ecosistemas de pastizal y bofedal.

Tabla 10: Preguntas, indicadores y respuestas de regulación hídrica relacionadas a los ecosistemas pastizal y bofedal

SERVICIO ECOSISTÉMICO: REGULACIÓN HÍDRICA					
Microcuencas pares	Pregunta	Indicadores			Respuesta
		Qb específico en estiaje	IRH	Q ₅₀ específico en estiaje	
M1: Yanacancha M2	¿La conservación de bofedales e implementación de diques aumenta el caudal base en época estiaje?	✓			Mayor Qb específico para el mismo periodo (estiaje), indica mejor regulación del escurrimiento que no está asociado directamente a la lluvia
M3: Paraco M4	¿La conservación de pastos y restauración de bofedales comparado con el pastoreo estacional aumenta el caudal base en época estiaje?	✓			SI: Qb específico MI > Qb específico MT, en estiaje NO: Qb específico MI < Qb específico MT, en estiaje
M5: Chumpes M6: Huasca	¿La conservación de bofedal y manejo de pastos comparado con el pastoreo no regulado aumenta el caudal base época en estiaje?	✓			
M1: Yanacancha M2	¿La conservación de bofedales e implementación de diques regula el recurso hídrico en época de estiaje?		✓		Mayor valor de IRH indica que al menos el 50% del tiempo (1 año) la microcuenca mantiene un volumen de caudal superficial mayor en comparación con su par.
M3: Paraco M4	¿La conservación de pastos y restauración de bofedales comparado con el pastoreo estacional regula el recurso hídrico en época de estiaje?		✓		
M5: Chumpes M6: Huasca	¿La conservación de bofedal y manejo de pastos comparado con el pastoreo no regulado, regula el recurso hídrico en época de estiaje?		✓		SI: IRH de MI > IRH de MT NO/ No precisa: IRH de MI ≤ IRH de MT
M1: Yanacancha M2	¿La conservación de bofedales e implementación de diques aumenta la disponibilidad de agua en época de estiaje?			✓	Mayor Q ₅₀ específico indica mayor disponibilidad del recurso hídrico el 50% del tiempo (1 año).
M3: Paraco M4	¿La conservación de pastos y restauración de bofedales comparado con el pastoreo estacional aumenta la disponibilidad de agua en época de estiaje?			✓	SI: Q ₅₀ específico MI > Q ₅₀ específico MT NO/ No precisa: Q ₅₀ específico MI ≤ Q ₅₀ específico MT
M5: Chumpes M6: Huasca	¿La conservación de bofedal y manejo de pastos comparado con el pastoreo no regulado aumenta la disponibilidad de agua en época de estiaje?			✓	

Nota. Preguntas, indicadores y respuestas planteadas para conocer el impacto de las intervenciones en los ecosistemas pastizal y bofedal sobre el servicio ecosistémico de regulación hídrica. MT= Microcuenca Testigo, MI= Microcuenca intervenida.

Tabla 11: Preguntas, indicadores y respuestas de rendimiento hídrico relacionadas a los ecosistemas pastizal y bofedal

SERVICIO ECOSISTÉMICO: RENDIMIENTO HÍDRICO			
Microcuencas pares	Pregunta	Indicador	Respuesta
		Rc anual	
M1: Yanacancha	¿La conservación de bofedales e implementación de diques permite un menor escurrimiento superficial?	✓	A menor coeficiente de escorrentía, menor caudal escurrido
M2			
M3: Paraco	¿La conservación de pastos y restauración de bofedales comparado con el pastoreo estacional permite un menor escurrimiento superficial?	✓	SI: Rc anual MI > Rc anual MT
M4			
M5: Chumpes	¿La conservación de bofedal y manejo de pastos comparado con el pastoreo no regulado permite un menor escurrimiento superficial?	✓	NO/ No precisa: Rc anual MI ≤ Rc anual MT
M6: Huasca			

Nota. Preguntas, indicadores y respuestas planteadas para conocer el impacto de las intervenciones en los ecosistemas pastizal y bofedal sobre el servicio ecosistémico de rendimiento hídrico. MT= Microcuenca Testigo, MI= Microcuenca intervenida.

b. Ecosistema: Bosque de queñual

En la Tabla 12 se resumen las preguntas, indicadores y respuestas planteadas para conocer el impacto de las intervenciones sobre la regulación hídrica y en la Tabla 13, sobre el rendimiento hídrico; para las microcuencas en ecosistemas de bosque de queñual.

Tabla 12: Preguntas, indicadores y respuestas de regulación hídrica relacionadas al ecosistema bosque de queñual

SERVICIO ECOSISTÉMICO: REGULACIÓN HÍDRICA					
Micro-cuencas pares	Pregunta	Indicadores			Respuesta
		Cv de bosque de queñual	Qb específico en estiaje	IRH	
M7: Sacata	¿Mayor cobertura de bosque (queñual) aumenta el caudal base en época de estiaje?	✓	✓		Mayor Qb específico para el mismo periodo (estiaje), indica mejor regulación del escurrimiento que no está asociado directamente a la lluvia. SI: Qb específico MT > Qb específico MI, en estiaje NO: Qb específico MT < Qb específico MI, en estiaje
M8: Shajtura	¿El aumento de cobertura de bosque (queñual) regula el caudal superficial en época de estiaje?	✓			Mayor valor de IRH indica que al menos el 50% del tiempo (1 año) la microcuenca mantiene un volumen de caudal superficial mayor en comparación con su par. SI: IRH de MT > IRH de MI NO/ No precisa: IRH de MT ≤ IRH de MI
	¿El aumento de cobertura de bosque (queñual) aumenta la disponibilidad de agua en época de estiaje?		✓	✓	Mayor Q50 específico indica mayor disponibilidad del recurso hídrico el 50% del tiempo (1 año). SI: Q50 específico MT > Q50 específico MI NO/ No precisa: Q50 específico MT ≤ Q50 específico MI

«Continuación»

SERVICIO ECOSISTÉMICO: REGULACIÓN HÍDRICA						
Micro-cuencas pares	Pregunta	Indicadores				Respuesta
		Cv de bosque de queñual	Qb específico en estiaje	IRH	Q50 específico en estiaje	
M7: Sacata	¿El aumento de cobertura de bosque (queñual) aumenta la disponibilidad de agua en época de estiaje?		✓		✓	Mayor Q50 específico indica mayor disponibilidad del recurso hídrico el 50% del tiempo (1 año). SI: Q50 específico MT > Q50 específico MI NO/ No precisa: Q50 específico MT ≤ Q50 específico MI

Nota. Preguntas, indicadores y respuestas planteadas para conocer el impacto de las intervenciones en el ecosistema bosque de queñual sobre el servicio ecosistémico de regulación hídrica. MT= Microcuenca Testigo, MI= Microcuenca intervenida.

Tabla 13: Preguntas, indicadores y respuestas de rendimiento hídrico relacionadas al ecosistema bosque de queñual

SERVICIO ECOSISTÉMICO: RENDIMIENTO HÍDRICO				
Microcuencas pares	Pregunta	Indicador		Respuesta
		Rc anual	Cv de bosque de queñual	
M7: Sacata	¿Mayor cobertura de bosque (queñual) genera menor escurrimiento superficial?	✓	✓	A menor coeficiente de escorrentía, menor caudal escurrido
M8: Shajtura				SI: Rc anual MT > Rc anual MI NO: Rc anual MT < Rc anual MI

Nota. Preguntas, indicadores y respuestas planteadas para conocer el impacto de las intervenciones en el ecosistema bosque de queñual sobre el servicio ecosistémico de rendimiento hídrico. MT= Microcuenca Testigo, MI= Microcuenca intervenida.

4.6. Diseño de estaciones

Una vez identificadas las microcuencas y definidas las variables e indicadores para conocer el impacto de las intervenciones sobre el servicio ecosistémico hídrico, la última fase del diseño corresponde al dimensionamiento de las estaciones que permitirán obtener los datos de campo. Se propuso para cada microcuenca, una estación de aforo y dos estaciones pluviométricas (Figura 31).



Figura 31: Ejemplo de estaciones en cuencas pares

FUENTE: Tomado de Mountain EVO (2017).

Para cada tipo de estaciones se detallaron las características del equipamiento, materiales, instalación, mantenimiento, operación, verificación y calibración, así como una propuesta de marcas y modelos.

4.6.1. Estaciones de aforo

Las estaciones de aforo recogen variables de nivel y caudal y están compuestas por:

- Sección de control: vertedero metálico de pared delgada.
- Punto de medición de nivel, compuesto de tubo tranquilizador, regla limnimétrica y sensor de medición de nivel (transductor de presión).
- Paredes de encauzamiento.

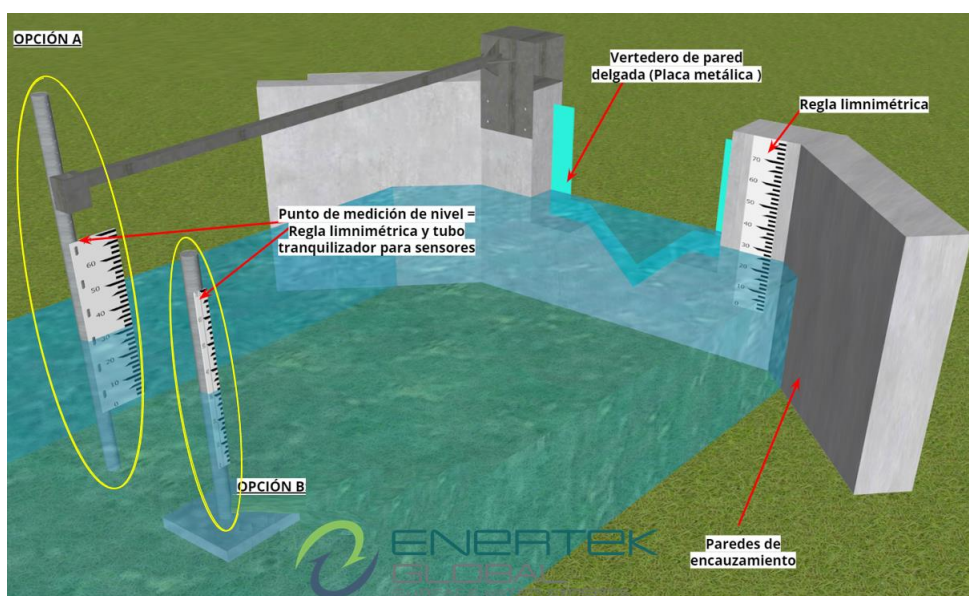


Figura 32: Componentes de las estaciones de aforos

Las características generales del equipamiento se indican en la Tabla 14.

Tabla 14: Equipamiento para estaciones de aforo

Categoría	Vertedero	Regla limnimétrica	Sensor de nivel (transductor de presión)
Unidades de medición	l/s	m	m
Resolución	mínima de 0.01l/s	0.5 cm o mejor	± 0,3 cm o mejor
Frecuencia de medición	De acuerdo con la operación	Antes y después de cada manipulación a los sensores como mínimo.	5 minutos. Sincronización de equipos registradores
Frecuencia de descarga de datos	1 vez al mes	1 vez al mes	1 vez al mes
Imagen			

a. Emplazamiento

El vertedero debe de ser instalado en un lugar en el que, aguas arriba del mismo, sea un tramo recto desde una distancia mínima, al menos 10 veces mayor que la altura de la carga total de agua sobre la cresta del vertedero (h_2 en la Figura 33). El flujo de agua que ingresa al vertedero debe ser regular y sin remolinos y la velocidad del agua, inmediatamente aguas arriba del vertedero, no debe exceder 0,14 m/s. El vertedero debe estar centrado en el canal y nivelado en todas sus direcciones. Si la cresta del vertedero tiene bisel, este debe establecerse aguas abajo. Así mismo, el canal aguas abajo del vertedero (para canales de tierra) debe ser reforzado para contrarrestar el efecto de la erosión hídrica.

El punto de medición del vertedero está conformado por una regla limnimétrica y un sensor de medición de nivel. La regla permite no solo obtener medidas in situ si no también como medio de calibración y verificación de las mediciones del sensor de nivel. La regla debe estar colocada en el sentido del flujo del agua de manera tal que no genere turbulencia y debe mantener una posición fija, nivelada horizontal y verticalmente. El nivel cero “0” de la regla limnimétrica y el nivel cero “0” del vertedero (cresta del vertedero) deben encontrarse en el mismo plano horizontal.

Respecto al sensor de nivel, existen diferentes tipos, sin embargo, el propuesto fue el transductor de presión. El sensor de nivel se ubica dentro de un tubo tranquilizador con orificios que permiten el flujo del agua, adicionalmente se propuso que el tubo este acompañado de una regla limnimétrica (Figura 33); así mismo, debe considerar el ancho del cauce mínimo o en época de estiaje en el lugar de emplazamiento, de manera tal que, la tubería se encuentre siempre en la zona con flujo de agua. Finalmente, la pérdida de carga puede afectar la lectura correcta del nivel si éste es tomado directamente en la pared del vertedero; por ello el punto de medición de nivel debe estar ubicado entre 3 y 5 veces el nivel máximo de la altura de la carga total de agua sobre la cresta del vertedero (h_2).

