



ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
RELACIONES EXTERIORES

MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE Y AGUA

GUÍA PARA LA APLICACIÓN DE MEDIDAS ANCESTRALES PARA EL CONTROL DE SEDIMENTACIÓN EN FUENTE

Un aporte del conocimiento
ancestral para la gestión y
manejo integral de cuencas



GUÍA PARA LA APLICACIÓN DE MEDIDAS ANCESTRALES PARA EL CONTROL DE SEDIMENTACIÓN EN FUENTE

**Un aporte del conocimiento ancestral para la gestión
y manejo integral de cuencas**

La Paz: Practical Action Bolivia, 2022

Autora:

Shirley K. Pazos Bashualdo, *Practical Action*.

Colaboradores:

Fernando Arevillca Yugar. Jefe de proyecto

Hernán Figueredo Ticona. Especialista en suelos

Sergio Pérez Limachi. Especialista social

Adelio Villalobos Cantuta. Apoyo técnico local

Daniela Flores Padilla. Comunicadora

Revisión:

Ministerio de Relaciones Exteriores. *Estado Plurinacional de Bolivia*

Ministerio de Medio Ambiente y Agua. *Estado Plurinacional de Bolivia*

Analía Guachalla, *Proyecto Binacional GIRH-TDPS*

Saúl Carvajal, *Unidad de Gestión de la Cuenca Katari*

Víctor H. Yapu Flores, *Practical Action*

Diseño y diagramación: Punto de Encuentro

Fotografías: archivo fotográfico de Practical Action

La Paz: **Practical Action**, 2022.

108 páginas

© Practical Action

Domicilio: Calle Presbítero Medina 2922, Sopocachi, La Paz

Teléfono: 591 (2) 2119345

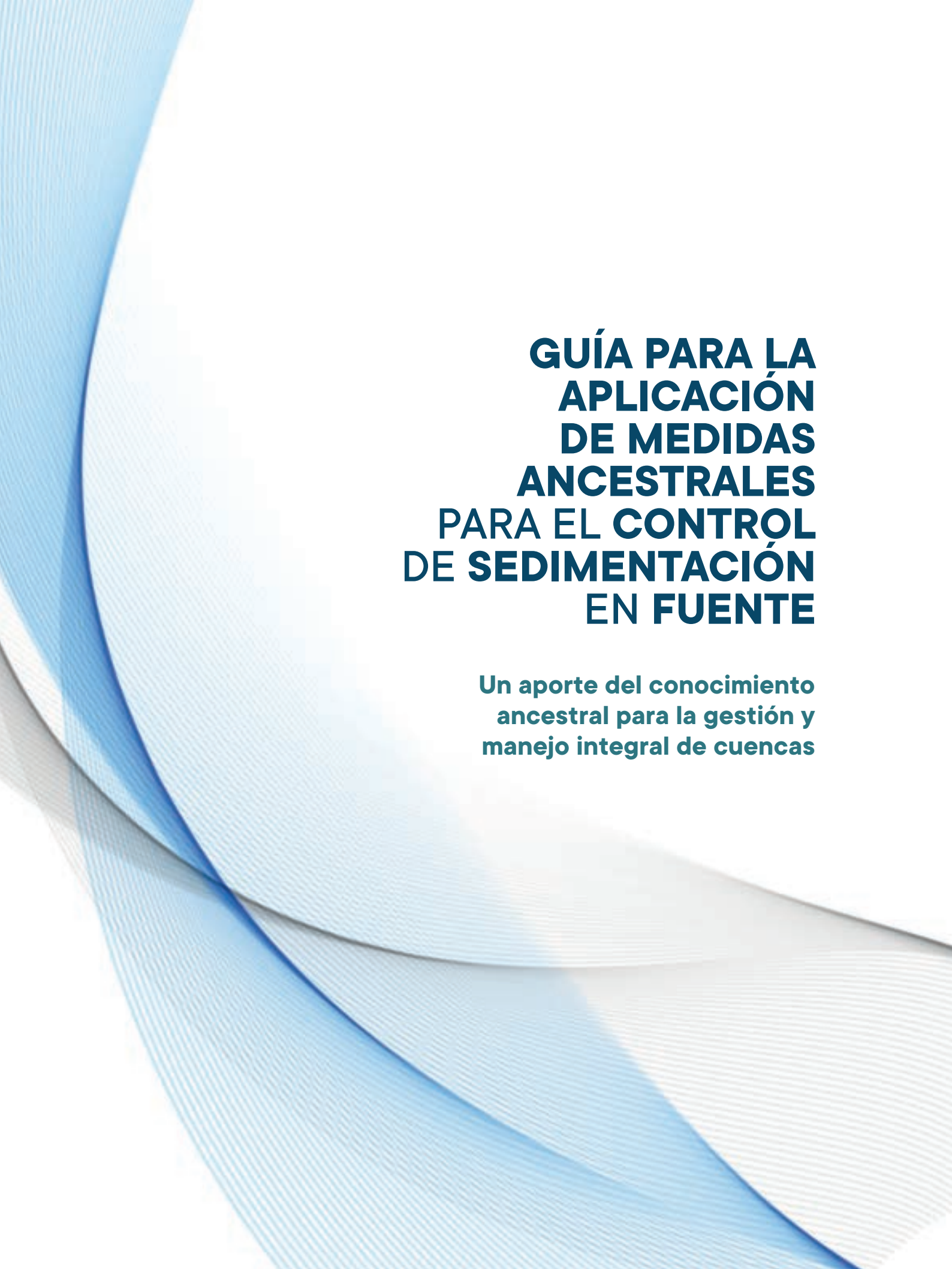
Correo electrónico: infobolivia@practicalaction.org

Página web: <http://practicalaction.org.bo/>

Impreso en: Punto de Encuentro

Tiraje: 300 unidades

Junio, 2022



GUÍA PARA LA APLICACIÓN DE MEDIDAS ANCESTRALES PARA EL CONTROL DE SEDIMENTACIÓN EN FUENTE

**Un aporte del conocimiento
ancestral para la gestión y
manejo integral de cuencas**



Esta publicación ha sido realizada por Practical Action en el marco del Proyecto Binacional Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en el Sistema Titicaca - Desagüadero - Poopó - Salar de Coipasa (GIRH-TDPS) a través del proyecto piloto “Aplicación de tecnologías ancestrales para el control de la sedimentación en fuente” financiado por el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF) y ejecutado por el Ministerio de Relaciones Exteriores y el Ministerio de Medio Ambiente y Agua del Estado Plurinacional de Bolivia y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Publicación para citar como:

Pazos, S. (2022). *Guía para la aplicación de medidas ancestrales para el control de sedimentación en fuente: un aporte del conocimiento ancestral para la gestión y manejo integral de cuencas*. La Paz, Bolivia: Practical Action. Proyecto Binacional GIRH-TDPS - Proyecto Piloto Aplicación de tecnologías ancestrales para el control de la sedimentación en fuente.

Se autoriza la reproducción total o parcial del presente documento, sin fines comerciales, citando adecuadamente la fuente.

Las opiniones expresadas en esta publicación pertenecen exclusivamente a sus autores y no reflejan necesariamente la opinión de las Naciones Unidas, del PNUD ni de sus Estados Miembros. Las designaciones empleadas y la presentación de los mapas no implican la expresión de opinión alguna por parte de la Secretaría de las Naciones Unidas o del PNUD sobre la condición jurídica de cualquier país, territorio, ciudad o zona, o de sus autoridades, o en lo que respecta a la delimitación de sus fronteras o límites.

Contenido

Presentación del Ministerio de Relaciones Exteriores	5
Presentación del Ministerio de Medio Ambiente y Agua	7
I. INTRODUCCIÓN	10
II. MARCO CONCEPTUAL	11
2.1. Cuenca y microcuenca hidrográfica	11
2.2. Erosión de suelos y transporte de sedimentos	11
Daños directos e indirectos causados por erosión	12
Ecuación Universal de Pérdidas de Suelos Revisada (RUSLE)	12
Fertilidad de suelos, carbono orgánico e inundaciones	13
2.3. Gestión y manejo integral de cuencas	13
2.4. Marco normativo e institucional para la gestión y manejo integral de cuencas	15
III. CONTEXTO DE IMPLEMENTACIÓN	17
3.1. El proyecto binacional Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en el Sistema Titicaca - Desaguadero - Poopó - Salar de Coipasa (GIRH- TDPS)	17
3.2. El proyecto piloto “Aplicación de tecnologías ancestrales para el control de la sedimentación en fuente”	17
3.3. Caracterización de la zona de estudio: la microcuenca del río Jach’a Mauri	18
Problema central	18
Contexto ambiental	19
Contexto social y cultural	20
Contexto económico y productivo	21
Contexto institucional	21
IV. PROCESO METODOLÓGICO	24
4.1. Componente social	24
a) Diagnóstico inicial e identificación de las medidas ancestrales	26

b) Implementación participativa de las medidas ancestrales	27
c) Fortalecimiento de la estructura organizativa, políticas y regulaciones para planificar el uso del recurso hídrico	30
d) Sensibilización y difusión	31
4.2. Componente técnico	32
a) Diagnóstico de la microcuenca	33
b) Selección y diseño técnico de las medidas ancestrales a implementar y su ubicación	36
c) Asistencia técnica para la implementación de las medidas ancestrales para control de sedimentos	40
d) Modelamiento cuantitativo de la erosión de suelos	40
e) Monitoreo de las prácticas ancestrales para el control de sedimentación	43
f) Determinación de la tasa de reducción de sedimentos, fertilidad de suelos y carbono orgánico por las prácticas implementadas, y evaluación de inundaciones	46
g) Sistematización de la información para la toma de decisiones	60
V. PRINCIPALES CONCLUSIONES	62
VI. RECOMENDACIONES	65
ANEXO	67
FICHAS TÉCNICAS DE LAS MEDIDAS ANCESTRALES	67
CANALES DE TIERRA PARA CONTROL DE SEDIMENTOS	67
DIQUES DE PIEDRA PARA CONTROL DE SEDIMENTOS	69
REVEGETACIÓN NATURAL PARA CONTROL DE SEDIMENTOS	74
FORESTACIÓN	76
ZANJAS DE INFILTRACIÓN	80
TERRAZAS DE FORMACIÓN LENTA	82
DEFENSIVOS CON CAMELLONES (MONTÍCULOS DE TIERRA Y MATERIAL VEGETAL) Y REVEGETACIÓN CON PLANTAS NATIVAS	84
DEFENSIVOS CON MUROS DE PIEDRA REFORZADOS CON MATERIAL RECICLADO	88
DEFENSIVOS CON TIERRA Y SACOS DE ARENA	90
ENCAUZAMIENTO DE RÍO	94
LIMPIEZA Y REHABILITACIÓN DE Q'OTAÑAS	98
LIMPIEZA DE SEDIMENTOS ACUMULADO (LAMA) EN RÍOS	102
TRAMPAS DE SEDIMENTO EN CURSOS DE RÍO	105
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107

Presentación

Ministerio de Relaciones Exteriores del Estado Plurinacional de Bolivia

El Estado Plurinacional de Bolivia a partir de la revolución democrática y cultural, ha recuperado y visibilizado la identidad de las naciones bolivianas, identidad manifestada en múltiples foros multilaterales, en los que viene advirtiendo que estamos a punto de atravesar un punto de no retorno, si el planeta continúa el acelerado camino de consumo basado en la acumulación del capital, el antropocentrismo y la sobre-explotación de la naturaleza, que pone en riesgo la vida de la Madre Tierra misma.