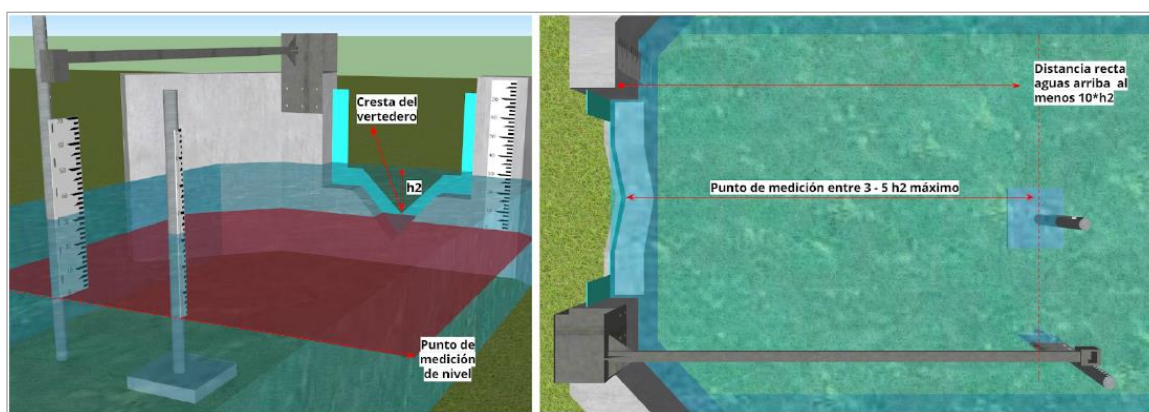


Figura 33: Propuesta para emplazamiento de estaciones de aforo

Nota. Donde h_2 = altura de la carga total de agua sobre la cresta del vertedero.

b. Materiales

Para las paredes de encauzamiento, zapata y losa se recomendó concreto armado de 210 kg/cm^2 con varillas corrugadas de 10 mm. Para las reglas limnimétricas: acero inoxidable de 2 mm mínimo con lámina reflectiva grado de ingeniería. Para la sección de control (placa metálica): acero inoxidable de mínimo 4 mm de espesor. Y para el tubo tranquilizador, todos los componentes en acero inoxidable.

c. Instalación

La instalación comprende actividades de: compra de materiales, equipos y herramientas, transporte de materiales y equipos a la localidad más cercana, puesta en obra de materiales y herramientas, taller para la ejecución de obras pues se

considera la participación de las comunidades para mano de obra (así como apoyo en la gestión de las estaciones – sección 4.9), acondicionamiento del terreno (incluye limpieza, desviación del cauce, excavación, nivelación, encofrado, vaciado de concreto para losa, zapata y paredes), emplazamiento de vertedero, nivelación de reglas, montaje y configuración de sensor, calibración y pruebas de funcionamiento. Como recomendación general para toda instalación a realizarse en el cauce de un río, esta debe de ser ejecutada durante época de estiaje debido a que adversas condiciones climáticas e hidrológicas significan mayores esfuerzos y recursos durante la instalación de esta.

d. Mantenimiento

El mantenimiento de la estación de aforos comprende acciones de limpieza de: reglas y orificios del tubo tranquilizador para evitar acumulación de sedimentos que impidan el correcto flujo del agua y del sensor de nivel para verificar que el punto de lectura no haya sido obstruido por acumulación de sedimentos. Así como, la limpieza del cauce del río, principalmente, aguas arriba del vertedero para evitar acumulación de vegetación y sedimentos o rocas que ocasionen un cambio en la geometría del canal y de sus condiciones hidráulicas.

e. Operación

Una vez instalada la estación de aforos se recomienda que la frecuencia de descarga de datos y mantenimiento de los sensores sea al menos una vez al mes; así mismo, se propuso una frecuencia de medición del sensor de nivel de cada cinco minutos y toma de lectura de las reglas limnimétricas, al menos antes y después de cada manipulación a los sensores. Además, se recomienda que las lecturas de los sensores de las estaciones estén sincronizadas con la finalidad de mantener uniformidad para el procesamiento de la información.

Se propuso, además, fichas para el registro de los niveles observados e información descargada de los sensores; así como, las pautas para el procesamiento de la información de niveles. Finalmente, se propuso una ficha para el cálculo de caudal (conversión de niveles a caudales mediante la aplicación de las ecuaciones de los vertederos).

f. Verificación y calibración

Si bien los vertederos permiten obtener información confiable de caudal en las quebradas, es recomendable realizar aforos de verificación de la curva de descarga. A partir de estas mediciones (al menos 10, a diferentes niveles) se podrán calibrar los coeficientes de las ecuaciones de las curvas de descarga para cada vertedero. Los aforos de verificación pueden realizarse mediante el método directo volumétrico o mediante métodos indirectos (equipos acústicos o trazador de NaCl) de acuerdo con las condiciones de cada sitio y disponibilidad de recursos. Es importante tener en cuenta que los coeficientes de las ecuaciones de descarga pueden ser ajustados si se detecta que la precisión del vertedero es mayor al 5%.

4.6.2. Estaciones pluviométricas

Las estaciones pluviométricas recogen la variable de precipitación y están compuestas de: pluviómetro de cubeta basculante con registrador de datos y calentador, mástil y base, accesorios (opcionales) como protección contra aves y viento, cables de conexión y cerco perimétrico. La Figura 34 muestra el diseño referencial para las estaciones pluviométricas.

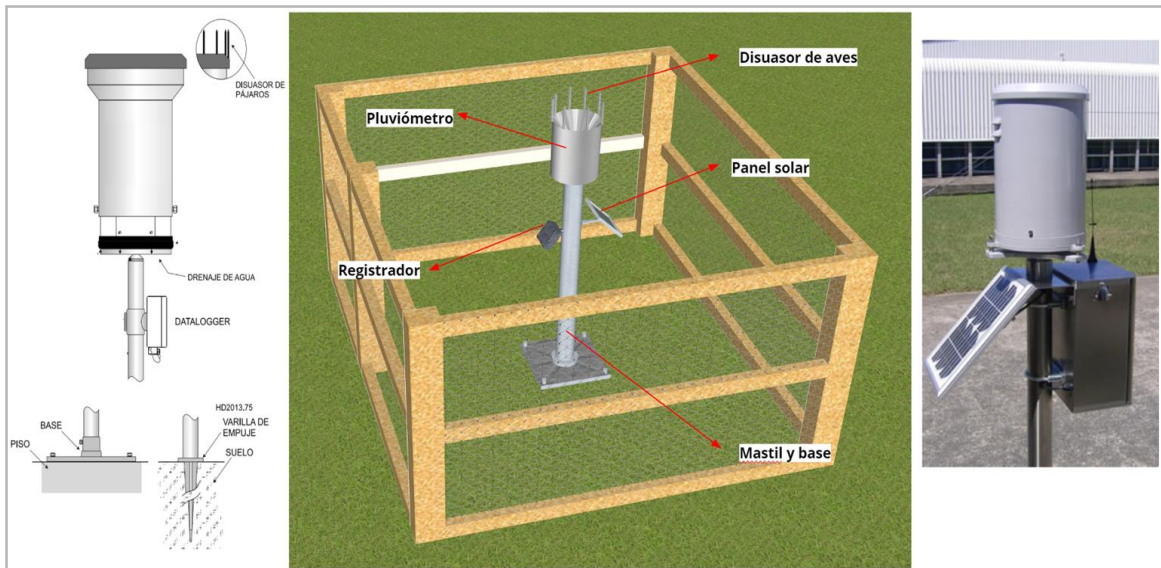


Figura 34: Componentes de estaciones pluviométricas

Las características generales del equipamiento se indican en la Tabla 15.

Tabla 15: Equipamiento para estaciones pluviométricas

Categoría	Cubeta basculante	Registrador	Calefactor (opcional)
Unidades de medición	mm	mm	-
Resolución	0,2 mm o mejor	0,050 a 1,599 mm/muestra	0,2 mm o mejor
Frecuencia de medición	Evento	Evento	Evento
Frecuencia de descarga de datos	1 vez al mes	1 vez al mes	1 vez al mes
Otros	Protección IP 64	Protección IP 67	Protección IP 67

a. Emplazamiento

Las recomendaciones para el emplazamiento de las estaciones pluviométricas tienen como fuente principal la Guía de prácticas hidrológicas de la Organización Meteorológica Mundial (Organización Meteorológica Mundial [OMM], 2011).

El pluviómetro debe estar protegido del viento para impedir los errores de medición que se pudieran originar por este motivo, de ser posible en todas las direcciones por barreras tales como árboles o arbustos, cuya altura sea lo más uniforme posible. La boca de captación debe ubicarse lo más bajo posible con relación al suelo dado que la velocidad del viento aumenta con la altura, pero lo suficientemente elevado para evitar que la precipitación que cae salpique e ingrese al orificio de captación causando lecturas erróneas.

La normativa de la OMM señala un rango de 1,5 a 2 metros de altura para la instalación de este instrumento. La distancia de cualquier objeto respecto del pluviómetro no debería ser inferior al doble de su altura por encima de la boca de captación. Se debe procurar evitar las pendientes y suelos fuertemente inclinados en una dirección, sobre todo si ésta coincide con la del viento predominante. Se recomienda cercar la estación pluviométrica para protección de personas o animales que puedan poner en riesgo los equipos, mediante un cerco de aproximadamente 9 m².

b. Materiales

Se recomienda instalar la base y el mástil del pluviómetro sobre una pequeña base o losa de concreto simple. Para el cerco de protección pueden emplearse postes de madera y alambrado o estructura metálica (galvanizado).

c. Instalación

La instalación comprende actividades de: compra de materiales, equipos y herramientas, transporte de materiales y equipos a la localidad más cercana, puesta en obra de materiales y herramientas, taller para la ejecución de obras, acondicionamiento del terreno, construcción de cerco, montaje de pluviómetro, configuración y pruebas de funcionamiento.

d. Mantenimiento

El mantenimiento de la estación pluviométrica comprende acciones de limpieza del pluviómetro principalmente, así como del panel solar que alimenta al registrador de datos. Se recomienda verificar que no haya residuos, hojas, suciedad al interior de la cubeta o cualquier otra cosa que pueda obstruir el flujo de agua.

e. Operación

Una vez instalada la estación de pluviométrica se sugiere que la frecuencia de descarga de datos y mantenimiento de los sensores sea al menos una vez al mes y que las lecturas de los registradores estén sincronizadas con la finalidad de mantener uniformidad para el procesamiento de la información. Se recomienda mantener registro de la fecha de instalación de baterías del registrador con la finalidad de realizar el cambio oportuno y evitar pérdidas de información, así mismo se deberá de verificar el estado de la batería del panel solar.

Se propuso, además, una ficha para el registro de la precipitación, así como las pautas para el procesamiento de la información, cálculos y obtención de resultados finales.

f. Verificación y calibración

Es posible verificar el correcto funcionamiento del pluviómetro de la siguiente

manera: aplicar una cantidad conocida de agua muy lentamente, tomar la lectura y verificar, de acuerdo con la cantidad de agua, que el equipo marque la cantidad de lluvia esperada, considerando el tiempo de duración de la prueba. Otro método de verificación es mediante la instalación de un pluviómetro totalizador.

4.6.3. Dimensionamiento de vertederos

Para el dimensionamiento de los vertederos es necesario contar con el caudal máximo instantáneo, así como con el ancho del cauce de las quebradas en donde se emplazarán las estructuras; esta información es considerada en la aplicación de las ecuaciones hidráulicas de diseño que se encuentran en función a la geometría del vertedero. El flujo máximo de medición fue estimado a partir de información pluviométrica y el ancho del cauce fue obtenido en campo mediante levantamiento fotogramétrico.

a. Revisión de información de precipitación disponible

Se contó con una serie de datos de precipitación mensual del periodo 1986 al 2016 (30 años) del SENAMHI para 10 estaciones (MERESE-FIDA, 2018), de las cuales cinco se ubican en la parte alta de la cuenca Cañete y solo dos de ellas en las cercanías a algunas microcuencas de monitoreo y con niveles altitudinales similares a los de las microcuencas identificadas (Figura 35). Las estaciones seleccionadas para el análisis fueron las de Tanta (4323 m.s.n.m.) y Yauricocha (4560 m.s.n.m.).

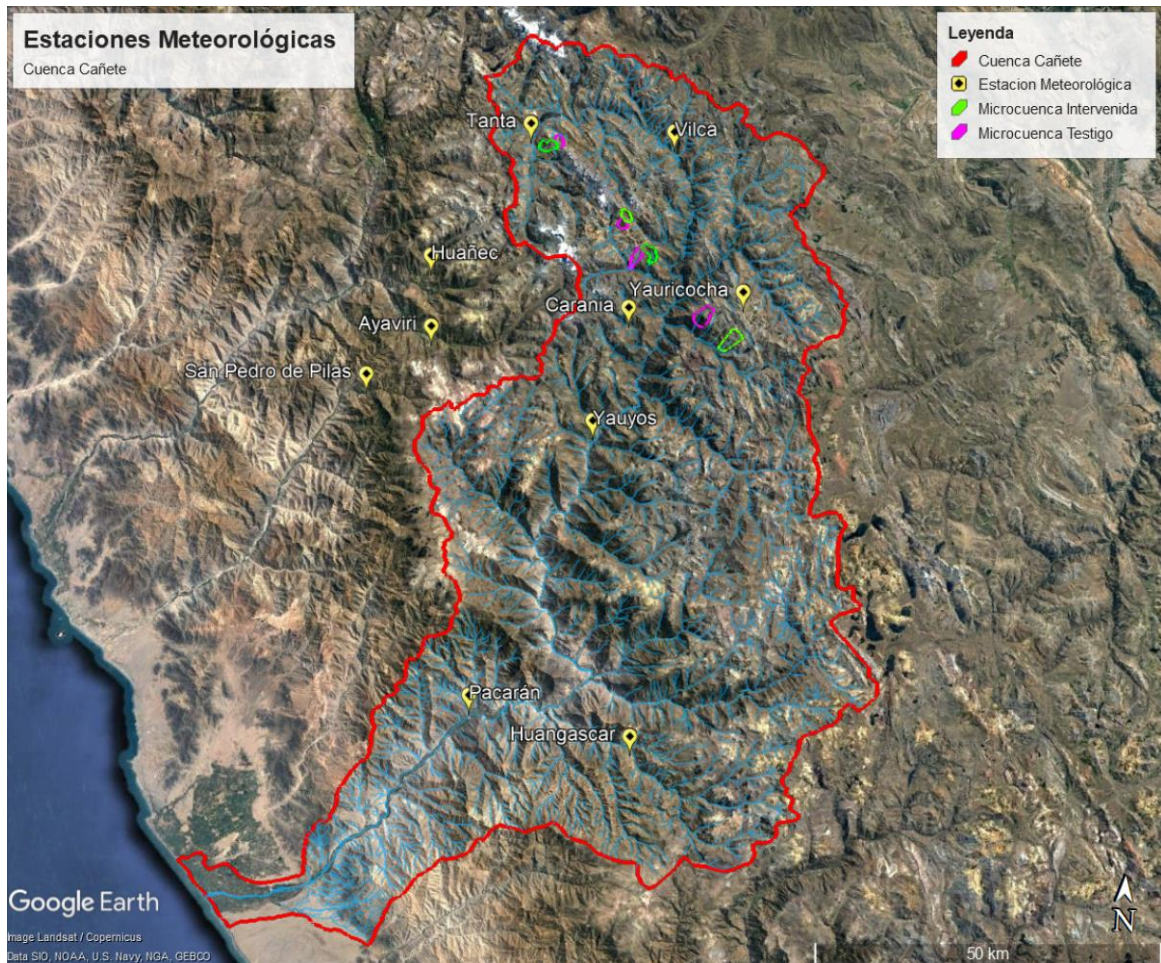


Figura 35: Ubicación de estaciones meteorológicas SENAMHI (1986 – 2016)

Nota. Elaboración propia con imagen satelital de Google Earth.

b. Cálculo de caudal instantáneo

Se calcularon los caudales instantáneos máximo y mínimo para las ocho microcuencas en función a área de cada una, la precipitación mensual máxima y mínima de las estaciones Tanta y Yauricocha y un factor de escorrentía de 0,4 correspondiente a pastizal de pendiente moderada, propuesto por Prevert (1986) (Tabla de Prevert citada en Barajas *et al.*, 2002). En las figuras 36 y 37 se muestra gráficamente los resultados.

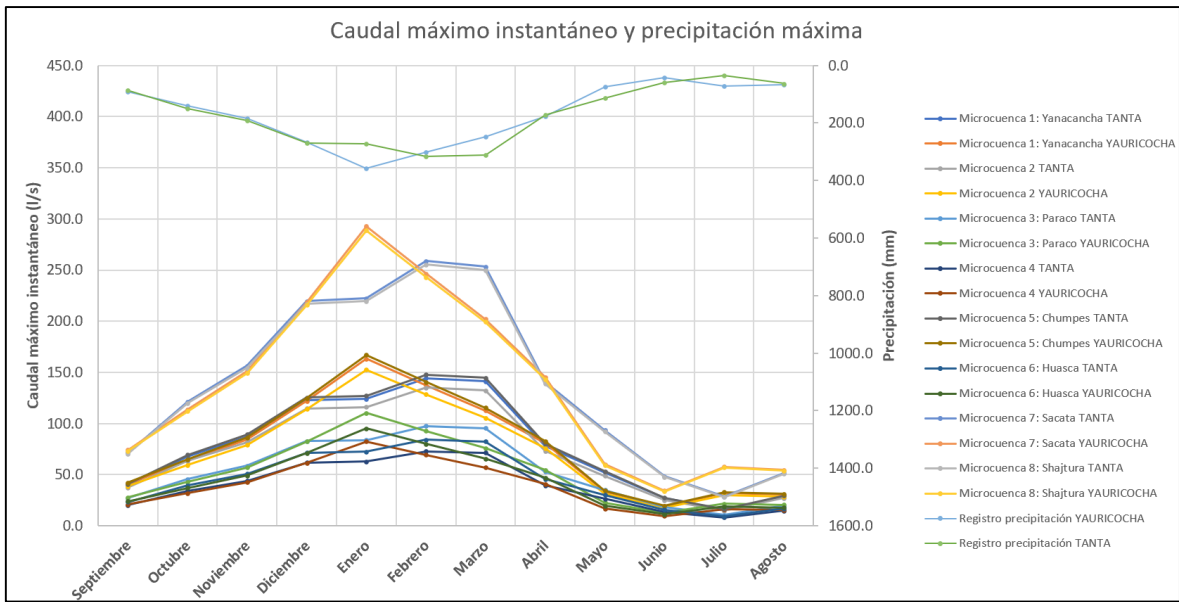


Figura 36: Precipitación y caudal instantáneo mensual máximo por microcuenca

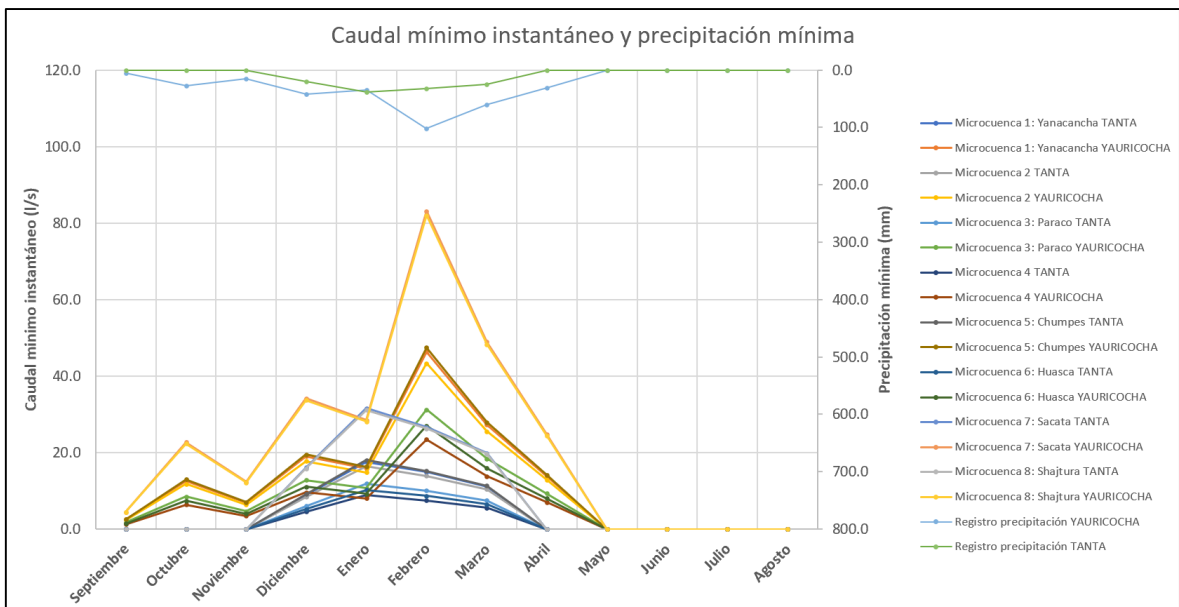


Figura 37: Precipitación y caudal instantáneo mensual mínimo por microcuenca

c. Cálculo de caudal de diseño

El valor máximo de caudal instantáneo para cada microcuenca multiplicado por un factor de diseño (Fd) de 1,5 corresponde al caudal máximo de diseño para los vertederos y el valor mínimo de caudal instantáneo es igual al mínimo de caudal de diseño, que para todos los casos es cero. Los resultados fueron categorizados en cuatro grupos con la finalidad de estandarizar medidas para casos de microcuencas con caudales de diseño similares (Tabla 16).

Tabla 16: Caudales de diseño

Microcuenca	Q máximo	Q máximo (Fd)	Grupo de diseño	Q máximo de diseño
Microcuenca 1: Yanacancha	163.2	244.8	I	
Microcuenca 2	152.7	229.0	I	275
Microcuenca 5: Chumpes	167.1	250.6	I	
Microcuenca 3: Paraco	110.2	165.3	II	200
Microcuenca 4	82.5	123.7	III	
Microcuenca 6: Huasca	95.1	142.6	III	189
Microcuenca 7: Sacata	292.7	439.1	IV	
Microcuenca 8: Shajtura	288.8	433.2	IV	450

d. Dimensionamiento de vertederos

Se propuso diseñar vertederos combinados que permitieran medir caudales bajos y pico. Las ecuaciones de diseño empleadas fueron las siguientes (Martínez et al., 2006):

- Ecuación de vertedero triangular

$$Q = \frac{8}{15} C_{td} \sqrt{2g} \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) h_2^{5/2}$$

- Ecuación de vertedero compuesto

$$Q = \frac{8}{15} C_{td} \sqrt{2g} \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) (h_2^{5/2} - h_1^{5/2}) + \frac{2}{3} C_{rd} \sqrt{2g} (b_1) h_1^{3/2}$$

En la Figura 38 se explica, gráficamente, las variables de las ecuaciones:

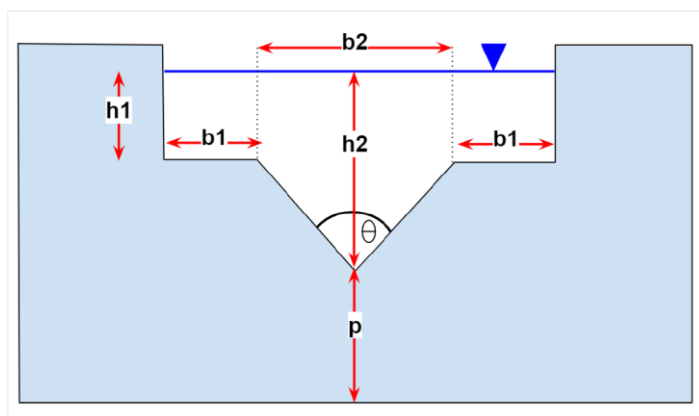


Figura 38: Dimensionamiento de vertedero

Se aplicaron valores de 0,60 para el coeficiente C_{td} y 0,62 para el coeficiente C_{rd} (Martínez *et al.*, 2006).

Para cada grupo de diseño se presentaron las medidas de diseño de los vertederos (Tabla 17), y de las características para el emplazamiento de estos (Tabla 18).

Tabla 17: Características del dimensionamiento de vertederos por grupos de diseño

Grupo	Microcuencas	h_1	h_2	b_1	b_2	Ancho cauce	Q máx. diseño
I	Microcuenca 1: Yanacancha					1.35	
	Microcuenca 2	0.25	0.5	0.15	0.5	0.65	275
	Microcuenca 5: Chumpes					1.9	
II	Microcuenca 3: Paraco	0.27	0.47	0.1	0.4	0.65	200
III	Microcuenca 4					4.5	
	Microcuenca 6: Huasca	0.2	0.44	0.1	0.48	2.8	189
IV	Microcuenca 7: Sacata					0.87	
	Microcuenca 8: Shajtura	0.41	0.66	0.1	0.5	0.92	450

Tabla 18: Características del emplazamiento por grupos de diseño

Características del emplazamiento	Unidad	Grupo I		Grupo II		Grupo III		Grupo IV	
		MC1: Yanacancha	MC 2	MC 5: Chumpes	MC 3: Paraco	MC 4	MC 6: Huasca	MC 8: Shajtura	MC 7: Sacata
Ancho de sección control ($b_1 + 2*b_1$)	m	0.8		0.67		0.64		0.86	
Q máx. calculado	l/s	244	299	250	200	123	142	432	438
Q máx. diseño	l/s	275		212		189		445	
h ₂ máx.	m	0.5		0.47		0.44		0.66	
P (altura de la base a la cresta del vertedero)	m	0.26		0.19		0.18		0.26	
Borde libre	m	0.05		0.05		0.05		0.05	
Punto de medición aguas arriba ($5*h_{2max}$)	m	2.5		2.35		2.2		3.3	
Ancho cauce	m	1.35	0.65	1.9	0.65	4.5	2.8	0.92	0.87
Distancia aguas arriba ($20*h_{2max}$)	m	10		9.4		8.8		13.2	

Nota. MC= microcuena.

Se desarrollaron fichas de diseño con las ecuaciones de descarga por grupo y curvas H-Q para cada tipo de vertedero. En la Figura 39 se muestra un ejemplo de las fichas presentadas.