El paradigma del Vivir Bien, que nace de las cosmovisiones de las naciones y pueblos indígenas del Estado Plurinacional, nos ha permitido identificar la importancia del “agua para la vida”, y del reconocimiento de los códigos, los saberes, las prácticas, los conocimientos y tecnologías ancestrales de los pueblos, como base de las relaciones armoniosas del individuo consigo mismo, con el agua y con la Madre Tierra.

Es en este contexto, que el Ministerio de Relaciones Exteriores junto al Ministerio de Medio Ambiente y Aguas del Estado Plurinacional de Bolivia, priorizaron la ejecución del proyecto piloto “Aplicación de tecnologías ancestrales para el control de la sedimentación en fuente”, implementado en el marco del Proyecto Binacional “Gestión Integrada de Recursos Hídricos en el Sistema Titicaca, Desaguadero, Poopó y Salar de Coipasa (GIRH-TDPS)” y priorizado en la agenda binacional entre Bolivia y Perú, como parte de los múltiples esfuerzos de ambos países para alcanzar una gestión razonable, equitativa y sostenible de las cuencas transfronterizas comunes.

El presente documento, rescata las principales prácticas y saberes de los pueblos de Santiago de Machaca y San Andrés de Machaca para el control de la sedimentación en la microcuenca del río Jach’a Mauri. Municipios fronterizos del sistema hídrico TDPS, donde los principales medios de vida de las comunidades, como el pastoreo de camélidos, dependen de la conservación de sus suelos y del agua.

De las lecciones aprendidas y de la inteligencia de sus comunidades, se consolida una guía que busca orientar los esfuerzos de otros gobiernos locales e instancias público/privadas para continuar implementando iniciativas vinculadas al manejo integral de cuencas bajo un enfoque de recuperación y revalorización del conocimiento ancestral.

Esperamos que este documento, que me es grato presentar, proporcione los lineamientos para continuar adoptando estas tecnologías ancestrales, su documentación en la academia y su difusión en el marco de la gestión integrada de los recursos hídricos transfronterizos a nivel binacional.

Erwin Freddy Mamani Machaca
VICEMINISTRO DE RELACIONES EXTERIORES

Presentación

Ministerio de Medio Ambiente y Agua del Estado Plurinacional de Bolivia

El Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), a través del Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR), Unidad de Gestión de la Cuenca Katari (UGCK) viene impulsando la gestión integrada de recursos hídricos y el manejo integral de cuencas en Bolivia, promoviendo la participación y autogestión desde las perspectivas de las culturas y sistemas de vida locales, como sustento de desarrollo humano y ambiental sostenible, en un contexto de vulnerabilidad frente a desastres naturales y al Cambio Climático. Para este propósito, viene implementando el Plan Director de la Cuenca Katari y Lago Menor de Titicaca (PDCKyLMT), como una herramienta de planificación, concertación y concurrencia que promueve el uso equitativo del agua en calidad y cantidad necesaria a través de mecanismos a corto, mediano y largo plazo, orientadas a construir un modelo de gobernabilidad local integral del agua en los sistemas de vida, coherente con la visión del Plan Plurinacional de Recursos Hídricos 2021-2025, aprobado por el Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego.

Como actores involucrados en la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos - Titicaca Desaguadero Poopó Salar de Coipasa (GIRH -TDPS), se ha priorizado una agenda binacional Bolivia - Perú, impulsando un enfoque de gestión integrada de recursos hídricos transfronterizos para fortalecer la resiliencia de estos sistemas frente a presiones antrópicas y cada vez más evidentes efectos del Cambio Climático. Una de las acciones promovidas es el proyecto piloto "Aplicación de tecnologías ancestrales para el control de la sedimentación en fuente", con la participación de diversos actores: Ministerio de Relaciones Exteriores, el Ministerio de Medio Ambiente, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y Soluciones Prácticas, con financiamiento del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF).

La presente guía se constituye un instrumento relevante que permite conocer los aprendizajes y buenas prácticas desarrolladas, basado en la promoción del uso y aplicación de tecnologías ancestrales para el control de sedimentos, abordándose diversos aspectos, como ser: la elaboración del diagnóstico, identificación, implementación acciones y proceso de evaluación. Asimismo, además de constituirse en un instrumento de consulta, permitirá el desarrollo de réplicas en otras microcuencas del sistema hídrico TDPS o contextos similares, que sin duda pueden ser una alternativa para frenar los procesos erosivos, contribuyendo a mejorar las condiciones de vida de población vulnerable.

Esta publicación insta a planificar y desarrollar acciones conjuntas entre entidades públicas y privadas, en coordinación e involucramiento de los Organismos de Gestión de Cuenca (OGC) como principales actores, para el desarrollo de un trabajo conjunto y sostenible orientado a la gestión del agua para la vida desde el conocimiento local de las comunidades.



I. INTRODUCCIÓN

Esta *Guía para la aplicación de medidas ancestrales para el control de sedimentación en fuente*, es un documento que busca orientar los esfuerzos de los gobiernos locales para implementar proyectos e iniciativas vinculadas a la gestión integral de recursos hídricos y el manejo integral de cuencas desde la recuperación y revalorización del conocimiento ancestral. Sus objetivos específicos son:

- Guiar el proceso de diagnóstico, identificación e implementación de medidas ancestrales para el control de sedimentación en fuente desde una perspectiva de participación comunitaria para la gestión y toma de decisiones, con el objeto de asegurar que puedan ser sostenibles y replicables.
- Guiar la implementación de medidas ancestrales para el control de sedimentación en fuente, describiendo el proceso de monitoreo para la cuantificación de su aporte a la reducción de la erosión, así como la interpretación de resultados para la toma de decisiones.

La guía inicia con un marco conceptual que describe algunos conceptos básicos para entender de mejor forma su contenido, así como el marco político nacional y local en la gestión de cuencas; luego explica el contexto y los resultados de la implementación de medidas ancestrales para el control de la sedimentación en fuente en la microcuenca del río Jach'a Mauri. Posteriormente, describe el proceso metodológico seguido en el proyecto piloto "Aplicación de tecnologías ancestrales para el control de la sedimentación en fuente" acompañando dicha descripción con ejemplos de buenas prácticas, para finalmente aportar con conclusiones y recomendaciones para guiar su escalamiento y réplica.

Esperamos que este documento sea de especial utilidad para:

1. Responsables de la toma de decisiones y especialistas técnicos de gobiernos locales y nacionales.
2. Especialistas e investigadores en las temáticas de gestión integral de recursos hídricos y manejo integral de cuencas, así como de desarrollo social y recuperación de conocimiento ancestral.
3. Especialistas en la formulación, implementación y evaluación de proyectos en temáticas de gestión integral de recursos hídricos y manejo integral de cuencas.
4. Organismos de gestión de cuencas y autoridades comunitarias que busquen implementar buenas prácticas de gestión integrada de recursos hídricos.



II. MARCO CONCEPTUAL

2.1. Cuenca y microcuenca hidrográfica

Una cuenca hidrográfica es una unidad geográfica conformada por un río principal y por todos los territorios comprendidos entre la naciente y la desembocadura de ese río. Incluye específicamente todas las tierras y ríos menores que aportan agua al río principal. Saavedra (2018), indica que el Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR), dependiente del Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA) y responsable de la implementación del Plan Nacional de Cuencas (PNC), define la cuenca desde un enfoque socio técnico como “un espacio de vida y de expresión cultural de los pueblos en armonía con la Madre Tierra”.

Además, señala que en las cuencas hay una interrelación e interdependencia espacial y temporal entre los componentes de la Madre Tierra (suelo, vegetación, bosques, cultivos, agua, biodiversidad, fauna, etc.), los medios de vida (prácticas familiares y comunales, prácticas productivas, tecnología, mercados, etc.), la organización local (organizaciones sociales y productivas, usuarios del agua, organismo de gestión de cuencas, la cultura y tradiciones, reglas y/o normas comunales, etc.) e instancias políticas y normativas (Gobierno Autónomo Departamental, Gobierno Autónomo Municipal) (Saavedra, 2018).

Así, las cuencas permiten entender el ciclo hidrológico o ciclo del agua, cuantificar e identificar los impactos de las actividades antrópicas (deforestación, inadecuado uso de la tierra, erosión, arrastre y transporte de sedimentos, minería, contaminantes, etc.), del cambio climático y de otros factores que afectan positiva o negativamente la calidad y la cantidad del agua, la fertilidad y capacidad productiva de los suelos, la resiliencia de los ecosistemas, la vulnerabilidad de la población, así como la calidad de vida de sus habitantes.

Las cuencas se dividen en espacios más pequeños: subcuencas y microcuencas. La subcuenca es el territorio que drena sus aguas hacia el cauce principal de una cuenca y está conformado por un grupo de microcuencas. Por su lado, una microcuenca es el territorio que drena sus aguas hacia el curso principal de una subcuenca, y se divide a su vez en zonas (Saavedra, 2018):

- **Zona alta**, área de captación o generadora de agua. Está conformada por las partes altas (montañas y serranías con nacientes de agua) y es imprescindible para la conservación de la cobertura vegetal que tiene como función la regulación hídrica.
- **Zona media o área de vertientes**, está conformada por las laderas de montañas, serranías y colinas. En esta zona afloran las aguas subterráneas filtradas a través del suelo por el bosque natural o plantado, existente en el área de captación. En esta área ya se pueden apreciar quebradas y arroyos bien conformados y de mayor caudal y producción agropecuaria en las laderas.
- **Zona baja** o área de confluencia (receptora de agua) que está conformada por las partes bajas de las montañas. En este sector se unen todas las quebradas, arroyos y riachuelos en torno al río principal. Aquí la producción agropecuaria se extiende y se concentran los centros poblados.

2.2. Erosión de suelos y transporte de sedimentos

La erosión de suelos constituye la causa más significativa de la degradación de tierras en zonas áridas y semiáridas con un alto peligro de desertificación y de serios impactos ambientales que originan altas pérdidas en la producción agrícola, daños a la infraestructura, baja calidad del agua que afectan el bienestar de la población, llegando a amenazar la seguridad alimentaria y el desarrollo sustentable.



Para Hill y otros (1998), la erosión de suelos es el resultado de las interacciones entre las características climáticas y las intervenciones humanas que llevan al desequilibrio ecológico. Hoy en día, las prácticas inadecuadas del uso del suelo (deforestación, sobrepastoreo, cambio de uso de suelos, quemas incontroladas, etc.) así como el cambio climático (precipitaciones intensas, sequía, etc.) son la fundamental causa de la fuerte degradación.