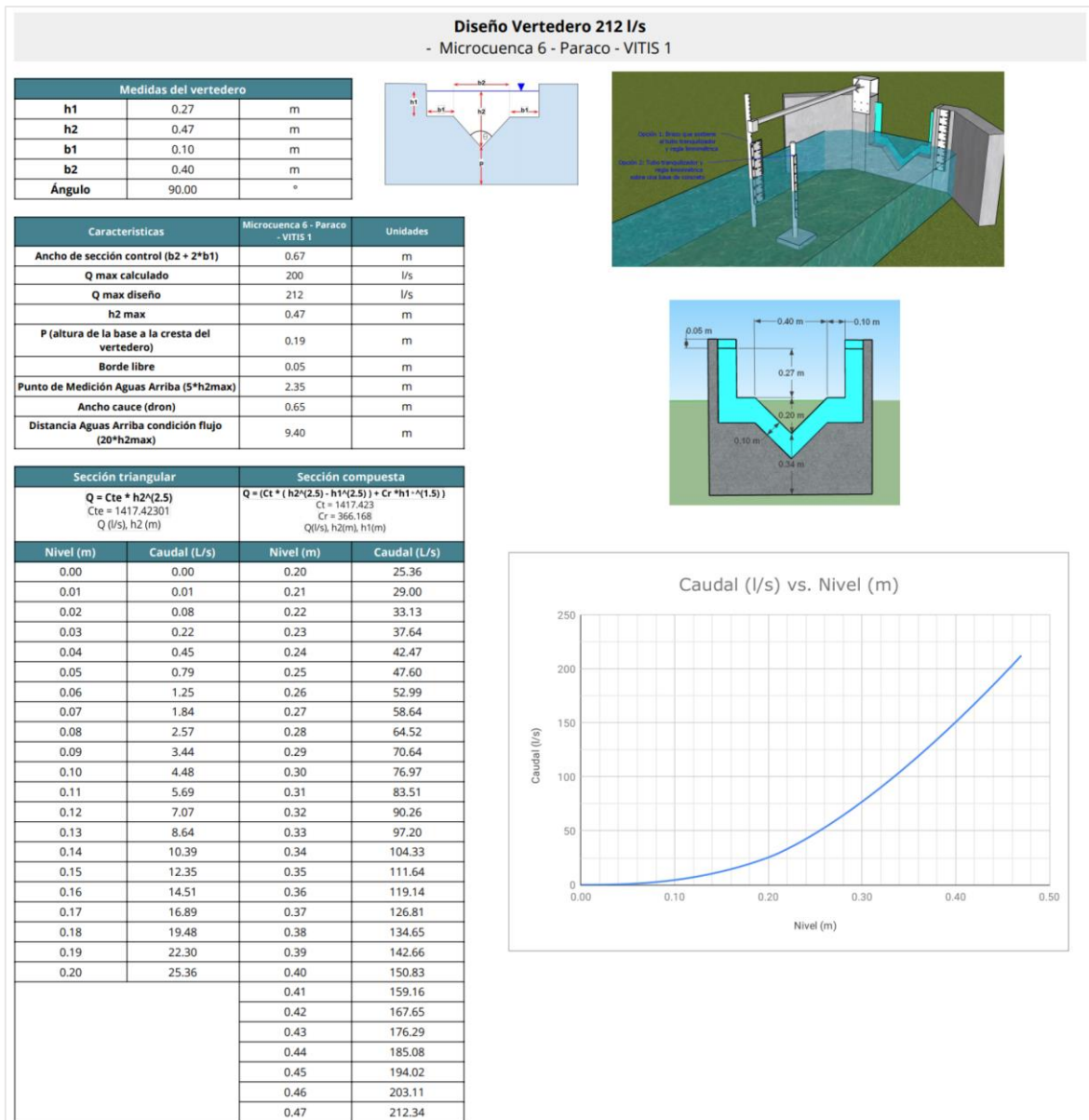


Figura 39: Ejemplo de ficha de vertedero para grupo de diseño III - Microcuenca 3: Paraco

4.7. Ubicación de estaciones

Las estaciones de aforo suelen ubicarse en la parte más baja de la microcuenca que cumpla con las recomendaciones de emplazamiento, principalmente, se busca un tramo recto aguas arriba y aguas abajo de la sección principal (vertedero). Las estaciones pluviométricas, al ser dos por microcuenca, deben ser ubicadas a niveles altitudinales representativos, para ello se elaboró la curva hipsométrica (en base a topografía existente de la zona – curvas de nivel cada 50 m) que junto con imágenes de la zona (satelitales y ortofotos) permitieron identificar en gabinete la ubicación de ambos pluviómetros. En la Figura 40 se muestra parte del procedimiento seguido. En las Figuras 41 y 42 se señalan las ubicaciones propuestas.

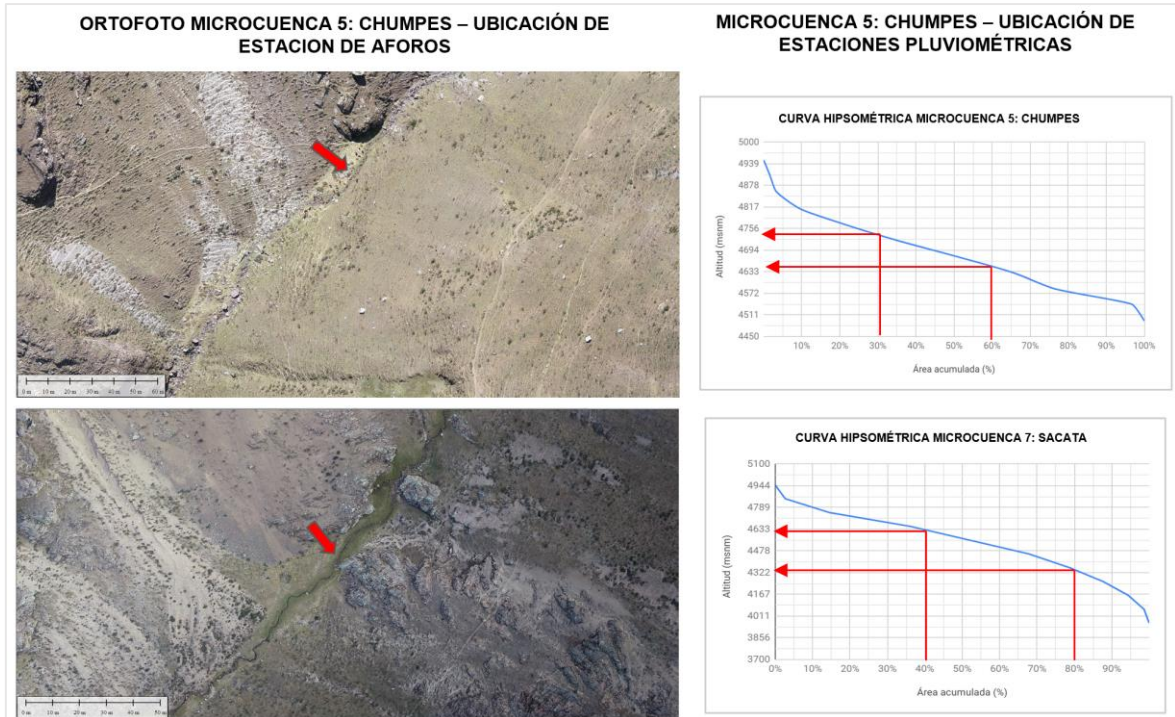


Figura 40: Ejemplo de procedimiento para ubicación de estaciones de aforo y pluviométricas para la Microcuenca 5

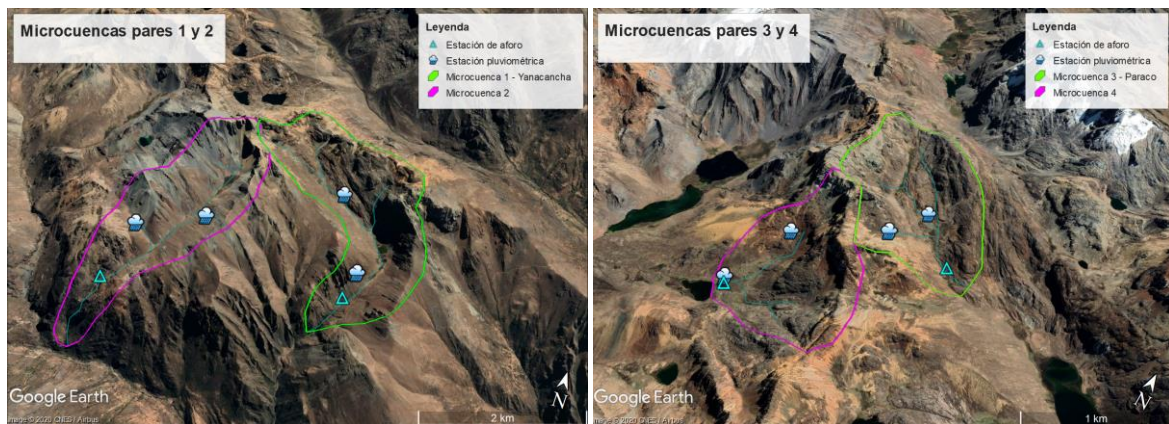


Figura 41: Ubicación de estaciones pluviométricas y de aforo en microcuencas 1 y 2 (izquierda) y microcuencas 3 y 4 (derecha)

Nota. Elaboración propia con imagen satelital de Google Earth.

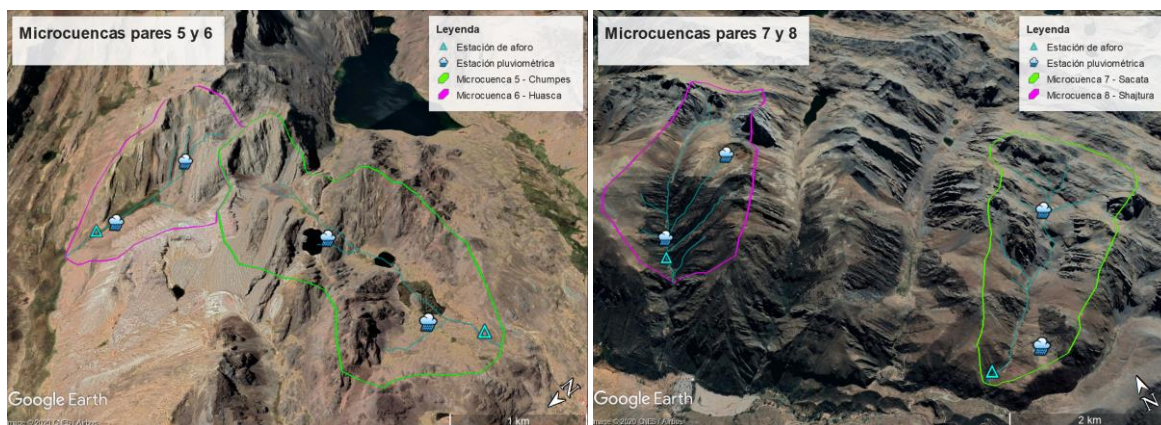


Figura 42: Ubicación de estaciones pluviométricas y de aforo en microcuencas 5 y 6 (izquierda) y microcuencas 7 y 8 (derecha)

Nota. Elaboración propia con imagen satelital de Google Earth.

4.8. Plan de operación y retroalimentación del sistema

Se planteó a la RPNYC como la entidad clave para la operación del Sistema de Monitoreo Hidrológico, debido a su permanencia a futuro en la zona, que respalda la sostenibilidad del sistema. En ese sentido, se propuso que la RPNYC debiera de realizar labores de: mantenimiento, descarga de datos mensual, procesamiento de información, llenado de fichas de medición, elaboración de reportes trimestrales que incluya la descripción de las actividades llevadas a cabo, resultados de indicadores y variables, interpretación de resultados, entre otros; elaboración de reporte de incidencias, almacenamiento de información generada en plataforma virtual.

Para ello, el personal responsable de las labores deberá de recibir capacitación referente al uso de los equipos a instalar y sobre la gestión de la información, se propusieron los tópicos principales de capacitación, así como las capacidades requeridas del personal a asignar.

Respecto a la comunicación, al ser el sistema de interés de múltiples actores, se propuso que la RPNYC ponga a disposición la información generada, además, de los reportes trimestrales con el objetivo de recibir retroalimentación de los interesados. Así mismo, debido a la presencia directa de algunos actores en la zona, se sugirió mantener comunicación ante cualquier incidencia que pudieran ocurrir o cualquier cambio no acordado en el lugar donde se encuentren las estaciones que pueda perjudicar el correcto funcionamiento del sistema.

Respecto a la participación local, se propuso que las comunidades apoyen con la mano de obra para la instalación de estaciones; además, se sugirió conformar un comité ambiental, integrado por un varón y una mujer, quienes podrían acompañar durante las labores en campo, tales como: descarga de datos, aforos manuales, caracterización de cobertura vegetal, posteriormente el comité ambiental podrá comunicar las actividades de las que fueron partícipes durante las reuniones comunales y al menos una vez al año, la RPNYC podrá ser partícipe de las reuniones comunicando los resultados obtenidos.

4.9. Propuesta de implementación

Como parte final del desarrollo del sistema, se presentó una propuesta de cronograma para la implementación el cual contempla actividades de: comunicación inicial con comunidades, selección y compra de equipos, ingeniería a detalle, construcción de elementos, compra de materiales, talleres con comunidades previos a la instalación, puesta en obra de materiales y equipos, instalación de estaciones y reporte final de instalación y calibración, configuración de equipos y conformidad. En la Figura 43 se observa el esquema del cronograma tentativo de instalación para un par de microcuencas.

Actividades previas					Instalación			Cierre
Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9
Comunicación inicial con comunidades			Talleres de coordinación para la ejecución		Puesta en marcha de materiales y equipos	Instalación de estación de aforos Microcuencas #1	Instalación de estación de aforos Microcuencas #2	Instalación de estaciones pluviométricas Microcuencas #2
	Desarrollo de ingeniería a detalle del proyecto							
Selección y compra de equipos								
	Construcción de elementos/componentes							
		Compra de materiales constructivos y herramientas						
								Calibración y configuración final. Reporte de instalación. Conformidad

Figura 43: Esquema del cronograma de instalación

El tiempo para el desarrollo de las actividades previas a la instalación de las estaciones para un par de microcuencas es de cinco semanas, posterior a ello tres semanas de instalación y una semana para la conformidad del servicio. El tiempo total para la implementación del sistema dependerá de diversos factores, tales como si se realizan los trabajos en paralelo, si

se implementarán las ocho microcuencas propuestas, temporada en que se realicen los trabajos, tiempos de importación de equipos, entre otros.

4.10. Contribución, competencias y beneficio

En concordancia con lo estipulado en el “Reglamento de titulación por trabajo de suficiencia profesional – UNALM (RESOLUCIÓN N° 0119-2020-CU-UNALM)”, en base a la información desarrollada en la monografía, se resume la contribución en solución de situaciones problemáticas presentadas, aplicación de competencias y habilidades adquiridas durante la formación profesional y beneficio obtenido.