Hellin (2004) explica que la erosión hídrica es la pérdida progresiva de los componentes del suelo como consecuencia de la dispersión de sus agregados, los cuales son arrastrados por el agua hasta lugares más bajos. Por su parte, Suárez (2001) señala que la mecánica de la erosión incluye tres procesos básicos: (1) desprendimiento de las partículas, (2) transporte de las partículas desprendidas por los agentes erosivos, como las corrientes de agua y el viento, y (3) depósito o sedimentación cuando la energía de estos agentes no es suficiente para transportar las partículas.

Este último proceso puede convertirse en un problema; el arrastre de sedimentos se da por la erosión hídrica que es causada por las interacciones del suelo, lluvia, pendiente, cubierta vegetal y prácticas de manejo, provocando cambios desfavorables en el balance de agua y el régimen de humedad del suelo. En consecuencia, todo lo que está cuenca arriba puede ser arrastrado cuenca abajo generando una vinculación clara entre las zonas alta, media y baja, y relacionando la degradación del suelo a la pérdida de su fertilidad, esto amenaza la productividad agrícola y los medios de vida de las familias que interactúan en este espacio geográfico.

Daños directos e indirectos causados por erosión

La erosión superficial de los suelos, como resultado de fenómenos naturales y antrópicos, inducidos por las lluvias extremas en las cuencas hidrográficas, puede representar un alto riesgo para la sociedad si se hace un uso indiscriminado del territorio. Ocampo y otros (1996), afirman que los daños causados por la erosión pueden ser directos cuando afectan los cultivos o dañan las parcelas productivas, disminuyen la capacidad de producción y desvalorizan la propiedad. La suma o conjunto de problemas de erosión de varias parcelas ocasiona daños indirectos que se manifiestan en desequilibrios hidrológicos y ecológicos y en problemas de sedimentación. Todos los daños, directos e indirectos, significan grandes pérdidas económicas para el agricultor, la comunidad y el país, y en ocasiones la pérdida irreparable de vidas humanas y la desertificación de extensas zonas.

Tabla 1. Daños directos e indirectos producto de la erosión

Daños directos	Daños indirectos
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pérdida y desertificación de suelos ▪ Pérdida de siembra ▪ Arrastre de nutrientes ▪ Pérdida de agua ▪ Pérdida de cobertura y áreas de cultivo ▪ Transporte de sedimentos aguas abajo 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Colmatación de embalses y quebradas con disminución de su capacidad de almacenamiento y conducción ▪ Ocurrencia de desastres (mazamoras, deslizamientos, movimientos en masa, etc.) o fenómenos extremos (sequías e inundaciones). ▪ Pérdida de riqueza genética de la fauna ▪ Pérdida de especies de flora ▪ Escasez de agua para el consumo

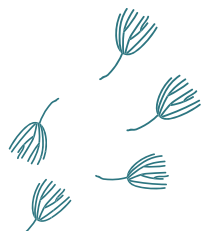
Fuente: elaboración propia con base en Harry, L., 2014.

Ecuación Universal de Pérdidas de Suelos Revisada (RUSLE)

Rodríguez y otros (2004), refieren que la degradación de los suelos por erosión hídrica es uno de los procesos más importantes en la pérdida de la capacidad productiva de la tierra. En la estimación de este proceso degradativo, en términos de pérdida de suelo, se han desarrollado y diseñado una serie de procedimientos y modelos. Uno de ellos es la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada (RUSLE por sus siglas en inglés) que fue desarrollada para pequeñas pendientes y sus resultados han sido incorporados en aplicaciones de modelación de erosión y transporte de sedimento a escala de cuenca. Los requerimientos de datos de entrada son bajos comparados con muchos otros modelos: lluvia anual, un estimado de la erodabilidad, información de la cobertura de suelo, prácticas de manejo y la topografía. Dando como resultado una estimación de la pérdida de suelo anual promedio.

La ecuación RUSLE es una función del producto de cinco factores que controlan la erosión:

$$A = R * K * LS * C * P$$



Donde:

- A** es la pérdida media anual de suelo expresado en ton\ha*año.
- R** es la precipitación e índice de pérdida por erosividad (en MJ* mm\ha*año).
- K** es el factor de erodabilidad del suelo (en ton*ha*h/ha*MJ*mm).
- LS** es la pendiente y el factor de la longitud (dimensional).
- C** es el factor de la cobertura (dimensional).
- P** es el factor de las prácticas de conservación (dimensional).

Fertilidad de suelos, carbono orgánico e inundaciones

Los cambios en las propiedades del suelo, provocados por la erosión, producen alteraciones en su nivel de fertilidad y consecuentemente en su capacidad de sostener una agricultura productiva. Muchos son los factores que generan la disponibilidad de nutrientes en el suelo, y a menudo la relación entre ellos parece ser aleatoria. Desde un punto de vista de las propiedades químicas, el pH, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y la materia orgánica, son consideradas como la base funcional del suelo en cuanto a la productividad, ya que la fertilidad y el medio bioquímico del suelo dependen de estas. Las propiedades químicas son modificables a la escala humana y, bajo un manejo adecuado del suelo y sistema de uso, se pueden revertir condiciones negativas hasta un 70%.

Para la clasificación o categorización de cada parámetro edáfico, se utiliza la siguiente matriz categorizado en muy bajo, bajo, moderado, alto y muy alto:

Tabla 2. Categorización de variables

Variable	Muy bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto
Materia orgánica (%)	<1,0	1,1 - 2,4	2,5 - 4,5	4,6 - 9	>9,0
CIC (meq/100g)	<6,0	6,0 - 12,0	12,0 - 25,0	25,0 - 40,0	>40,0
pH	<4,5	4,5 - 4,9	5,0 - 5,9	6,0 - 6,7	6,8 - 7,2
	>9,0	8,5 - 9,0	7,9 - 8,4	7,4 - 7,8	6,8 - 7,3

Fuente: Practical Action, Figueredo, H., con base en CIAT, UMSS y FAO.

Por otro lado, el carbono orgánico del suelo (COS) tiene una influencia determinante sobre la calidad del suelo y resulta un componente crucial y activo en el ciclo del carbono a nivel mundial. La erosión del suelo puede tener una relevancia inmediata en el ciclo de carbono, por ello resulta importante determinar las fuentes de sedimentos y procesos dominantes de erosión, así como sus implicaciones para la preservación del carbono.

Finalmente, siendo las inundaciones una causa de la erosión de suelos, su evaluación es importante. Los análisis de inundaciones, con ayuda de datos de satélite, pueden trabajarse jugando estratégicamente con las bandas de trabajo para identificar y cuantificar las superficies afectadas por la inundación. La técnica radar o la convencional óptica de satélites como Sentinel y Landsat mostrarán de manera nítida las zonas afectadas.

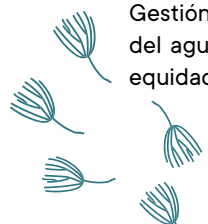
El índice de agua de diferencia normalizada (NDWI por sus siglas en inglés), se utiliza como una medida de la cantidad de agua que posee la vegetación o el nivel de saturación de humedad que posee el suelo.

Para obtener este índice la combinación de bandas es la siguiente: Landsat 8 (3-6) / (3+6), Sentinel 2 (3-11) / (3+11).

$$NDWI = (GREEN-NIR) / (GREEN+NIR)$$

2.3. Gestión y manejo integral de cuencas

Bolivia adopta la definición hecha por la Asociación Mundial para el Agua (*Global Water Partnership, GWP*) sobre Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) como “el proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinado del agua, de la tierra y de los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar económico y social con equidad y sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales” (GWP, Comisión Técnica, 2000).



Asimismo, adopta el concepto de Manejo Integral de Cuencas (MIC) que integra el concepto de manejo integrado de recursos naturales y el ambiente en una cuenca. Siendo el MIC el conjunto de acciones que conducen al uso y aprovechamiento de los recursos naturales de la cuenca.

Entonces, la GIRH considera el conjunto de elementos naturales y artificiales que interfieren en el ciclo natural del agua a nivel de las cuencas hidrográficas: clima, geología, topografía, suelos, vegetación, ocupación y actividad humana, etc. En estas complejas interacciones juegan un rol particular los componentes suelo y cobertura vegetal, especialmente en las cabeceras de las cuencas donde suelen caer las mayores precipitaciones, y en laderas de alta pendiente donde se concentran los flujos superficiales. En cuencas degradadas estos elementos pierden su capacidad de regulación hidrológica, resultando en un conjunto de problemas que ponen en riesgo las condiciones para la vida humana y natural, agravados aún más por los fenómenos de cambio climático. Medidas de MIC pretenden ofrecer alternativas a estos problemas y malas prácticas.

Por tanto, la gestión y manejo integral de cuencas es un proceso que busca aportar soluciones a un complejo conjunto de problemas interrelacionados que limitan la capacidad de la cuenca para proveer las funciones ambientales (Saavedra, 2018).

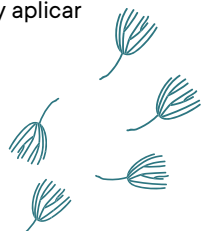
- a. **Hidrológicas.** Referidas a la captación, almacenamiento natural y escurrimiento del agua manteniendo su calidad y cantidad con el objetivo de contribuir con la provisión de agua dulce, producción de alimentos, provisión de materiales forestales y producción de energía hidroeléctrica.
- b. **Ambientales.** Relacionadas con mantener la estabilidad, composición y diversidad de los suelos, regular el ciclo y la recarga hídrica, conservar la biodiversidad y bancos de germoplasma y ayudar a los procesos de absorción de CO₂. Incluye la regulación de la escurrimiento superficial, infiltración de agua en el suelo, recarga de acuíferos, mantenimiento del flujo base, prevención y reducción de inundaciones, reducción del riesgo de deslizamientos, protección del suelo, control de la erosión y sedimentación, protección de la calidad del agua superficial y subterránea.
- c. **Socioeconómicas.** Dadas por el suministro de los recursos naturales necesarios para las actividades productivas, abastecimiento de agua a las ciudades, proveer espacios para el turismo y la recreación, estética del paisaje, herencia cultural, identidad cultural, inspiración artística y espiritual.
- d. **Ecosistémicas.** Consistentes en sustentar las comunidades bióticas que la habitan y ayudar a la conservación de los ecosistemas existentes de flora y fauna (hábitat para las diversas especies).

Los conocimientos ancestrales de los pueblos indígenas originarios para la gestión de cuencas

Según el Censo de Población y Vivienda (CPV) del año 2012, el 41% de la población boliviana mayor de 15 años es de origen indígena, aunque las proyecciones del 2017 del Instituto Nacional de Estadística (INE) señalan que ese porcentaje se habría ampliado al 48%. De los 36 pueblos reconocidos en el país, habitan en los Andes mayoritariamente los de habla quechua (49,5%) y aymara (40,6%) que se autoidentifican con 16 nacionalidades. Hasta la fecha, los pueblos indígenas han consolidado en propiedad colectiva 23 millones de hectáreas bajo la figura de Territorios Indígena Originario Campesinos (TIOC), que constituyen el 21% de la extensión total del país; estos territorios representan la mayor parte de la diversidad cultural de Bolivia (Tamburini, L., 2022).

Para efectos de este documento, la expresión “conocimientos ancestrales” hará referencia a los conocimientos generales y técnicos acumulados durante generaciones, puestos a prueba y aplicados a lo largo de milenios, que guían a los pueblos indígenas en su interacción con el medio ambiente que los rodea.

Estos pueblos han sido capaces de ajustar y modificar sus acciones en respuesta a los cambios que sufre el medio ambiente, mostrando una alta capacidad para adaptarse al cambio climático en los distintos contextos en que habitan. Los pueblos indígenas tienen milenios de experiencia en la recopilación y aplicación de información sobre el medio ambiente local para que sus comunidades planifiquen y gestionen mejor los riesgos y el impacto de la variabilidad natural y los fenómenos climáticos extremos. Lo que es nuevo, es la amenaza del cambio climático debido a la actividad humana y la necesidad de adaptarse a sus efectos adversos. En este contexto, las comunidades constituyen una importante fuente de datos de referencia y conocimientos sobre la historia del clima, y desempeñan un valioso papel al ofrecer conocimientos especializados a escala local, hacer un seguimiento de los efectos y aplicar respuestas que posibilitan la adaptación a nivel local (Tamburini, L., 2022).



2.4. Marco normativo e institucional para la gestión y manejo integral de cuencas

La Constitución Política del Estado (CPE), en su artículo 375 establece que es deber del Estado desarrollar planes de uso, conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de las cuencas hidrográficas.

La ley 1333, Ley de medio ambiente, define criterios y disposiciones legales que permiten el manejo de ciertos impactos generados por el cambio climático: el incremento de necesidades de agua, la erosión y desertificación, la contaminación de fuentes de agua por bajos caudales y vertidos de aguas contaminantes, entre otros.

Por su parte, la ley 2878, Ley de promoción y apoyo al sector riego para la producción agropecuaria, plantea como objetivo normar y regular el aprovechamiento de recursos hídricos y fuentes de agua destinados al riego para la producción agropecuaria y forestal; la ley 1700, Ley forestal, en su artículo 2 establece la protección y rehabilitación de las cuencas hidrográficas, prevenir y controlar la erosión de los suelos y la degradación de los bosques, praderas y aguas, y promover la forestación y reforestación y captación de agua en las fuentes.

Desde el punto de vista de institucionalidad, la ley 031, Ley marco de autonomías y descentralización “Andrés Báñez”, en su artículo 87 (recursos naturales) dispone la asignación competencial en materia de cuencas y gestión integral de recursos hídricos distribuyendo las competencias de la siguiente manera: 1. Gobiernos Autónomos Departamentales (GAD): ejecutar la política general de conservación y protección de cuencas, suelos, recursos forestales y bosques. 2. Gobiernos Autónomos Municipales (GAM): a) ejecutar la política general de conservación de suelos, recursos forestales y bosques en coordinación con el GAD, b) implementar las acciones y mecanismos necesarios para la ejecución de la política general de suelos.

Con respecto a las competencias en gestión de recursos hídricos y riego a nivel central del Estado, en el artículo 89, le asigna la siguiente competencia exclusiva: “establecer mediante ley el régimen de recursos hídricos y sus servicios, que comprende la regulación de la gestión integral de cuencas, la inversión, los recursos hídricos y sus usos”, y de manera concurrente y coordinada con las entidades territoriales autónomas, la de elaborar, financiar y ejecutar proyectos de riego” y la “definición de planes y programas relativos de recursos hídricos y sus servicios”.

En Bolivia, el VRHR es el responsable de la implementación del PNC que tiene como objetivo promover y fortalecer la GIRH y el MIC bajo la participación y la autogestión, desde la perspectiva de las culturas y sistemas de vida locales.

Con el propósito de mejorar y fortalecer la institucionalidad para la gestión integrada de cuencas y agua, y para asumir los múltiples retos que implica la gestión y manejo integral de cuencas, el MMAyA considera el fortalecimiento y consolidación de instancias de gestión en los tres niveles de gobierno: nacional, departamental y municipal, que además comprende la promoción de estructuras de articulación de los distintos actores a nivel de cuencas, tanto a escala intercomunal a nivel de microcuenca a través del organismo de gestión de cuencas (OGC), como a nivel intermunicipal/interdepartamental a través de una plataforma de gestión/unidad de gestión de cuenca estratégica.

De acuerdo con la Guía metodológica para la elaboración del plan de gestión local de microcuencas (MMAyA, 2018), el OGC es la instancia de coordinación y de concertación local participativa que promueve la gestión y manejo de la microcuenca, que agrupa a las organizaciones locales de la microcuenca. Puede estar constituido por líderes comunales, usuarios del agua, cooperativas y otras instancias públicas y privadas con presencia en la microcuenca.

La misma guía, señala entre los roles que el OGC debe desarrollar, los siguientes:

- Motivar, sensibilizar e informar a la población de la microcuenca sobre los beneficios y la importancia de desarrollar la gestión integral de microcuencas.
- Coordinar y establecer acuerdos con los actores locales para la construcción y consenso de una visión conjunta de desarrollo de la microcuenca (por ejemplo, el agua como articulador de la gestión de la microcuenca).
- Velar por el cumplimiento de los compromisos y acuerdos de los actores locales en la implementación de las prácticas de manejo y gestión de la microcuenca.
- Fomentar una nueva cultura del agua, basada en los principios de equidad, reciprocidad, participación y corresponsabilidad.
- Establecer acuerdos de corresponsabilidad y apropiación entre los actores de la microcuenca alta y baja, promoviendo el trabajo conjunto de protección de las nacientes, áreas de recarga hídrica y fuentes de agua, entre otras prácticas de GIRH/MIC.



- Promover la elaboración e implementación de un plan de gestión local de la microcuenca como una estrategia que dé continuidad al proceso de GIRH/MIC.
- Impulsar el desarrollo e implementación de normas comunales que contribuyan al manejo, conservación y uso sostenible del agua, suelos, bosques y vegetación en las microcuencas.
- Promover la réplica y escalamiento de las prácticas de GIRH/MIC más efectivas y sostenibles para atender la problemática hídrico-ambiental de la microcuenca.
- Diseñar y aplicar mecanismos de generación de recursos económicos y financieros a través de aportes propios y otras modalidades.
- Identificar potenciales conflictos relacionados al acceso y uso equitativo al agua y otros recursos naturales en la microcuenca y facilitar su transformación.
- Coordinar y establecer alianzas y sinergias con los GAM y otras instancias para la provisión de asistencia técnica, acompañamiento y apoyo económico y financiero.
- Evaluar y monitorear los cambios ocurridos como resultado de la gestión de la microcuenca en términos de calidad y disponibilidad del agua, restauración del suelo, y regeneración de la vegetación.



III. CONTEXTO DE IMPLEMENTACIÓN

3.1. El proyecto binacional Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en el Sistema Titicaca - Desagüadero - Poopó - Salar de Coipasa (GIRH- TDPS)

El proyecto GIRH-TDPS, priorizado en la agenda binacional Bolivia – Perú, forma parte de los múltiples esfuerzos binacionales orientados a revertir los severos problemas de contaminación y degradación de los sistemas socio-ecológicos altiplánicos, y a implementar enfoques de gestión integrada de recursos hídricos transfronterizos, que permitan fortalecer la resiliencia de estos sistemas a las crecientes presiones producto de los acelerados procesos insostenibles de urbanización, a la inadecuada gestión ambiental de las actividades productivas, y a los cada vez más evidentes efectos del cambio climático.

Este proyecto busca ser un catalizador que contribuya a:

- i. Construir una visión común sobre la base de la GIRH.
- ii. Establecer una planificación común que oriente acciones en los ámbitos binacional, nacional y local.
- iii. Movilizar e incorporar a los actores clave en la gestión integrada del sistema.

El proyecto se desarrolla en Bolivia y Perú, siendo el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) la agencia implementadora con el financiamiento del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (*Global Environment Facility*, GEF por sus siglas en inglés).

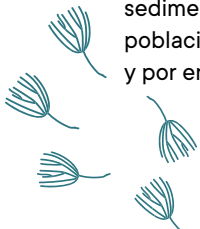
En Bolivia el proyecto es ejecutado en coordinación con el Ministerio de Relaciones Exteriores y el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA) a través de la Unidad de Gestión de la Cuenca Katari (UGCK) y contribuirá a avanzar en la implementación del PNC y el plan director de la cuenca Katari (PDCK).

3.2. El proyecto piloto “Aplicación de tecnologías ancestrales para el control de la sedimentación en fuente”

La experiencia que compartimos en este documento corresponde al proyecto piloto 01-B-01 “Aplicación de tecnologías ancestrales para el control de la sedimentación en fuente”, uno de los 11 proyectos piloto que implementa el proyecto GIRH-TDPS (6 en Perú y 5 en Bolivia), con los que se busca generar aprendizajes para la gestión de los recursos hídricos.

Este proyecto piloto, que se localiza en los municipios de San Andrés de Machaca y Santiago de Machaca, fue adjudicado a la organización no gubernamental Practical Action en Bolivia y plantea la retención de sedimentos en fuente a través de la identificación de medidas ancestrales de manejo y conservación de suelos y agua en el marco de la GIRH y el MIC, pretendiendo constituirse en una alternativa para frenar los procesos erosivos y contribuir a la mejora de las condiciones socioeconómicas a nivel de las comunidades del sistema hídrico TDPS.

El control de la sedimentación a nivel de unidades hidrográficas aguas arriba del río Desagüadero, permite reducir el aporte de sólidos y lograr la disminución de la acumulación de sedimentos en este río mediante la aplicación de medidas ancestrales que hacen posible la disminución de la erosión y por consiguiente la disminución de arrastre de sedimentos aguas abajo. Con las anteriores acciones, indirectamente se contribuye a mejorar la calidad de vida de la población, puesto que un adecuado manejo de los suelos permitirá obtener un incremento de la producción agrícola y por ende mejorar los ingresos económicos de la población y de sus condiciones de vida actuales.