4.10.1. Contribución en solución de situaciones problemáticas presentadas

Una de las principales situaciones problemáticas que se presentaron estuvieron vinculadas a que, en condiciones ideales, el diseño de un sistema de monitoreo a nivel de impacto de intervenciones de infraestructura natural debería de formar parte de la formulación del proyecto de conservación y/o recuperación de ecosistemas; sin embargo, para el caso analizado, las intervenciones se habían ejecutado (o se encontraban en proceso de ejecución) sin considerar acciones de monitoreo como parte de su implementación; ocasionando que la ubicación de las áreas intervenidas no sean óptimos para fines de monitoreo en varios casos. Si bien la metodología de cuencas pares propone partir de la identificación de las microcuencas a partir de su caracterización “de tal manera que su tamaño, topografía, suelos y clima sean lo más similares posible, dejando a la cobertura o uso de la tierra como la única diferencia significativa entre ambas” (Célleri *et al.*, 2012), seguido del diseño e instalación del sistema de monitoreo para finalmente implementar las intervenciones; este orden no pudo ser seguido. Por tal motivo se trazó una ruta metodológica (acápites 4.3 del presente documento) adaptando la metodología existente a las condiciones ocasionadas por las limitaciones expuestas.

Otra situación dificultosa fue que, se identificaron en la cuenca un gran número de actividades para la conservación y restauración de los ecosistemas, 28 identificadas hasta junio de 2019 (acápites 4.1.1 j. Caracterización de intervenciones por actor y distrito, del presente documento), las cuales, por motivos logísticos, de tiempo y de presupuesto no eran posibles de visitar en su totalidad.

Esto se resolvió al limitar la zona del estudio: (1) a la parte alta de la cuenca pues comprende las microcuencas con mayor contribución al caudal en la zona baja, justificado mediante la aplicación de SWAT del estudio de Quintero *et al.* (2013) y (2) al ámbito de administración de la RPNYC (actor principal para la gestión del sistema de monitoreo); que, aunado al conocimiento de la zona de los actores de la cuenca y a herramientas geoespaciales como Google Earth, permitió realizar en gabinete el reconocimiento básico del terreno e identificación tentativa de posibles microcuencas pares, lo que fue corroborado durante las visitas de campo y el levantamiento de información.

Asimismo, para el diseño del sistema en el ecosistema de bosque, la problemática radicó en que, al ser relictos (especies: lloque, karkac y queñual), su ubicación en la cuenca es limitada y las intervenciones para el caso de lloque y karkac se desarrollan en las únicas microcuencas con este tipo de bosque, imposibilitando encontrar otras con características similares (testigo). Y para el caso de bosque de queñual, las intervenciones planteadas se ubican (1) en la parte baja de la microcuenca a la que pertenece y (2) en una zona de ladera sin red de drenaje definida; estas características no permiten que las microcuencas en donde las intervenciones se desarrollan puedan ser denominadas como intervenidas.

Para dar solución a esta problemática se planteó la identificación de un par de microcuencas cercanas a un área de bosque a conservar, en donde una de ellas tenga cobertura de bosque considerable (testigo) y la otra cercana, tenga escasa cobertura de bosque (intervenida); considerando que los resultados del monitoreo a obtener podrán ser extrapolados hacia el área intervenida.

4.10.2. Análisis de contribución, en términos de competencias y habilidades adquiridas durante la formación profesional

Las competencias específicas de la Ingeniería agrícola adquiridas durante la formación profesional que han contribuido a la solución del problema se vinculan a la aplicación de conceptos y herramientas para el diseño de infraestructura hidráulica (CE.02 de Res. 231-19/FIA) y de manejo y gestión de cuencas hidrográficas (CE.03 de Res. 231-19/FIA). Además del trabajo en equipos multidisciplinarios (pues se recogieron opiniones de expertos en sectores como MINAM, SUNASS y el proyecto INSH, se integró la participación de los distintos actores en la cuenca y se trabajó con el equipo de profesionales de EnerTek),

comunicación de conocimientos y experiencias hacia diferentes interlocutores (al presentar el sistema ante los actores integrantes de la Plataforma de Buena Gobernanza MERESE-Cañete y recibir su aprobación) y contribución en la solución de necesidades de la sociedad, considerando la importancia de la preservación y mejora del medio ambiente.

Abordando, además, temas de gestión integrada de los recursos hídricos dado que el objetivo de las intervenciones se encuentra orientado a promover el manejo y aprovechamiento coordinado del agua con la finalidad de potenciar a un mayor nivel el bienestar social y económico resultante y contempla la participación de los principales actores de uso y conservación del agua (ANA, 2013a).

Se trataron los tópicos de hidráulica e hidrología para el diseño de vertederos, estimación de caudal de las quebradas, emplazamiento de las estaciones e identificación de microcuencas pares. También se incluyeron temas de diseño para el planteamiento 3D de las estaciones de aforo y pluviométricas; así como de percepción remota y SIG en la elaboración de diversos mapas temáticos y planificación de los trabajos, y tópicos de topografía a partir del uso de tecnología RPA para la generación de orto mosaicos y modelos de elevación digital (DEM) de las zonas de interés.

4.10.3. Beneficio obtenido de la contribución a solución de situaciones problemáticas

Durante los últimos años se viene incrementando del interés por parte de los sectores público y privado para la aplicación de esquemas de conservación, pagos por servicios ambientales, fondos del agua, acuerdos ambientales, entre otros; existiendo en la actualidad diferentes mecanismos que permiten generar, canalizar e invertir en acciones de conservación, recuperación y uso sostenible de los ecosistemas. Estos mecanismos pueden ser Fondos privados y de cooperación, Tesoro público (PIPs verdes, Fondo Sierra Azul, IOARR), Responsabilidad social empresarial, MERESE, etc.

Al respecto, la Ley N°30215 (2017), permite la realización de acuerdos de conservación entre retribuyentes y contribuyentes en el Perú e incorpora, entre otros conceptos importantes, una disposición que autoriza a las entidades públicas a recaudar recursos económicos que luego serán asignados para la inversión en proyectos de recuperación y

mantenimiento de los ecosistemas.

Por ejemplo, para el caso del sector saneamiento, las EPS con la Ley N°30215 (2014), están facultadas para recaudar recursos a través de la facturación y destinarlos a financiar acciones que garanticen la sostenibilidad de los ecosistemas. Mediante acuerdos voluntarios entre quienes realizarán las acciones de conservación (contribuyentes) a cambio de un beneficio económico, social o ambiental y los que las financiarán (retribuyentes) es decir quienes pagan la tarifa. Sin embargo, la implementación de estas iniciativas de conservación con énfasis en los recursos hídricos revela limitaciones técnicas, principalmente, debido a la falta de conocimiento sobre los procesos hidrológicos y los impactos de las prácticas humanas sobre el recurso agua en ecosistemas andinos (Célleri *et al.*, 2012).

En ese sentido el sistema de monitoreo propone la recolección de datos que mediante preguntas de investigación e indicadores permitirán, en el corto plazo, obtener información sobre los cambios en la hidrología de las microcuencas asociados al cambio del uso de la tierra y, a largo plazo, apoyar en la generación del conocimiento. Esta información podrá beneficiar:

- A la EPS EMAPA Cañete durante el proceso de implementación del MERESE hídrico que viene desarrollando, así como a los actores presentes y/o futuros de la cuenca que tengan interés en continuar desarrollando o desarrollar nuevas acciones en beneficio del servicio ecosistémico hídrico; apoyando en la toma de decisiones sobre la priorización de intervenciones a implementar.
- A la población de la cuenca media y alta que viene ejecutando las diferentes acciones de conservación y recuperación de los ecosistemas, al generar evidencia científica mediante la cuantificación del impacto ex – post. Reduciendo el sesgo que, en ocasiones se da, al momento de proponer intervenciones de mayor interés por parte de las comunidades, al estar basados principalmente en resultados mediante evidencias que surgen de la observación y conocimiento local.
- A la comunidad científica y actores interesados en la hidrología de ecosistemas andinos, pues el diseño se apoya en las recomendaciones propuestas por la iMHEA respecto de la instrumentación “mínima” o indispensable, frecuencia de monitoreo, indicadores, entre otros; contribuyendo con la generación de información con estándares comunes que a futuro podrán ser integrados a esta red de monitoreo y ser

comparados con otras microcuencas. Permitiendo realizar interpretaciones y conclusiones regionales y aumentar significativamente la representatividad de la información disponible ante condiciones tan variables presentes en los ecosistemas de los Andes Tropicales (Célleri *et al.*, 2012).

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se caracterizó la cuenca en función de su división política, gestión en el uso de los recursos hídricos, fisiografía, hidrología, capacidad de uso mayor, cobertura vegetal, prioridad para la restauración de paisajes, vías de acceso, puestos de control y vigilancia y rutas de patrullaje en la RPNYC, principales actores en la cuenca y usuarios del agua e intervenciones por actor y distrito.

Se identificaron los sitios de monitoreo en base a la metodología de cuencas pares y a consideraciones particulares (priorización del servicio ecosistémico de regulación hídrica, ubicación existente de intervenciones y el ámbito de administración de la RPNYC), proponiendo cuatro pares de microcuencas cuyo monitoreo hidrológico permitirá conocer el impacto de las intervenciones del servicio ecosistémico de regulación y rendimiento hídrico. Se plantearon objetivos específicos del monitoreo para cada par de microcuencas, así mismo se desarrollaron preguntas de investigación alineadas a dichos objetivos. Las respuestas a cada pregunta de investigación son posibles a partir de la interpretación de los indicadores (índice de retención y regulación hídrica, caudal base específico en estiaje, coeficiente de escorrentía, área de cobertura vegetal y disponibilidad de agua en época de estiaje), que a la vez son calculados con información de las variables propuestas (caudal, nivel, precipitación y cobertura vegetal).

Se diseñaron estaciones de monitoreo (de aforos y pluviométricas), incluyendo: ubicación, dimensionamiento, equipamiento, emplazamiento, materiales, instalación, mantenimiento, operación, verificación y calibración. Las estaciones de aforo están compuestas por un vertedero y un registrador de nivel del agua. A partir de la ecuación de descarga propia de la geometría del vertedero y la carga de agua, será posible calcular el caudal que pasa por el río en ese punto (caudal de la microcuenca). Las estaciones pluviométricas permitirán registrar la variable de precipitación y se propone instalar dos de ellas, por microcuenca. A

partir de los datos recogidos será posible generar información sobre los cambios en la hidrología de las microcuencas asociados al cambio del uso de la tierra.

Se detallaron los lineamientos a tomar en cuenta durante la instalación, el mantenimiento y la operación de las estaciones; también, el plan de operación y retroalimentación del sistema, considerando las responsabilidades del actor principal a cargo del sistema (RPNYC), la participación de la Plataforma de Buena Gobernanza MERESE Cañete como co-gestores del sistema, así como, la participación de las comunidades, no solo como veedores o mediante su aporte con mano de obra, si no como partícipes de la instalación del sistema y gestión del mismo.

5.2. Recomendaciones

Ampliar las variables del monitoreo en el futuro, así como las preguntas de investigación, de manera tal que, junto con la información de precipitación y caudal, permita la evaluación del servicio ecosistémico (SE) de control de sedimentos y de calidad del agua. El SE de control de sedimentos puede ser evaluado mediante la ecuación de pérdida de suelos de USLE; mientras que, el SE de calidad de agua, mediante mediciones in situ de parámetros fisicoquímicos, en concordancia con los Estándares de Calidad del Agua, aplicables.

Si bien el diseño propuesto sigue la metodología de cuencas pares considerando las particularidades del sitio, los lineamientos planteados pueden ser replicables para otras zonas, en donde se requiera recopilar información para medir los impactos del servicio ecosistémico hídrico en el corto plazo.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autoridad Nacional del Agua (ANA). (1970). *Estudio Hidrológico Cañete*. Recuperado de <https://www.ana.gob.pe/normatividad/estudio-hidrologico-canete-0>.
- Autoridad Nacional del Agua (ANA). (2013a). *Guía de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos para Gobiernos Locales*. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-gestion-integrada-recursos-hidricos-gobiernos-locales>
- Autoridad Nacional del Agua (ANA). (2013b). *Mapa de Capacidad de Uso Mayor de la Tierra AAA Cañete – Fortaleza* [mapa]. Atlas de recursos hídricos del Perú. Recuperado de <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/217>.
- Autoridad Nacional del Agua (ANA). (2018). *Delimitación de cuenca Cañete* [base de datos]. Recuperado de <http://geo.ana.gob.pe:8080/geoportal/index.php/8-geoportal>
- Breña, J. N.; Coxon, G.; Rangelcroft, S.; Van Lanen, H. & Van Loon, A. (2019). Using paired catchments to quantify the human influence on hydrological droughts. *EGU Open Access*, 23(3), 2-3. Recuperado de <https://hess.copernicus.org/articles/23/1725/2019/>
- Compañía Eléctrica El Platanal S.A. (2017). *Reporte de Sostenibilidad 2017*. Recuperado de http://www.celepsa.com/wp-content/uploads/2018/09/Reporte-de-Sostenibilidad-Celepsa-2017_INTERACTIVE.pdf
- Célleri, R.; De Bièvre, B. & Ochoa, B. (2012). *Guía metodológica para el monitoreo hidrológico de ecosistemas andinos - Iniciativa Regional de Monitoreo Hidrológico de Ecosistemas Andinos*. Recuperado de <https://docplayer.es/4061628-Guia-metodologica-para-el-monitoreo-hidrologico-de-ecosistemas-andinos.html>

De Bièvre, B. & Ochoa, B. (2015, 17 de septiembre). Monitoreo Hidrológico para Evaluar el Impacto de la Infraestructura Verde [presentación de diapositivas]. Recuperado de https://www.sunass.gob.pe/doc/ConversatorioInfra2015/dia3/24_Monitoreo%20Hidrologico%20para%20evaluar%20el%20impacto%20en%20infraestructura%20verde,%20Bert%20DeBievre.pdf

Forest Trends. (2020, 15 Julio). *Proyecto Infraestructura Natural para la Seguridad Hídrica*. Recuperado de <https://www.forest-trends.org/infraestructura-natural-en-peru/>.

Infraestructura Natural para la Seguridad Hídrica. (2020). *Glosario de términos sobre Infraestructura Natural. Definiciones oficiales para el contexto peruano*. Recuperado de <https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2020/08/Glosario-de-T%C3%A9rminos-sobre-Infraestructura-Natural.pdf>.

Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA). (2001). *Evaluación y ordenamiento de los recursos hídricos en la cuenca del río Cañete: estudio hidrogeológico del valle Cañete, informe final*. Recuperado de <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/1726>

León, F. (2016). *Inversión en infraestructura natural*. Cooperación Alemana al Desarrollo. Lima: GIZ. Recuperado de <https://www.gestionpublica.gob.pe/gestion-del-conocimiento/wp-content/uploads/2017/08/Inversion-en-infraestructura-natural.pdf>.

Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos (29 de junio de 2014). Normas legales N° 12902, Diario Oficial El Peruano. Recuperado de <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/ley-de-mecanismos-de-retribucion-por-servicios-ecosistemicos-ley-n-30215-1103692-2>

Martínez, J.; Reza, J.; Morillas, M. & López, J. (2006). Discussion of “Design and Calibration of a Compound Sharp-Crested Weir”. *Journal of Hydraulic Engineering*. Recuperado de <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%290733-9429%282006%29132%3A8%28868%29>.

- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2015). *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal* [mapa]. Geoservidor. Recuperado de <https://geoservidor.minam.gob.pe/informacion-institucional/conservacion-de-ecosistemas/>
- Mountain Environmental Virtual Observatories (Mountain EVO). (2017). *Caminos de agua, caminos al bienestar*. La experiencia de Mountain EVO en Huamantanga – Perú. Recuperado de <https://condesan.org/wp-content/uploads/2018/06/Revista-Mountain-EVO-HumantangaWeb-Optimized-ilovepdf-compressed-ilovepdf-compressed-1-20.pdf>.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2011). *Guía de prácticas hidrológicas Volumen I Hidrología: De la medición a la información hidrológica*. Recuperado de http://www.wmo.int/pages/prog/hwrrp/publications/guide/spanish/168_Vol_I_es.pdf.
- Proyecto MERESE-FIDA. (2018). *Estudio de Línea de Base del Proyecto “Conservación y uso sostenible de ecosistemas altoandinos del Perú a través del pago por servicios ambientales para el alivio de la pobreza rural y la inclusión social”*. Recuperado de <https://www.minam.gob.pe/economia-y-financiamiento-ambiental/wp-content/uploads/sites/128/2019/08/Estudio-de-L%20adnea-de-Base-del-Proyecto-MERESE-FIDA.pdf>
- Quintero, M.; Uribe, N. & Valencia, J. (2013). *Aplicación del Modelo Hidrológico SWAT (Soil and Water Assessment Tool) a la Cuenca del Río Cañete (SWAT)*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Recuperado de <https://hdl.handle.net/10568/107463>
- RPNYC (Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochabambas). (2016). *Plan Maestro Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochabambas 2016 - 2020*. Recuperado de http://old.sernanp.gob.pe/sernanp/archivos/baselegal/Resoluciones_Presidenciales/2016/RP%20N%202007-2016-SERNANP.compressed.pdf
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). (2020, 29 de Julio). *Hidrograma de caudales del río Cañete. Estación Socsi*. [imagen de mapa interactivo].

Monitoreo Hidrológico a Nivel Nacional. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=monitoreo-hidrologico>

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). (2018). *Mapa de Áreas prioritarias para la restauración de paisajes en el departamento de Lima [mapa]*. Repositorio institucional del SERFOR.

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS). (2018). *Diagnóstico Hídrico Rápido Cuenca que Abastece de Agua a la EPS EMAPA Cañete S.A.*

Barajas, L.; Cavazos, C.; Muñoz, C. & Treviño, E. (2002). Evaluación del flujo hídrico superficial en la Sierra de San Carlos, Tamaulipas. *Ciencia Universidad Autónoma de Nuevo León*. (VOL. V, No. 004). 525 – 530. Recuperado de http://eprints.uanl.mx/1202/1/evaluacion_flujo.pdf

Uribe, N. (2010). *Conceptos básicos y guía rápida para el usuario. Versión SWAT 2005*. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Recuperado de <https://swat.tamu.edu/media/46967/swat2005-tutorial-spanish.pdf>.