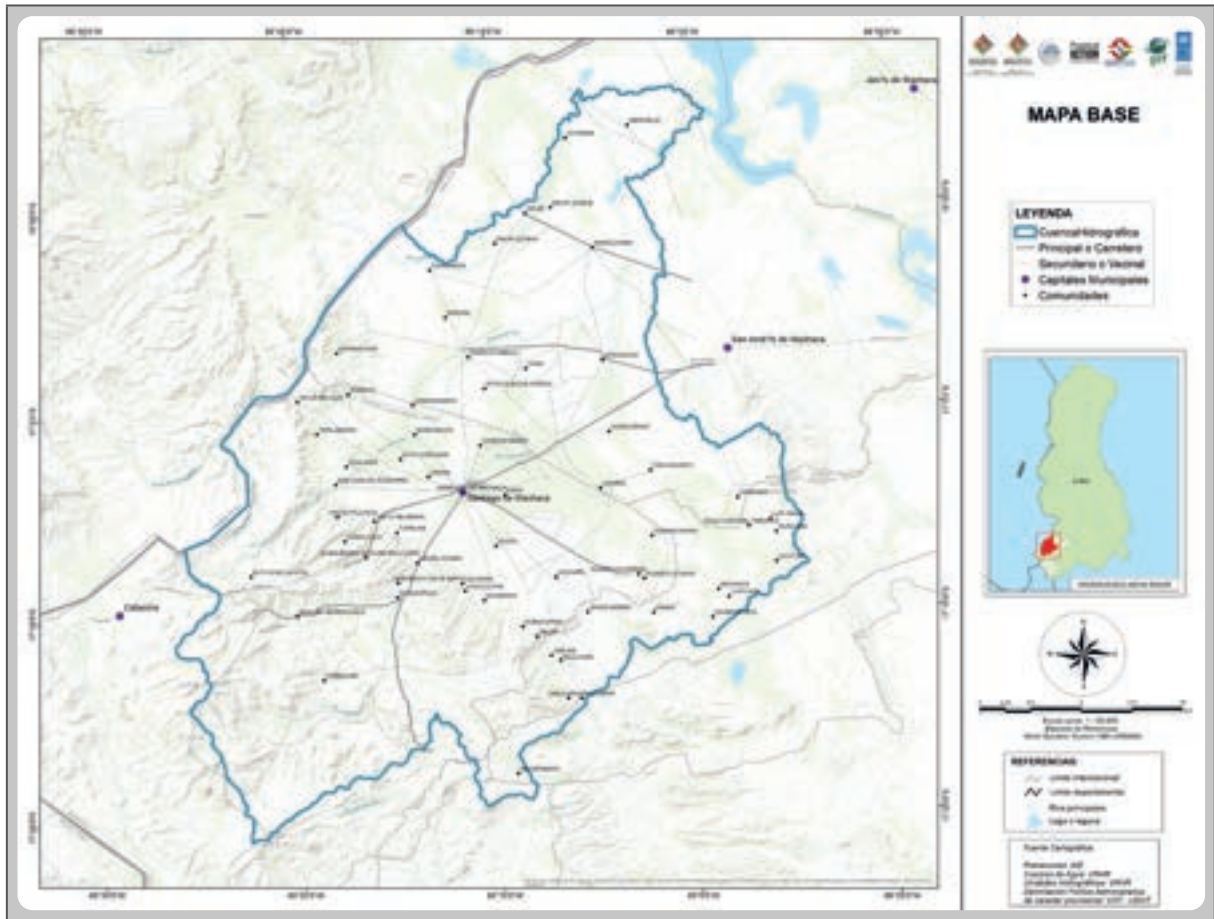
La implementación del proyecto se efectuó a través del establecimiento de alianzas con los actores e instituciones locales como los gobiernos locales de ambos municipios, las organizaciones comunitarias indígenas y originarias, las instituciones de educación básica y superior, entre otras. Estos actores tienen la capacidad de desarrollar procesos de investigación - acción en la microcuenca, además de facilitar procesos de aprendizaje e interaprendizaje sobre la base del “diálogo de saberes”.

La sostenibilidad del proyecto piloto se concentró en la concertación organizacional para la GIRH y el MIC alrededor de procesos de conformación y fortalecimiento para el funcionamiento del OGC, particularmente en cuanto a su rol, proceso de legitimización, su desempeño, procesos de monitoreo y evaluación de las medidas ancestrales para el control de la sedimentación y la sensibilización sobre los beneficios de las mismas para la microcuenca y la población.

3.3. Caracterización de la zona de estudio: la microcuenca del río Jach’a Mauri

El área donde se desarrolló el proyecto piloto es la microcuenca del río Jach’a Mauri que comprende comunidades de los municipios de Santiago de Machaca y San Andrés de Machaca, al sudoeste del departamento de La Paz, en la provincia Ingavi, a una altitud de más de 3.800 m.s.n.m.

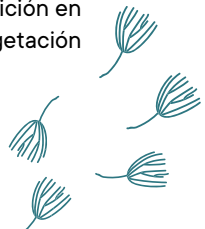
Figura 1. Mapa de ubicación de la microcuenca del río Jach’a Mauri



Fuente: Figueredo. H., *Practical Action*, 2021.

Problema central

La erosión de los suelos en la microcuenca del Jach’a Mauri constituye una de las principales causas para la remoción de partículas finas y el transporte de sedimentos hacia los principales cursos de agua y finalmente su deposición en los lechos de los ríos, principalmente en la zona baja. Esta situación se ve acrecentada por la remoción de vegetación nativa, sobrepastoreo y la falta de un manejo apropiado de suelos.



Se ha observado que esta microcuenca presenta procesos de erosión severos y muy severos, de origen natural (por las condiciones geológicas naturales) acelerado por actividades agropecuarias y pastoriles actuales y pasadas, generando la producción y acumulación de sedimentos que son depositados en la unidad hidrográfica del río Desaguadero.

La deforestación y el sobrepastoreo en las últimas décadas ha desnudado y compactado el suelo reduciendo la infiltración de la escorrentía, y por ende, la recarga de los acuíferos, que sumado a la siembra en surcos en sentido de la pendiente han provocado procesos erosivos moderados a severos debido al escurrimiento del agua. Asimismo, la ocurrencia de eventos climáticos extremos (sequías, heladas e inundaciones) empeora la situación general de la microcuenca y su vulnerabilidad, debido a lo cual se requiere la implementación de medidas de conservación de suelos, agua y vegetación que permitan la revitalización de los ecosistemas vitales y sistemas de vida.

El Plan Global Director Binacional (PGDB) del sistema TDPS, muestra unas tasas de erosión estimadas como se visualiza en la tabla 3.

Tabla 3. Tasas estimadas de erosión en el sistema TDPS

Ríos o estaciones	Área de la cuenca (Km ²)	Transporte sólido medio (10 ³ t/año)	Erosión t/Km ² /año
Río Desaguadero	11.812	3.734	316
Río Mauri-Calacoto	9.875	140	14
Río Desaguadero-Ulloma	23.000	6.187	269
Río Suchez-Escoma	2.825	64	22,5
Río Huancané	3.540	103	29
Río Llave	7.705	143	18,5
Río Coata	4.500	158	35
Río Ramis	14.700	606	41

Fuente: documento de formulación del proyecto piloto. PNUD, 2019.

De acuerdo con el cuadro anterior, la unidad hidrográfica del río Desaguadero (donde se encuentra el proyecto piloto) es la que presenta mayores índices de erosión o pérdidas de suelos expresados en t/km²/año, cuyos efectos indirectos se manifiestan en la producción de sedimentos aguas abajo.

La estimación sobre la erosión de suelos en la microcuenca Jach'a Mauri proviene de información que data del año 1996, del proyecto PRONALDES:

Tabla 4. Tasas estimadas de erosión en la microcuenca Jach'a Mauri

Código	Descripción	Área (Km ²)	%
A4.2/2HEB	Llanura de piedemonte, ondulada con erosión ligera	896,0	43,7
VI.2/5HEA	Domos volcánicos o colinas, con erosión muy fuerte	1.020,2	49,8
A3.1/4HA	Colinas, con erosión fuerte	134,1	6,5
Total		2.050,3	100,0

Fuente: PRONALDES, 1996.

Contexto ambiental

La microcuenca presenta un clima predominante frío y seco, con alturas promedio de 4.000 m.s.n.m. y una marcada estacionalidad: una época seca y otra lluviosa. De acuerdo con datos históricos de la estación de Santiago de Machaca del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), durante el periodo de 1996 a 2015 se registra una temperatura media anual de 6,11 °C, con temperatura máxima media de 18,13 °C y mínima media de -5,85 °C. Esta misma estación registra una precipitación promedio anual en los últimos 20 años (2001 al 2020) de 439,57 mm/año. Los meses con mayores precipitaciones son enero, febrero y marzo, y la época seca se da entre



abril y septiembre, meses en los cuales la mayoría de los aportantes de la microcuenca reducen sus caudales y otros terminan secos.

Las tres zonas de la microcuenca (alta, media y baja) presentan un conjunto de amenazas que exponen la vulnerabilidad de sus comunidades. En los talleres participativos realizados con las mismas, a efectos del diagnóstico, las amenazas que se destacan son sequías, heladas, granizadas e inundaciones. Muchas de estas son más recurrentes debido al cambio climático que va afectando a los ecosistemas de la microcuenca y por tanto a las principales actividades socioeconómicas de las comunidades: ganadería y agricultura.

Tabla 5. Amenazas e índice de riesgo municipal

Municipio	Helada	Granizo	Sequía	Inundación	Incendio forestal
Santiago de Machaca	0,81369	0,87869	0,21369	0,04453	0
San Andrés de Machaca	0,79792	0,57514	0,25344	0,19919	0

Fuente: información del Sistema de Planificación Integral del Estado (SPIE) al 2020.

De acuerdo con información del SPIE al 2020, el índice de riesgo municipal a nivel de la microcuenca registra un índice muy alto para helada, alto para granizo, medio para sequía, bajo para inundación y nulo para incendios forestales. La presencia de inundaciones se concentra en comunidades de la zona baja, mientras que las heladas, el granizo y la sequía se concentran en las zonas alta, media y baja.

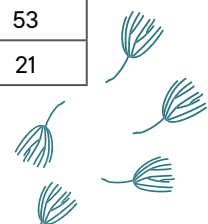
Contexto social y cultural

De acuerdo con datos del CPV realizado el 2012, el municipio de San Andrés de Machaca tiene una población de 6.145 habitantes, mientras que el municipio de Santiago de Machaca alberga a 4.593 habitantes.

En el proyecto piloto participaron 496 familias que suman un total de 2.481 personas pertenecientes a 34 comunidades de la microcuenca, distribuidas en las zonas alta, media y baja. De estas, 26 se encuentran en territorio del municipio de Santiago de Machaca y 8 en el municipio de San Andrés de Machaca. Sin embargo, para la elaboración del plan de gestión local de la microcuenca se identificaron más de 90 comunidades entre ambos municipios.