VII. ANEXOS

Anexo 1: Mapas

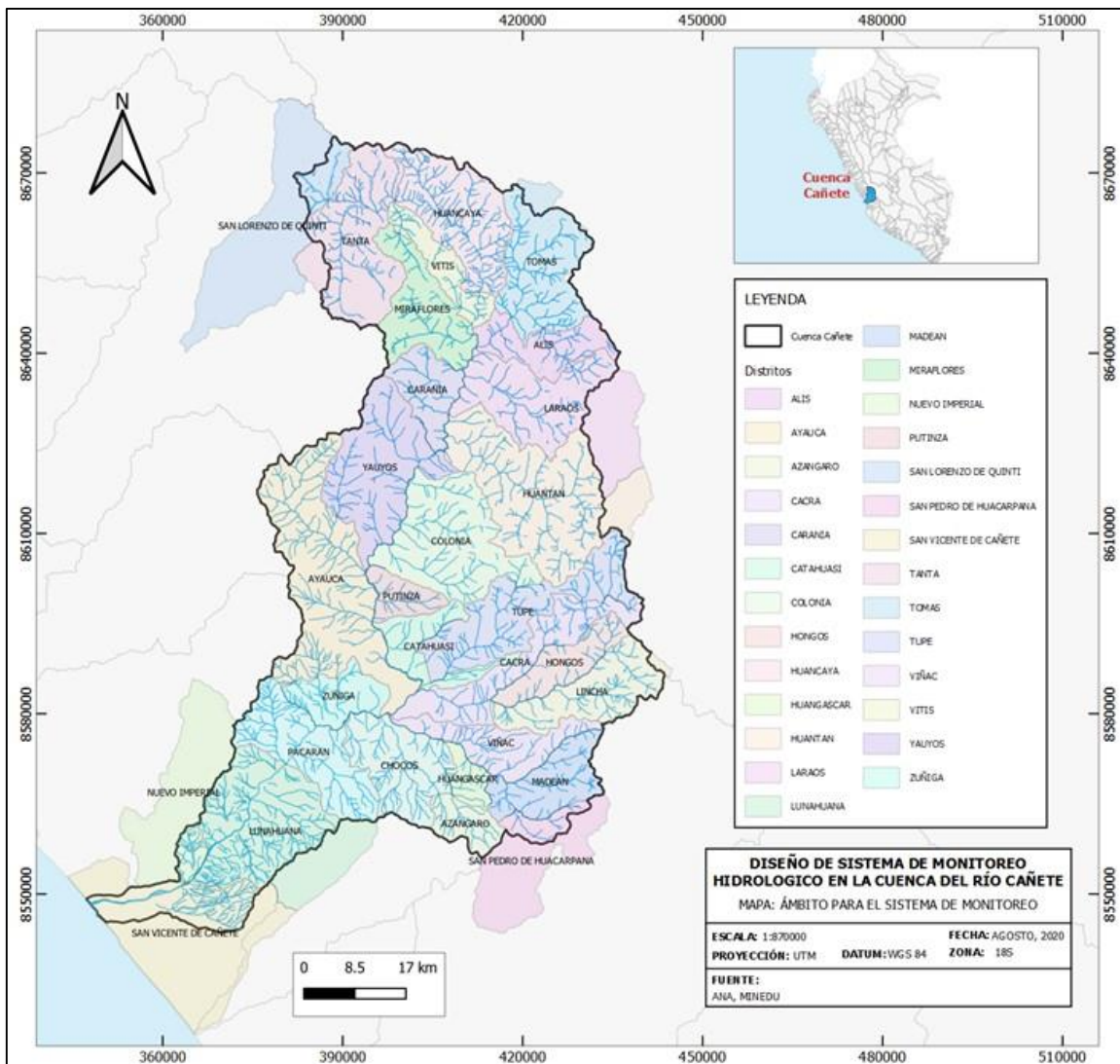


Figura 44: Mapa político de distritos en la cuenca Cañete

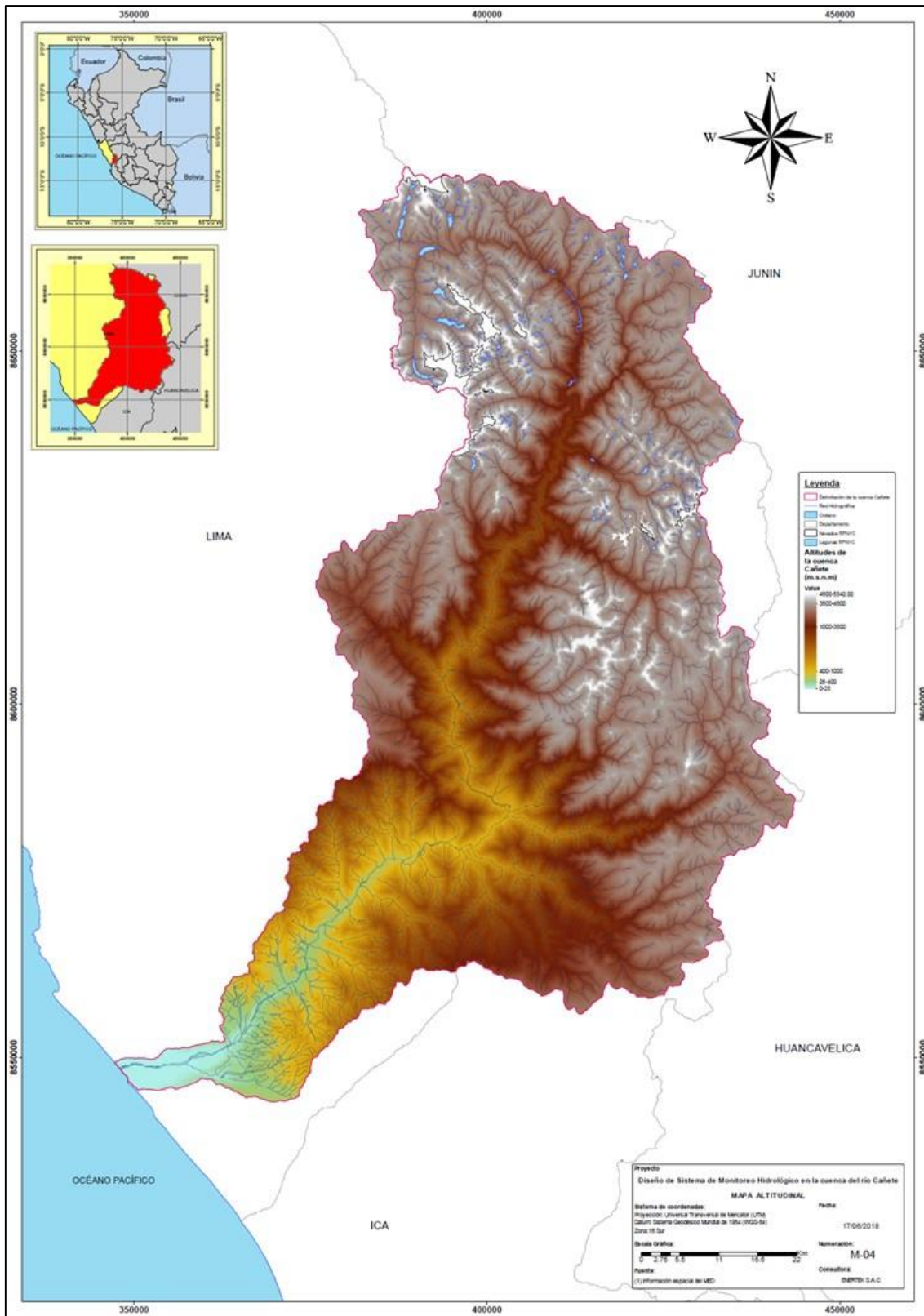


Figura 45: Mapa altitudinal de la cuenca Cañete

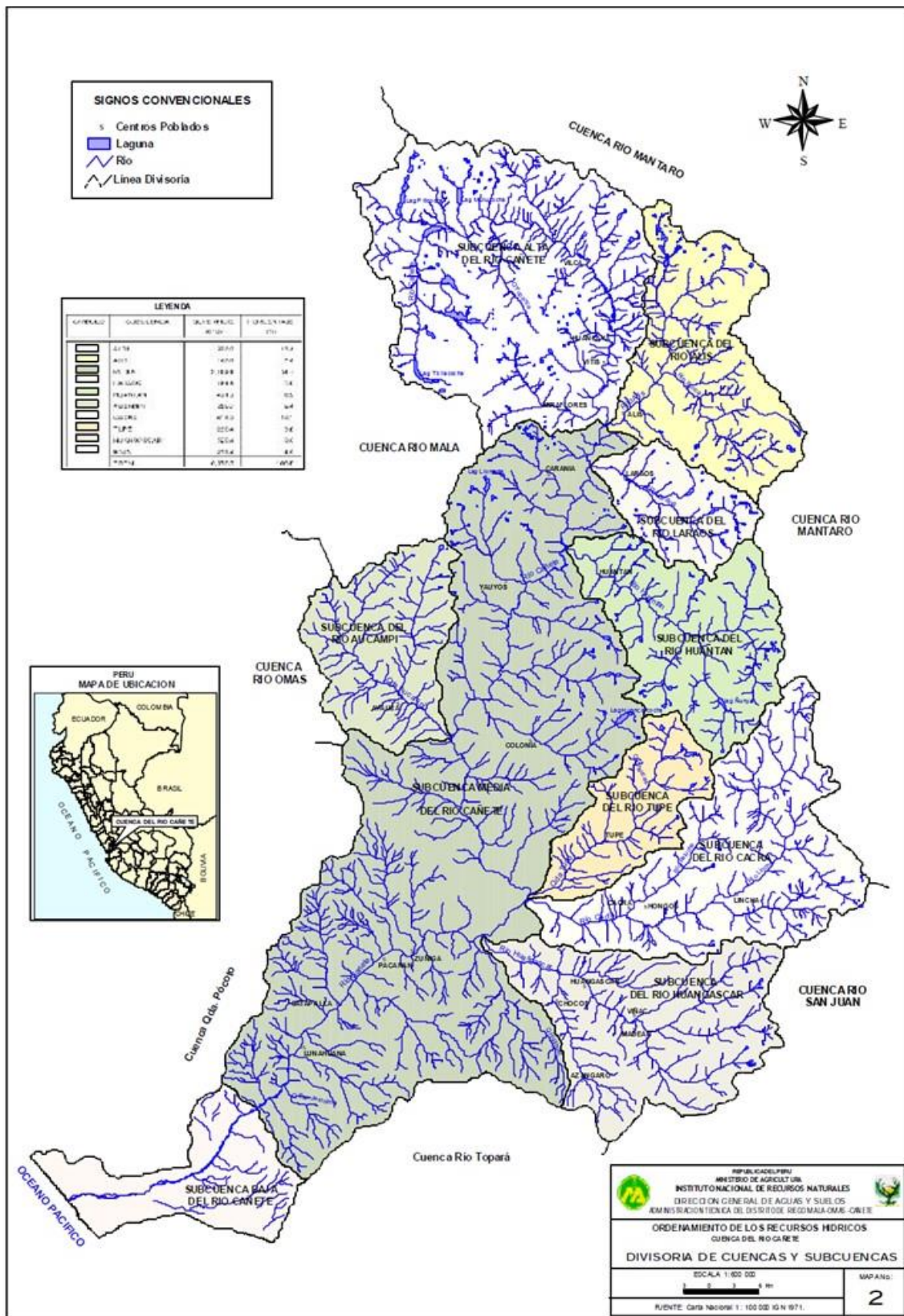


Figura 46: Delimitación de subcuencas del río Cañete



Figura 47: Mapa de capacidad de uso mayor de la tierra AAA Cañete - Fortaleza

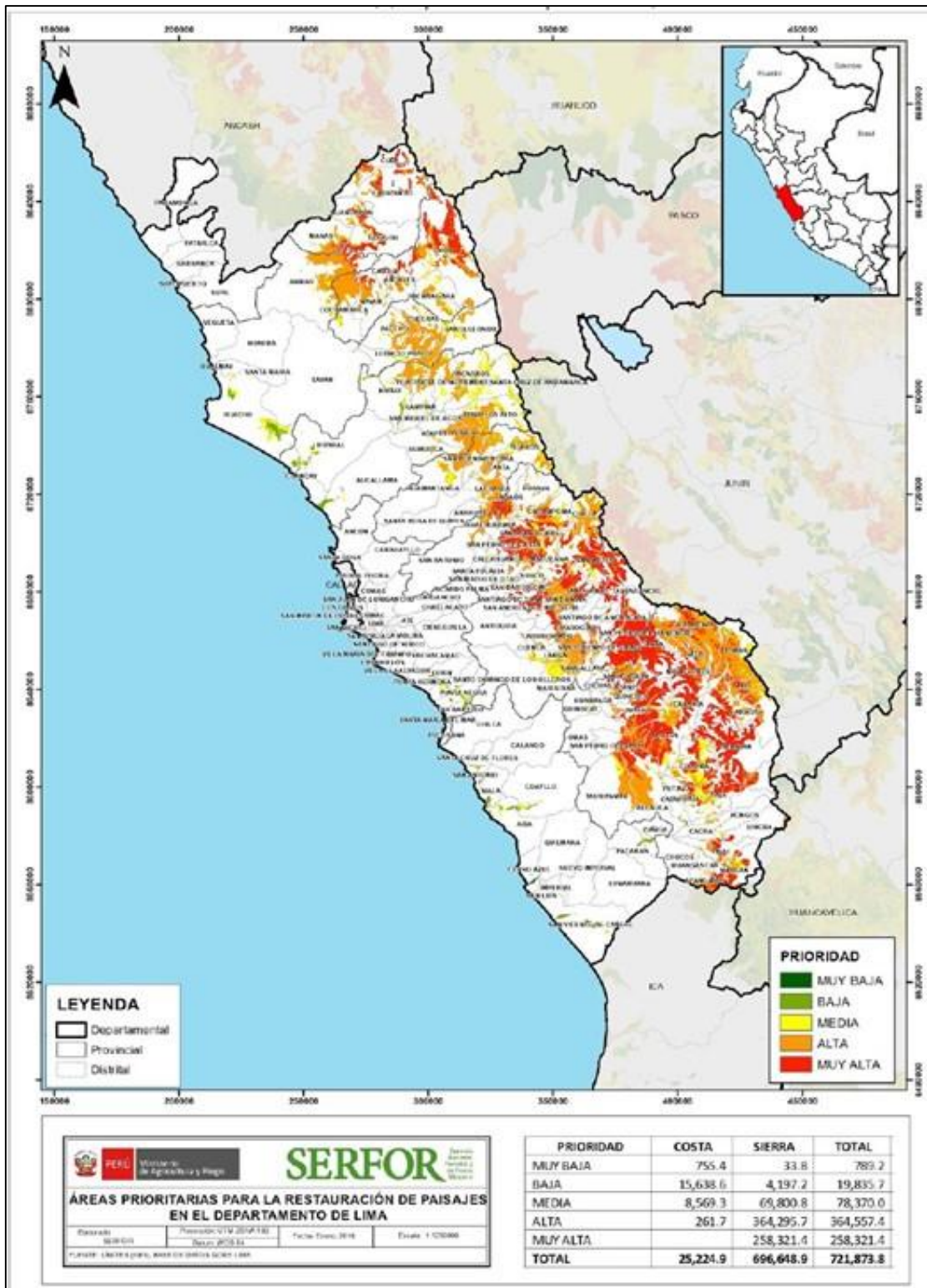


Figura 48: Mapa de áreas prioritarias para la restauración de paisajes en el departamento de Lima

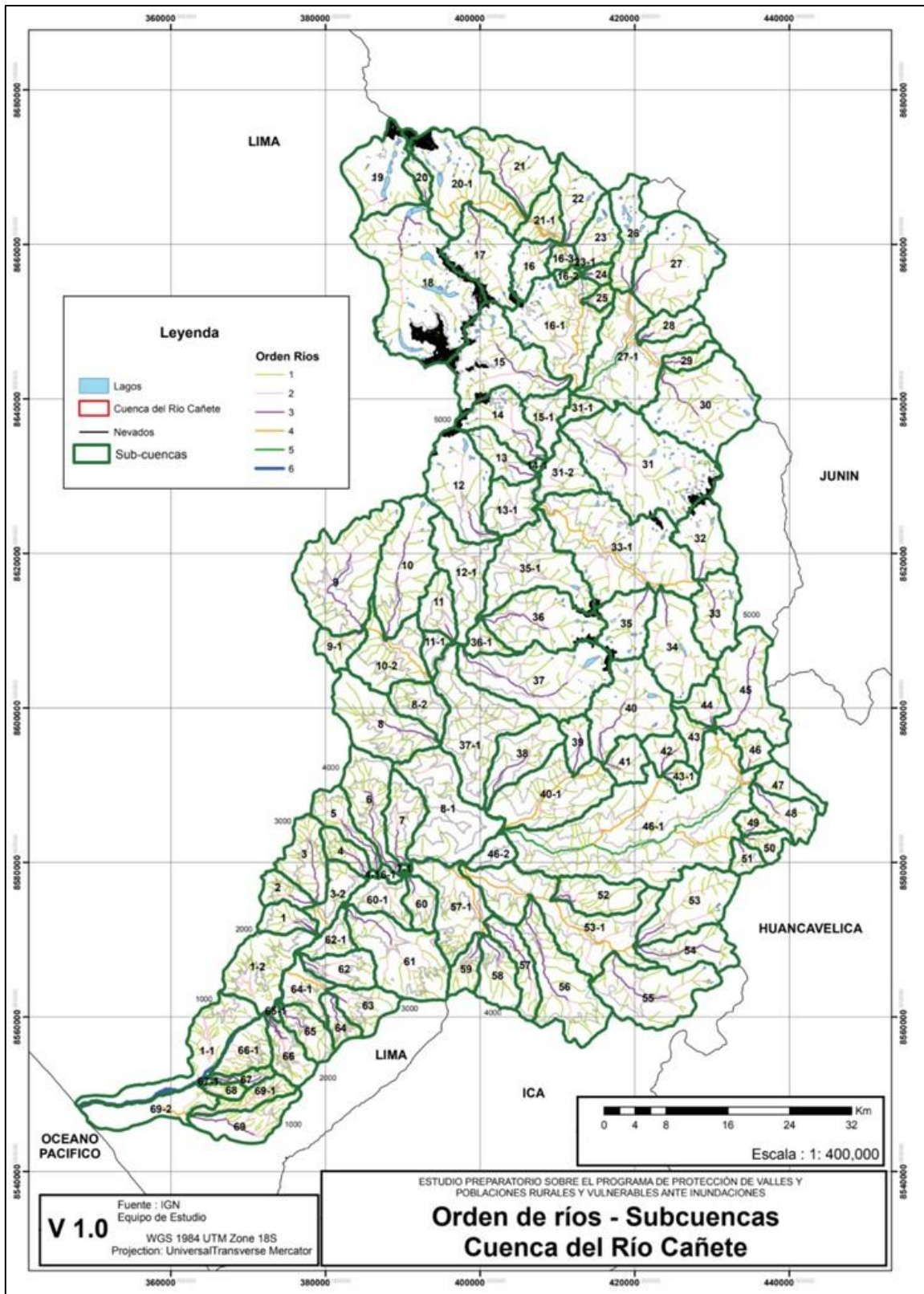


Figura 50: Mapa de unidades hidrográficas menores en la cuenca Cañete

Anexo 2: Tablas

Tabla 19: Descripción de actores en la cuenca

Actores	Descripción
Comunidades Campesinas	Ubicadas en la parte media y alta de la cuenca. Realizan actividades económicas vinculadas a la agricultura y ganadería principalmente.
Asociaciones Turísticas	Las asociaciones turísticas están confirmadas por habitantes de la cuenca 3 mientras que las agencias de turismo son empresas privadas.
Agencias de turismo	Gran afluencia turística específicamente en Lunahuaná debido a actividades como el canotaje y en Yauyos por la belleza paisajística que ofrecen sus fuentes de agua ubicadas dentro de la Reserva.
SERNANP - Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas (RPNYC)	Participación en la cuenca del SERNANP a través de la RPNYC. La RPNYC fue creada en el 2001, se ubica en la parte media-alta de la cuenca del río Cañete (provincia de Yauyos, Lima) y en el distrito de Canchayllo (provincia de Jauja, Junín). Su principal objetivo es la conservación de ecosistemas y paisajes en armoniosa relación con las actividades de las comunidades campesinas; proteger los valores históricos culturales, así como promover la actividad turística.
Instituto de Montaña	El Instituto de Montaña a través del programa “Escalando la AbE-Montaña” se encuentra presente en la cuenca de Cañete desde el año 2017, tiene como antecedente al Programa “Adaptación basada en Ecosistemas de Montaña” (AbE-Montaña), implementado entre los años 2011 y 2016, el cual trabajó en el marco de 03 componentes: Componente 1: Desarrollo de infraestructura verde-gris, Componente 2: Fortalecimiento Institucional y Componente 3: Fortalecimiento de Capacidades y Comunicación. El actual Programa tiene como objetivo expandir y consolidar las acciones llevadas a cabo por EbAMontaña. Dentro de la cuenca, el Instituto de Montaña tiene presencia en los distritos de: Miraflores, Tanta y Tomas.
Patronato de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas (Patronato RPNYC)	El Patronato de la RPNYC (Patronato) fue conformado en el 2009, representa el principal medio de participación y contribución del sector privado a la conservación de la RPNYC, trabajando en estrecha relación con el mismo. Realiza actividades a nivel de microcuenca en áreas funcionales en el distrito de Tanta, sus actividades comprenden: estudios hidrológicos en los humedales de la zona, monitoreo y conservación de la infraestructura natural e impulso de actividades económicas sostenibles, entre otras.
Junta de usuarios del sub distrito de riego Cañete	Encargada de la operación y mantenimiento de la infraestructura hidráulica, distribución del agua y administración de las tarifas. Representa las siete (07) comisiones de Riego del Valle de Cañete.
Empresa Central Hidroeléctrica el Platanal (CELEPSA)	Central de pasada con regulación horaria de 220 MW de capacidad instalada, opera desde el año 2010. Abastece al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) con una participación del 1,88% de la producción a nivel país (Compañía Eléctrica El Platanal S.A. [CELEPSA], 2017). Desarrolla proyectos productivos, acuícolas y servicios de apoyo social en su zona de influencia. Además de monitoreos ambientales mensualmente: calidad de agua, calidad biológica, parámetros meteorológicos e hidrométricos. Participa como socio del Patronato de la RPNYC, contribuyendo con el soporte financiero y logístico y como fuente de información.
CIA Hidroeléctrica Llapay S.A.C	En el año 2018 el derecho de uso de agua superficial de la C.H Central de Llapay (distrito de Laraos) otorgada a favor de la CIA Minera San Valentin S.A se extingue, otorgando en adelante a la CIA Hidroeléctrica Llapay S.A.C
Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Cañete (EMAPA Cañete)	Si bien la zona de explotación en su mayoría se encuentra geográficamente fuera de la Cuenca de Cañete, la captación de agua subterránea se lleva a cabo en el acuífero presente en el valle de Cañete el cual se alimenta de la infiltración de la lluvia que cae en la parte alta de la cuenca del río Cañete, la deglaciación de los nevados, además de las propias filtraciones del río durante su recorrido. Definiéndose entonces, como cuenca de aporte y principal zona de interés hídrico para la EPS, a la cuenca del río Cañete.
Empresa Minera Corona S.A.	Su unidad de producción Yauricocha (distrito de Alis) se ubica en la parte alta de la cuenca, en ella se encuentra la Planta Concentradora Chumpe en donde se realiza el tratamiento de los minerales extraídos (plomo, cobre-plata, zinc y óxidos). Trabaja en programas de responsabilidad social con las Comunidades Campesinas de: San Lorenzo de Alis, Huancachi, Tomas, Tinco y Laraos. Es catalogado como un actor neutro con la gestión del ANP en el Plan Maestro de la RPNYC 2016 - 2020.

«Continuación»

CIA Minera San
Valentín S.A.

Concentra sus operaciones en la Unidad Minera Solitaria (distrito de Laraos), en ella se encuentra la Planta concentradora San Pedro. Produce cobre, plomo, zinc y plata. Es catalogado como un actor neutro con la gestión del ANP en el Plan Maestro de la RPNYC 2016 - 2020.

Empresa Minera
Azulcocha Mining
S.A.

Ubicada en el distrito de Tomas, realiza actividades como procesadora de mineral. Es catalogado como un actor neutro con la gestión del ANP en el Plan Maestro de la RPNYC 2016 - 2020.

MINAM Proyecto
MERESE-FIDA

Tiene como objetivo proteger y utilizar de manera sostenible los ecosistemas altoandinos que proporcionan servicios ecosistémicos, especialmente agua, mediante la transferencia de recursos de los beneficiarios ubicados aguas abajo, hacia las poblaciones rurales ubicadas aguas arriba y que proporcionan estos servicios. Desde el 2017 el Proyecto MERESE-FIDA ha llevado a cabo 03 ediciones del concurso denominado: “SUBPROYECTOS DE CONSERVACIÓN Y USO SOSTENIBLE DE ECOSISTEMAS ALTO-ANDINOS” financiados por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), a través del Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA).

Estos concursos plantean la realización de actividades de conservación de ecosistemas altoandinos (pajonal, bosques nativos y bofedales) ejecutadas y gestionadas por las comunidades y/o asociaciones (grupo beneficiario) elegibles, financiadas durante desembolsos en función a los avances a presentar.

Adicionalmente a las actividades financiadas, el grupo beneficiario debe de presentar una contrapartida monetaria o en especies, no menor al 15 % del presupuesto total del subproyecto (Compromiso). El proyecto MERESE-FIDA se encuentra presente en la zona brindando asesoramiento y orientación a las comunidades, monitoreando sus avances y/o problemáticas y sirviendo como medio de comunicación entre la comunidad y el MINAM

Tabla 20: Inventario de estaciones meteorológicas e hidrológicas en la cuenca Cañete al 03/07/2019

Denominación	Provincia	Distrito	Tipo Automática = A Convencional = C Meteorológica = M Hidrológica = H	Parámetros							Responsable	Funcionamiento
				T°	H	P	V	D	Pp	N		
1 Cañete	Cañete	Imperial	A - M	✓	✓	✓	✓	✓	✓		SI	
2 Socsi Cañete	Cañete	Lunahuana	C - M	✓					✓		SI	
3 Socsi	Cañete	Lunahuana	C - H							✓	SI	
4 Toma Imperial	Cañete	Lunahuana	C - H							✓	NO	
5 Nicolas Franco Silvera	Cañete	Pacaran	C - M	✓			✓	✓	✓		NO	
6 Pacaran	Cañete	Pacaran	C - M	✓			✓	✓	✓		SI	
7 Pacaran	Cañete	Pacaran	C - H							✓	SI	
8 Picamaran	Yauyos	Ayauca	C - M						✓		NO	
9 Catahuasi	Yauyos	Catahuasi	C - M						✓		NO	
10 Huangascar	Yauyos	Huangascar	C - M	✓					✓		SI	
11 Colonia	Yauyos	Colonia	C - M						✓		NO	
12 Yauyos	Yauyos	Colonia	C - M	✓			✓	✓	✓		SI	
13 Huantan	Yauyos	Huantan	C - M						✓		NO	
14 Chuncho	Yauyos	Huantan	C - M								NO	
15 Carania	Yauyos	Carania	C - M	✓					✓		SI	
16 Yauricocha	Yauyos	Alis	C - M						✓		SI	
17 Tomas	Yauyos	Tomas	C - M						✓		NO	
18 Vilca	Yauyos	Huancaya	C - M	✓					✓		SI	
19 Tanta	Yauyos	Tanta	C - M	✓					✓		SI	
20 Tanta	Yauyos	Tanta	H							✓	SI	
21 Paucarcocha	Yauyos	Tanta	H							✓	SI	
22 Aguas Calientes	Yauyos		H							✓	SI	
23 Vilca	Yauyos	Huancaya	H							✓	SI	
24 Tinco Alis	Yauyos	Alis	H							✓	SI	
25 Titin Azucha	Yauyos	Alis	H							✓	SI	
26 Huantan	Yauyos	Huantan	H							✓	SI	
27 Cacusiri	Yauyos		H							✓	SI	
28 Putinza	Yauyos	Putinza	H							✓	SI	
29 Chavin	Yauyos		H							✓	SI	
30 Tupe	Yauyos		H							✓	SI	
31 Cacara	Yauyos	Cacara	H							✓	SI	
32 San Juanito	Cañete	Zuñiga	H							✓	-	
33 Restitucion	Cañete		H							✓		
34 Huachipampa	Cañete	Tanta	M	✓	✓				✓		SI	
35 Mullococha	Cañete	Tanta	M	✓	✓				✓		NO	

Nota. T°= Temperatura, H = Humedad, P = Presión atmosférica, V = Velocidad del viento, D = Dirección del viento, Pp = Precipitación, N = Nivel, Q = Caudal.

Tabla 21: Inventario del estado de conservación de los ecosistemas al 03/07/2019

Lugar	Ecosistema	Condición	Actor	
Transecto N°1 Oman	Bofedal	Regular	Instituto de Montaña	
Transecto N°2 Oman-Huayllacancha	Césped de Puna	Muy Pobre		
Transecto N°1 Yanacancha	Arbustal-Césped de Puna	Pobre		
Transecto N°2 Yanacancha	Bofedal	Pobre		
Transecto N°3 Yanacancha	Césped de Puna	Pobre		
Transecto N°4 Yanacancha	Bofedal	Pobre		
Transecto N°5 Yanacancha	Arbustal	Pobre		
Transecto N°6 Yanacancha	Arbustal	Pobre		
Transecto N°1 Curiuna -Pampalpa	Arbustal	Pobre		
Transecto N°2 Curiuna- Pampalpa	Pajonal- Césped de Puna	Muy Pobre		
Transecto N°3 Curiuna- Pampalpa	Arbustal-Césped de Puna	Pobre		
Transecto N°1 Larawcancha	Arbustal	Pobre		
Transecto N°1 Chumpes	Bofedal	Pobre		
Transecto N°2 Chumpes	Césped de Puna	Pobre		
Transecto N°1 Cuyucocha	Césped de Puna	Regular		
Transecto N°2 Cuyucocha	Bofedal	Regular		
Huancaya-Apas	Pastizal	Bueno		RPNYC
Huancaya-Apas	Pastizal	Bueno		
Huancaya-Apas	Pastizal	Bueno		
Carania-Cundumia	Pastizal	Bueno		
Carania-Piedra Acero	Pastizal	Bueno		
Carania-Saracancha	Pastizal	Bueno		
Laraos-Canchacasa	Pastizal	Bueno		
Laraos-Ipillo	Pastizal	Bueno		
Laraos-Shutjo	Pastizal	Bueno		
Laraos-Sagsa Grande	Pastizal	Bueno		
Laraos-Shacse Shacse	Pastizal	Bueno		
Miraflores-Coya	Pastizal	Bueno		
Miraflores-Huashanama	Pastizal	Bueno		
Miraflores-Huayllacancha	Pastizal	Bueno		
Miraflores-Maytalla	Pastizal	Bueno		
Miraflores-Pampalpa	Pastizal	Bueno		
Miraflores-Paraco	Pastizal	Bueno		
Miraflores-Uman	Pastizal	Bueno		
Miraflores-Yupanca	Pastizal	Bueno		
Huancaya-Cebada Cancha	Pastizal	Pobre		
Huancaya-Cebada Cancha	Pastizal	Pobre		
Huancaya-Cebada Cancha	Pastizal	Pobre		
Vitis-Atarhuay	Pastizal	Pobre		
Vitis-Atarhuay	Pastizal	Pobre		
Vitis-Atarhuay	Pastizal	Pobre		
Ashincuy-Vitis	Pastizal	Pobre		
Ashincuy-Vitis	Pastizal	Pobre		
Ashincuy-Vitis	Pastizal	Pobre		
Tanta-Pilaza Ceron	Pastizal	Pobre		
Tanta-Pilaza Ceron	Pastizal	Pobre		
Tanta-Pilaza Ceron	Pastizal	Pobre		
Tanta-Mullococha	Pastizal	Pobre		
Tanta-Mullococha	Pastizal	Pobre		
Tanta-Mullococha	Pastizal	Pobre		
Tomas	Pastizal	Regular		
Tomas	Pastizal	Regular		
Tomas	Pastizal	Regular		
Tomas	Pastizal	Regular		
Tomas	Pastizal	Regular		
Tanta-Huachua	Pastizal	Pobre		
Tanta-Huachua	Pastizal	Pobre		
Tanta-Huachua	Pastizal	Pobre		
Tanta-Piscococha	Pastizal	Pobre		

«Continuación»

Lugar	Ecosistema	Condición	Actor
Tanta-Piscococha	Pastizal	Pobre	
Tanta-Piscococha	Pastizal	Pobre	
Tanta-Antacocha	Pastizal	Pobre	
Canchayllo-Rocroa	Pastizal	Regular	
Canchayllo-Pumapanca	Pastizal	Regular	
Canchayllo-Pumapanca	Pastizal	Regular	
Canchayllo-Pumapanca	Pastizal	Regular	
Vilca-Papacocha	Pastizal	Regular	
Vilca-Papacocha	Pastizal	Regular	
Vilca-Papacocha	Pastizal	Regular	
Vilca-Cruz Pampa	Pastizal	Bueno	
Vilca-Cruz Pampa	Pastizal	Regular	
Vilca-Cruz Pampa	Pastizal	Regular	
Huancaya-Wishcarangra	Pastizal	Regular	
Huancaya-Wishcarangra	Pastizal	Regular	
Huancaya-Wishcarangra	Pastizal	Regular	
Huancaya-Vilcamantan	Pastizal	Regular	
Huancaya-Vilcamantan	Pastizal	Regular	
Huancaya-Vilcamantan	Pastizal	Regular	
Huancaya-Uco	Pastizal	Regular	
Huancaya-Uco	Pastizal	Regular	
Huancaya-Uco	Pastizal	Regular	
Huancaya-Aspas F.C	Pastizal	Regular	
Huancaya-Aspas F.C	Pastizal	Regular	
Huancaya-Aspas F.C	Pastizal	Regular	
Vitis-Sucuya	Pastizal	Regular	
Vitis-Sucuya	Pastizal	Regular	RPNYC
Vitis-Sucuya	Pastizal	Regular	
Huancaya-Pachatata	Pastizal	Regular	
Huancaya-Pachatata	Pastizal	Regular	
Huancaya-Pachatata	Pastizal	Regular	
Vitis-Yanacancha	Pastizal	Regular	
Vitis-Yanacancha	Pastizal	Regular	
Vitis-Yanacancha	Pastizal	Regular	
Tanta-Entrada Laguna	Pastizal	Regular	
Tanta-Entrada Laguna	Pastizal	Regular	
Tanta-Entrada Laguna	Pastizal	Regular	
Tanta-Pacnatanta	Pastizal	Regular	
Tanta-Pacnatanta	Pastizal	Regular	
Tanta-Pacnatanta	Pastizal	Regular	
Tanta-Antacocha	Pastizal	Regular	
Tanta-Antacocha	Pastizal	Regular	
Carania-Herguata	Pastizal	Regular	
Carania-Shiña	Pastizal	Regular	
Laraos-Soncococha	Pastizal	Regular	
Laraos-Ahuicho	Pastizal	Regular	
Laraos-Chilcapampa	Pastizal	Regular	
Laraos-Lancaqui	Pastizal	Regular	
Miraflores-Cutuni	Pastizal	Regular	
Miraflores-Cutuni	Pastizal	Regular	
Miraflores-Puyache	Pastizal	Regular	
Miraflores-Tambo	Pastizal	Regular	