Tabla 6. Distribución de las comunidades identificadas en torno a la microcuenca

Zona cuenca	N°	Comunidad	Ayllu / Marka	Cantidad de personas		
				Varón	Mujer	Total
Santiago de Machaca						
Alta	1	Llallagua	Exaltación	23	22	45
	2	Tiquitiquini	Exaltación	8	7	15
	3	Itapalluni	Exaltación	29	27	56
	4	Añufani	Bautista Saavedra	24	22	46
	5	Asiruni	Sub central Choquepiña	20	19	39
	6	Sicuani	Sub central Choquepiña	18	17	35
	7	Ichucata	Ilavi	31	22	53
	8	Choquipujo	Ilavi	27	26	53
	9	Janko Jaque	Ilavi	14	14	28
	10	San Juan de Rosa Pata	Chocorosi	28	26	54
	11	Pinawi	Exaltación	10	9	19
	12	Limani	Exaltación	10	9	19
Media	1	Acocata	Quelca	27	26	53
	2	Ancoamaya	Ilavi	11	10	21



Zona cuenca	N°	Comunidad	Ayllu / Marka	Cantidad de personas		
				Varón	Mujer	Total
Media	3	Capilluni	Ilavi	20	19	39
	4	Cusupaya	Ilavi	3	3	6
	5	Antajarani	Bautista Savedra	6	6	12
Baja	1	Cala Cala	Quelca	25	23	48
	2	Auquiamaya	Quelca	22	20	42
	3	Huaripujo Alto	Huaripujo	78	74	152
	4	Huaripujo Bajo	Huaripujo	70	67	137
	5	Condoramaya	Ilavi	42	39	81
	6	Chingani	Ilavi	11	11	22
	7	Jarocata	Quelca	11	11	22
	8	Cano	Quelca	28	26	54
	9	Iru Suchini	Ilavi	3	4	7
Subtotal				599	559	1158
San Andrés de Machaca						
Media	1	Cuypiamaya	Livita A	149	148	297
Baja	1	Huancarami	Livita A	55	54	109
	2	Luna	Livita A	30	29	59
	3	Quelca Torre	Livita A	37	35	72
	4	Jerusalem	Livita A	55	55	110
	5	Antaquirani	Alto Achacana	117	116	233
	6	Conchacollo	Alto Achacana	87	84	171
	7	San Pedro - San Pablo	Yaru Ingavi	137	135	272
Subtotal				667	656	1323
Total				1.266	1.215	2.481
Número de familias				496		

Fuente: documentos internos del proyecto piloto. Practical Action, 2021.

Los pobladores de estas comunidades pertenecen a la cultura aymara y la lengua predominante es el aymara seguida del español. Otro común denominador es la existencia de una población mayoritariamente adulta y de la tercera edad. Aspectos como la titularidad y acceso a tierras, condiciones climáticas adversas, escasas oportunidades de educación y económicas, entre otros, propician procesos de emigración campo – ciudad, existiendo población empadronada que, sin embargo, reside en ciudades de Bolivia y el exterior. Esto también incide en la poca cantidad de unidades educativas en las comunidades debido a la predominancia de población adulta en comparación con población joven y niñez en edad escolar.

Respecto a la propiedad de los terrenos, existen dos tipos: comunal e individual, aspecto que ha dado curso a la conformación de 'estancias', que son propiedades familiares destinadas al pastoreo de ganado camélido.

En el aspecto festivo y de tradiciones locales, muchas de las fiestas en las comunidades van desapareciendo por los procesos de emigración. Entre las actividades festivas se acentúan el festejo de aniversarios como el 16 de julio, 2 y 6 de agosto; sin embargo, las comunidades aún mantienen actividades tradicionales como la ch'alla¹ para fiestas

¹ Es una práctica aymara realizada en Bolivia, Perú, Chile y Argentina, consiste en humedecer el suelo o algún elemento para el que se busca protección con bebidas de carácter ritual.



de carnaval, en inauguraciones o fechas especiales; la celebración del año nuevo aymara² en junio y las fiestas de aniversario de las comunidades y los ayllus o mark'as³.

Contexto económico y productivo

Desde el punto de vista económico, resalta la actividad pecuaria pues además de ser parte fundamental de la seguridad alimentaria, es fuente generadora de ingresos económicos a partir de la venta de ganado en pie y faeneado.

Las comunidades se dedican primordialmente a la crianza del ganado camélido (llamas y alpacas, 30 a 400 cabezas/familia aproximadamente dependiendo de la disponibilidad de terrenos para el pastoreo) y ganado ovino, en menor proporción a la crianza de ganado porcino, bovino y aves de corral. En menor escala se dedican a la agricultura, cuyos productos son destinados al consumo familiar y menos probable, a la comercialización de pequeños excedentes. La producción se concentra en cultivos como cebada, papa, quinua y cañahua, cuyas superficies varían entre los 0,12 a 1 hectárea aproximadamente, y están condicionados por la presencia de suelos con pocos nutrientes y la incidencia de amenazas climatológicas como heladas, sequías y granizo.

Cuando la producción agrícola y el forraje para el ganado son escasos los animales mueren y la economía familiar se ve afectada, provocando la emigración obligatoria de los varones y jóvenes en busca de mejores condiciones de vida. La crianza de los animales es considerada la caja de ahorro familiar, ya que su venta es destinada a la adquisición de bienes de mayor valor como la construcción de viviendas, compra de muebles, víveres y otros.

En relación con la distribución de las comunidades en torno a la microcuenca y las actividades productivas, se observa que la zona alta concentra mayores poblaciones de alpacas por la presencia de numerosos escurrimientos de agua que abastecen a los bofedales y promueven la diversidad de especies forrajeras. En las zonas media y baja se observa predominantemente la agricultura y presencia de llamas debido a que las condiciones de vegetación son más propicias.

Por otro lado, el análisis de las vulnerabilidades en relación con las actividades socioeconómicas de las familias de las comunidades permite identificar que las principales amenazas son las heladas, granizo, sequías e inundaciones.

Tabla 7. Vulnerabilidad de los medios de vida a las amenazas

Medios de vida	Amenaza				
	Helada	Granizo	Sequía	Inundación	Incendios forestales
Ganado (camélido, ovino, bovino y otros)	2	3	3	3	2
Infraestructura productiva (establos, silos, pozos de agua, bebederos y sistemas de riego)	2	3	3	3	2
Cultivos agrícolas (papa, cebada, quinua y cañahua)	3	3	3	0	1
Infraestructura vial, educativa, de salud y viviendas	1	3	1	3	2

3. Muy alta vulnerabilidad sobre el recurso. | 2. Alta vulnerabilidad sobre el recurso. | 1. Mediana vulnerabilidad sobre el recurso. | 0. Nula vulnerabilidad sobre el recurso.

Fuente: diagnóstico socioeconómico de la microcuenca. Practical Action, 2021.

Contexto institucional

Dentro del área intervienen los GAM de Santiago de Machaca y San Andrés de Machaca, organizaciones campesinas indígenas originarias de las comunidades e instancias educativas y de salud. Ambos gobiernos municipales tienen competencias y atribuciones para la gestión y el manejo de los recursos naturales de acuerdo con el marco normativo nacional.

² Ceremonia propia de la cultura aymara que recuerda la conexión ancestral del sol con la Pachamama.

³ Son gobiernos-agrupaciones familiares y/o comunales, sociales, económicas y culturales con una base territorial común que persisten desde antes del imperio incaico en la región andina de Bolivia y Perú.



La forma de organizativa de las comunidades está en torno a los mark'as y ayllus, donde la autoridad originaria es el Jach'a Mallku, Sullka Mallku, Qilka Mallku y Kolqi Kamani, y a nivel comunal el Jatha Mallku. Estas instancias de organización se articulan al ejecutivo Tupac Katari y Bartolina Sisa⁴ del nivel provincial y departamental respectivamente.

En Santiago de Machaca, según el Plan Territorial de Desarrollo Integral para Vivir Bien (PTDI), el territorio está conformado por 3 ayllus (Quelca, llave y Chocorosi) y 5 mark'as (José Ballivián, Huaripujo, Berenguela, Exaltación y Bautista Saaavedra - Añufani). De la misma forma, el territorio de San Andrés de Machaca, según su PTDI, está distribuido en 2 mark'as (Aransaya - San Andrés Sur y Urinsaya - San Andrés Norte) y 6 ayllus (Alto Achacana, Bajo Achacana, Choque, Collana, Livita y Yaru Ingavi).

4 Federación Departamental Única de Trabajadores Campesinos de La Paz "Tupac Katari" y Federación Departamental Única de Mujeres Campesinas Originarias de La Paz "Bartolina Sisa".



IV. PROCESO METODOLÓGICO

Las acciones del proyecto piloto se centraron en la resolución de los problemas críticos de la microcuenca, respecto a la erosión y la sedimentación, desde el liderazgo del OGC con la participación de las principales instituciones y organizaciones locales.

El enfoque estuvo orientado a proporcionar una experiencia de gestión local, comprobar la viabilidad de las medidas propuestas y determinar los costos reales de las intervenciones específicas basadas en conocimientos ancestrales para el control de sedimentación, y así promover su réplica en contextos similares dentro del sistema TDPS.

Para este efecto, el proceso metodológico se divide en dos secciones referidas a los componentes que consideramos más importantes de cara a la replicabilidad y sostenibilidad: **social y técnico**. Estos componentes no fueron trabajados de forma separada, más bien, se complementaron el uno al otro. Sin embargo, para fines metodológicos serán tratados en secciones diferentes.

4.1. Componente social

El componente social es la base sobre la cual se implementan las acciones para la réplica de las medidas ancestrales para el control de sedimentos. Es imprescindible que el equipo técnico⁵ del proyecto que implementará estas acciones (ya sea del sector público o privado) incorpore o designe a un 'especialista social' que será el encargado de lograr estos objetivos:

- Identificar de forma conjunta con las comunidades y el equipo técnico los problemas ocasionados por las actividades agropecuarias y su incidencia en la productividad de los suelos.
- Identificar junto a las comunidades, las medidas ancestrales de manejo integral de cuencas para replicar, recuperar y/o revalorizar, contrastando con los beneficios económicos de estas prácticas en la conservación de suelos y aguas.
- Promover la activa participación de las comunidades en las prácticas de manejo, los procesos de organización, sensibilización y capacitación, y la ejecución de las obras.
- Promover la apropiación de las visiones de planificación territorial y el conocimiento basados en la activa participación de las comunidades en las diferentes etapas, considerando el enfoque de género e intergeneracional.
- Promover la sensibilización comunitaria en temas relacionados a la importancia del manejo de suelos y agua.
- Desarrollar procesos de fortalecimiento de capacidades para incrementar el conocimiento, a través de la transmisión recíproca horizontal e intergeneracional, así como el intercambio de experiencias en la aplicación de las diferentes medidas de conservación de suelos y agua.
- Promover la réplica de las medidas ancestrales de manejo integral de cuencas.

Desde la experiencia del proyecto piloto, sugerimos las siguientes etapas sin ningún orden específico:

⁵ Por equipo técnico nos referimos al equipo que estará encargado de implementar las medidas ancestrales para control de sedimentos. El proyecto piloto contó con un equipo base conformado por 4 especialistas (social, SIG, hídrico y de suelos).

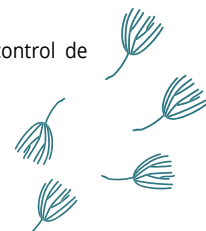
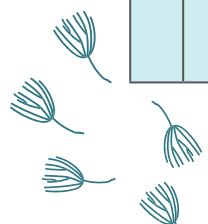


Tabla 8. Etapas del componente social

N°	Etapas	Objetivos	Actividades	Actores involucrados
1	Diagnóstico inicial e identificación de las medidas ancestrales	<ul style="list-style-type: none"> Realizar un primer acercamiento con la comunidad y explicar los alcances de la intervención. Recabar información socioeconómica de la comunidad. Identificar conocimientos y medidas ancestrales en la comunidad relacionadas al manejo de cuencas y retención de sedimentos. Designar puntos de contacto en cada comunidad a efectos de coordinación y conformación del OGC. 	Talleres participativos	<ul style="list-style-type: none"> Autoridades comunales. Base comunitaria. Técnicos y/o autoridades de los GAM. Equipo técnico.
			Recorrido de campo	<ul style="list-style-type: none"> Autoridades comunales. Técnicos y/o autoridades de los GAM. Equipo técnico.
2	Implementación participativa de las medidas ancestrales	<ul style="list-style-type: none"> Recuperar y revalorar las medidas ancestrales para el control de sedimentación en fuente y su retransmisión entre generaciones. Garantizar la activa participación de las comunidades con enfoque de género e interculturalidad para la sostenibilidad. Generar sinergias con los gobiernos municipales desde sus competencias para la implementación de proyectos de GIRH/MIC. Identificar conocimientos y medidas ancestrales en la comunidad relacionadas al manejo de cuencas y retención de sedimentos. 	Coordinaciones previas	<ul style="list-style-type: none"> Miembros elegidos de cada comunidad. Técnicos y/o autoridades de los GAM. Especialista social.
			Reuniones de socialización y validación con los GAM	<ul style="list-style-type: none"> Autoridades comunales. Técnicos y/o autoridades de los GAM. Equipo técnico.
			Talleres de socialización y validación con las comunidades	<ul style="list-style-type: none"> Autoridades comunales. Base comunitaria. Técnicos y/o autoridades de los GAM. Equipo técnico.
			Implementación de las medidas ancestrales	<ul style="list-style-type: none"> Base comunitaria. Técnicos de los GAM. Equipo técnico.
3	Fortalecimiento de la estructura organizativa, políticas y regulaciones para planificar el uso del recurso hídrico	<ul style="list-style-type: none"> Conformar el OGC como un espacio de concertación local para la gestión y manejo integral de la microcuenca, que cuente con legitimidad y sea sostenible. Fortalecer las capacidades de líderes comunitarios en sus conocimientos y habilidades para la gestión y manejo integral de la microcuenca desde una perspectiva de rescate de conocimientos ancestrales. Aportar al gobierno local con políticas y normativas locales para la gestión y manejo integral de la microcuenca desde una perspectiva de rescate de conocimientos ancestrales. 	Desarrollo de las capacidades del OGC	<ul style="list-style-type: none"> Miembros del OGC. Técnicos y/o autoridades de los GAM. Equipo técnico.
			Elaboración del estatuto y reglamentos del OGC	<ul style="list-style-type: none"> Miembros del OGC. Técnicos y/o autoridades de los GAM. Equipo técnico.
			Funcionamiento del OGC	<ul style="list-style-type: none"> Directiva y miembros del OGC. Técnicos y/o autoridades de los GAM. Equipo técnico.
			Acciones para la sostenibilidad	<ul style="list-style-type: none"> Directiva y miembros del OGC. Técnicos y/o autoridades de los GAM. Equipo técnico.



N°	Etapas	Objetivos	Actividades	Actores involucrados
4	Sensibilización y difusión	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Revalorar las medidas ancestrales para el control de sedimentación en fuente y su retransmisión entre generaciones. ▪ Promover una mayor sensibilización y entendimiento de la importancia de un manejo y gestión integral de la microcuenca para el desarrollo sostenible de las comunidades. ▪ Promover la réplica de buenas prácticas gestión y manejo integral de la microcuenca desde una perspectiva de rescate de conocimientos ancestrales. 	Ferias, concursos, visitas guiadas, intercambio de experiencias, elaboración y difusión de cuñas radiales y podcast, etc.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Directiva y miembros del OGC. ▪ Técnicos y/o autoridades de los GAM. ▪ Docentes y estudiantes de instituciones educativas. ▪ Comunidades de la microcuenca y de otras. ▪ Población en general. ▪ Equipo técnico.

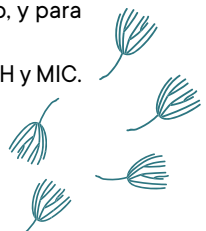
Fuente: elaboración propia.

a) Diagnóstico inicial e identificación de las medidas ancestrales

Para el diagnóstico inicial se sugiere la realización de talleres participativos en las comunidades priorizadas promoviendo la activa participación de mujeres, así como la de distintos grupos etarios: jóvenes, adultos y personas de la tercera edad. Se utilizaron técnicas como lluvia de ideas a través de tarjetas, elaboración de mapas parlantes, visitas 'in situ' y georreferenciación. La participación de representantes de los gobiernos locales es importante para legitimar el proceso y promover el trabajo articulado desde el inicio.

Los talleres estuvieron organizados a través de un programa no formal con la intervención de las autoridades locales, representantes de los gobiernos locales y sus concejos municipales, y el equipo de especialistas y técnicos; en el mismo se explicaron los alcances del proyecto, la metodología del diagnóstico y se recogió un conjunto de información para la planificación y ejecución, como se indica a continuación:

- **Información general.** Número total de habitantes de la comunidad (residentes y personas que viven de forma permanente) para coordinar los trabajos y obras mediante la participación local. Capacidades de lecto-escritura e idioma para planificar procesos de capacitación y sensibilización. Servicios de comunicación existentes para efectos de difusión y sensibilización. Información complementaria: unidades educativas, número de estudiantes de la comunidad, fechas festivas y otros datos para un mejor conocimiento de las comunidades.
- **Información productiva.** Principales actividades económicas, destacando la ganadería y agricultura (datos de producción, rendimientos, pérdidas y principales causas de las pérdidas). Biodiversidad de especies existentes y su estado de conservación y/o vulnerabilidad, esta información permite percibir la interacción de la población con el suelo, agua, flora, fauna y el medio ambiente en general, destacando los problemas emergentes que contribuyen en los procesos de reducción de la cobertura vegetal, la erosión de los suelos, los procesos de sedimentación, además del cambio climático.
- **Organización de la comunidad.** Estructuras y formas de organización comunal para tener una mejor visión de la organización local, considerando los usos y costumbres.
- **Análisis de la problemática y prioridades.** Análisis de la problemática en cuanto a la GIRH y el MIC desde la mirada de la comunidad, e identificación de acciones prioritarias en el marco de los alcances del proyecto. Si bien existe un conjunto de necesidades locales, es necesario aclarar lo que el proyecto puede hacer en función de su alcance, tiempo y presupuesto para no generar falsas expectativas. Se pueden aplicar técnicas como 'lluvia de ideas' y 'validación en plenaria', que permiten un entendimiento y consenso con toda la comunidad.
- **Ubicación.** Datos de ubicación y georreferenciación para la zonificación de la microcuenca. A través de mapas parlantes se recoge información en relación con los cursos de agua del territorio lo que permite identificar áreas con problemas de sedimentación, cursos de río, acceso vial, áreas con pasturas y bofedales, bancos de material local para la implementación de medidas ancestrales, entre otros.
- **Identificación de actores para la conformación del OGC.** Identificar y registrar a dos (2) representantes por comunidad (1 titular y 1 suplente) para fines de coordinación y gestión durante la ejecución del proyecto, y para la conformación del OGC de cara a la sostenibilidad de las acciones.
- **Conocimiento y capacidades.** Conocimiento y capacidad instalada al respecto de medidas ancestrales, GIRH y MIC.



Concluido el taller, a la cabeza del Jatha Mallku y representantes de la comunidad, se debe realizar un recorrido de campo visitando y georreferenciando los puntos críticos y aquellos lugares donde existen medidas ancestrales implementadas para el control de la sedimentación (mayor detalle en la sección de “componente técnico”).

b) Implementación participativa de las medidas ancestrales

Una vez identificadas y diseñadas⁶ las posibles medidas ancestrales a implementar mediante el diagnóstico participativo, es necesario realizar un proceso de validación.

Para esto es necesaria la **coordinación previa** con las personas identificadas en el taller de diagnóstico estableciendo fecha y hora para los talleres de validación. Estas personas, en coordinación con sus autoridades originarias, deben convocar a las bases para las fechas programadas. Asimismo, es necesario coordinar reuniones de validación con los GAM a efectos de conocer la existencia de iniciativas complementarias que puedan apoyar el proceso y evitar la redundancia de actividades.

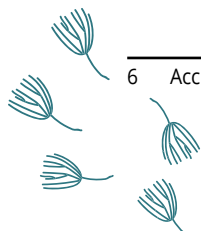


Las **reuniones de socialización y validación con los GAM** sirven para que el equipo técnico haga una primera presentación de las medidas de intervención priorizadas a partir del diagnóstico. El objetivo de estas reuniones es generar sinergias, acuerdos y compromisos para la ejecución y/o contrapartes, evitar redundancia e involucrar la participación de los GAM para que sean ellos los que lideren las acciones junto a las comunidades. Se deben realizar las reuniones que se consideren necesarias para cumplir con los objetivos propuestos. Es importante que cada GAM designe a un punto focal a efectos de coordinación y operativizar las acciones.

Por su parte, los **talleres de socialización y validación con las comunidades** buscan socializar las medidas de intervención priorizadas como resultado de la etapa de diagnóstico y validarlas en consenso con la base comunitaria, así también coordinar el cronograma e inicio del trabajo y organizar la participación en las faenas necesarias. La activa participación de la comunidad en la implementación de las medidas ancestrales debe ser una prioridad, por un lado, son ellas las que conocen la técnica y por otro, su participación permitirá la apropiación y sostenibilidad. Hay que considerar realizar estos procesos de la forma más inclusiva posible, promoviendo la participación de mujeres y jóvenes, para garantizar que el conocimiento se transmita de generación en generación y visibilizar el rol de las mujeres. Los acuerdos deben ser registrados en actas. También se pueden aprovechar estos espacios para programar fechas para talleres de capacitación u otros.

Para la **implementación de las medidas ancestrales**, probablemente la comunidad necesite de algunos insumos y materiales que deben considerarse dentro del presupuesto: herramientas como palas, picotas y carretillas; materiales e insumos como plantines, alambres, yutes, llantas recicladas (en algunos casos), entre otros; y materiales de protección como botas, guantes, ponchos para lluvia, etc.

⁶ Acciones complementarias al componente técnico.



Caso ejemplo 1. Medidas ancestrales para el control de sedimentación en fuente identificadas en la microcuenca Jach'a Mauri

En áreas con presencia de bofedales	En lechos de río y laderas	En planicies
<p>Nuevos bofedales, práctica mencionada por comunidades de la zona media de la microcuenca donde existen bofedales de aproximadamente 30 años. La medida consiste en desviar el agua del río mediante 'chakas' y transportarla a través de 'irpas' hasta el área de riego donde se distribuye el agua a las pasturas. La formación de estos ecosistemas dura entre 8 a 10 años según información local.</p> <p>'Uma chakas' y 'ch'ampeo', son obras derivadoras de agua con el uso de material local como ch'ampas, roca y tepes, reforzados con grava y arena.</p> <p>'Uma irphas', son canales abiertos de conducción principal del agua hasta el terreno de riego, en este espacio se forman varias 'irphas' secundarias que distribuyen el agua en todo el territorio.</p> <p>Riego de bofedales, actividad generalmente realizada a partir de los meses de abril en la zona alta y a partir de junio en la zona media, para regenerar y mantener la cobertura forrajera destinada al ganado camélido principalmente.</p>	<p>'Takanas', o muros de piedra contruidos particularmente en zonas de ladera y próximos a serranías y colinas. Esta práctica es frecuente en comunidades de zonas altas y media de la microcuenca, donde se construyeron tiempos atrás para habilitar áreas de producción agrícola, y hoy en día, contribuyen al control de los procesos de erosión y mejora de la cobertura vegetal.</p> <p>'Patachas', muros de roca en alrededor de las llamadas 'k'allpas', que con el tiempo se combinan con plantas actuando en el control de la erosión y contribuyendo a la regeneración vegetal y recarga hídrica en cabeceras de cuencas.</p> <p>'Chakas' de protección, idénticas a las empleadas en los bofedales, en este caso se usan para la protección en puntos con eminente rebalse de agua. En algunos casos se complementan con bolsas de yute con arena para reforzar la contención del agua y los sedimentos. También son reforzadas con plantas de paja brava, 'chilliwa' y 'th'olas'.</p>	<p>'Champeo' y promontorios de arena, el champeo es una técnica que emplea material vegetal para proteger de los desbordes de río, y se complementa con lomas o montículos de arena que actúan como medios de protección.</p> <p>Q'otañas, son reservorios de agua excavados para almacenar agua para meses de estiaje. En algunas comunidades se observan q'otañas próximas a los cursos de agua temporal, los cuales contribuyen a la recarga de estos reservorios, aunque también rellenan los mismos con sedimentos.</p>

Potencialidades identificadas

Conservación de th'olares desde el manejo comunitario, existen comunidades y estancias de la zona alta, media y baja, que conservan sus th'olares conscientes de la importancia de estos ecosistemas para proveer forraje para la ganadería, protección del suelo y otros servicios.

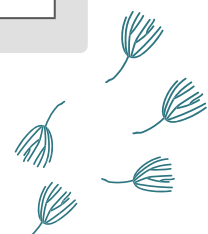
Manejo de bofedales a través del riego, desde sus ancestros, comunidades de la zona alta y media de la microcuenca, conocen y aplican el manejo de bofedales, aplicando riego en épocas secas a fin de revitalizarlos.

Formación de bofedales artificiales o inducidos, varias comunidades desde tiempo atrás han dado curso a la formación de los llamados bofedales artificiales con la finalidad de contar con forraje para el ganado.

Trabajo comunitario, una característica en las comunidades es el trabajo comunitario para todo tipo de proyectos.

Experiencia en la construcción de terrazas en laderas y otras prácticas, varias de las personas que aún viven en las comunidades tienen el conocimiento y habilidades para la construcción de terrazas y otras prácticas. Las nuevas generaciones van perdiendo estos conocimientos.

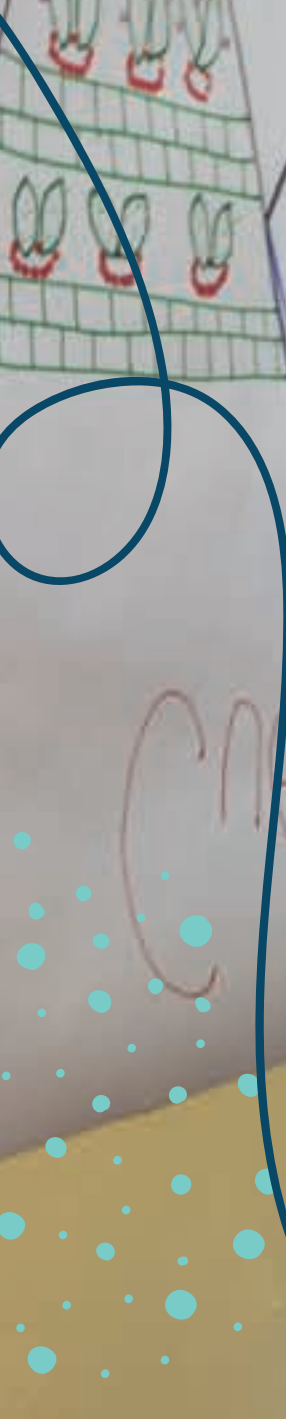
Trabajo comunitario para la construcción y limpieza de 'q'otañas', 'irphas' y otros, dependiendo de la época y la necesidad del trabajo, las comunidades y familias se organizan para realizar trabajos comunitarios o familiares en este tipo de actividades.





Vacha Manu

CNGU



c) Fortalecimiento de la estructura organizativa, políticas y regulaciones para planificar el uso del recurso hídrico

El piloto consideró el OGC como estructura organizativa base para la gestión de la microcuenca, lo que incluyó el diseño de la estrategia para su conformación y funcionamiento. El OGC es el encargado de prevenir conflictos a partir del acuerdo y consensos en relación con el acceso, derecho y aprovechamiento equitativo del agua y los recursos naturales. Además, esta instancia local será la que realice un control social representativo de las familias y comunidades ante los gobiernos municipales.

De acuerdo con la Guía para el funcionamiento de los OGC (MMAyA, 2018), es importante reiterar que la gestión de cuencas requiere del liderazgo del OGC y el apoyo y voluntad política del gobierno municipal e instancias locales (públicas y privadas) en los procesos de sensibilización, diagnóstico, planificación y la continuidad de la gestión de la microcuenca.

El OGC debe tener la capacidad de convocar y articular esfuerzos, generando la sinergia entre los actores locales, impulsando el desarrollo de las prácticas de manejo de agua, suelos, bosques y vegetación, articulándose a procesos de gestión en cuencas estratégicas. Para este fin, es necesario considerar en el diseño el desarrollo de las capacidades del OGC una primera serie de talleres de inducción con los miembros designados de cada comunidad (se sugiere la participación de autoridades del consejo municipal y técnicos designados del gobierno local) con el objetivo de conformar un grupo impulsor con la participación de las organizaciones más representativas de la microcuenca y fortalecer capacidades en políticas y regulaciones para gestionar el uso del recurso hídrico en la microcuenca. El contenido sugerido para estos talleres es:

- Marco normativo, PNC y sus componentes, planificación municipal, PTDI.
- GIRH y MIC, su rol en las políticas locales.
- Conceptos de cuencas hidrográficas.
- Microcuenca del río Jach'a Mauri, problemática y conocimientos ancestrales para la GIRH y el MIC.
- El OGC, sus roles y funciones, herramientas de gestión: estatuto, reglamento y plan local de gestión de la microcuenca.

En el marco de los talleres de inducción con los miembros del OGC se van construyendo los **estatutos y el reglamento**. Al finalizar, deben ser socializados y validados para su aprobación en un taller ampliado con la participación de las autoridades comunales y los gobiernos locales que forman parte de la microcuenca. No existen recetas para la elaboración del estatuto y reglamento, estos deben ser contruidos de forma participativa y de acuerdo con el contexto y características de la microcuenca. Una de las buenas prácticas del proyecto piloto es asegurar la inclusión y la equidad de género en ambos documentos para garantizar una participación equitativa e inclusiva en los procesos de gestión y toma de decisiones; para ello, a continuación se sugieren los siguientes criterios:

- Que exista representación de las comunidades de las zonas alta, media y baja en el directorio del OGC.
- Que la presidencia y vicepresidencia sea complementaria entre varón y mujer, y de ambos municipios, lo cual puede ser rotatorio.
- Que los participantes puedan emitir su voto más de una vez para nombrar al representante en una determinada cartera y de forma democrática.
- Es prioridad del OGC promover la participación igualitaria entre mujeres y hombres en los cargos del directorio.

Para dar inicio al funcionamiento del OGC lo primero es su **conformación y constitución**, esto se hace a través de la aprobación del estatuto y reglamento, así como la conformación de la directiva. Esto se puede realizar en el mismo taller de socialización y validación si no existieran observaciones de fondo que necesiten mayor tiempo para la revisión de los documentos.

El proyecto piloto consideró esta estructura para la directiva del OGC: presidencia, vicepresidencia, secretaría de actas, secretaría de hacienda, secretaría de cuencas, vocales. Así como una comisión especial para el monitoreo de las medidas ancestrales.

Conformado el directorio del OGC, es recomendable realizar un acto de posesión simbólica a través del concejo municipal y el ejecutivo de ambos municipios para efectos de mayor legitimidad. La elección y posesión del directorio deben estar respaldadas por un acta de posesión y, en lo posible, contar con el acompañamiento del municipio.



Otro punto importante para considerar es la **formación de promotores/gestores locales de cuencas** con capacidades para el manejo del agua, suelos, bosques y el desarrollo productivo. Se recomienda trabajar con institutos o centros de educación regular o alternativa presentes en la zona para efectos de certificación. El proyecto piloto realizó el proceso de formación en coordinación con la Unidad Académica Campesina (UAC) de Batallas de la Universidad Católica Boliviana “San Pablo”; el programa incluyó 10 módulos teóricos y prácticos durante 2 meses y estuvo dirigido a miembros del OGC, así como a autoridades del consejo municipal y técnicos municipales. Se incluyeron visitas e intercambios a cuencas aledañas como parte del proceso de formación horizontal.

Además de lo mencionado, se debe prever que en el tiempo de implementación del proyecto el OGC necesitará **asistencia técnica y acompañamiento** para el cumplimiento de sus roles.

Como parte de las **acciones para la sostenibilidad**, y con el propósito de dar continuidad al proceso de GIRH y MIC iniciado por el OGC, es importante establecer la elaboración del plan de gestión local de la microcuenca bajo el apoyo de un profesional con experiencia en esta temática, y la participación del OGC, el municipio y líderes de las familias de la microcuenca. Para ello, se debe establecer un presupuesto, las especificaciones técnicas y el cronograma correspondiente. En el marco del proyecto piloto se sugieren las siguientes acciones:

- Análisis de la problemática de la microcuenca en las comunidades.
- Identificación, programación y ejecución de acciones para la gestión de la microcuenca.
- Revisión de información generada por el proyecto en los procesos de capacitación.
- Elaboración del documento del plan de gestión local de la microcuenca.
- Socialización y validación del plan con actores locales.
- Ajuste y entrega de documento final del plan.
- Acciones de incidencia para la integración del plan al PTDI y partidas presupuestarias del gobierno local, a través de reuniones de coordinación e involucramiento de autoridades de los GAM.

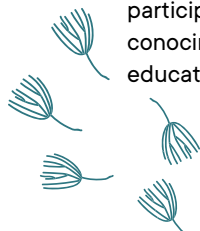
De forma complementaria se sugiere conformar una **comisión de evaluación y monitoreo** de las medidas ancestrales, que esté conformado por autoridades y técnicos de los gobiernos locales, directiva del OGC, autoridades comunitarias (Jatha Mallku o Mallku) y familias de las comunidades a las cuales se visiten para fines de monitoreo. Este grupo de actores apoyará el proceso de monitoreo de las medidas ancestrales a la cabeza del OGC, mediante recorridos de campo en función de un cronograma y en coordinación con el equipo técnico. Para el trabajo de la comisión se sugieren las siguientes actividades:

- Recopilación, revisión y análisis de información para analizar las medidas ancestrales implementadas.
- Elaboración de un plan de monitoreo como parte del plan de gestión de la microcuenca.
- Coordinación entre los diferentes actores y las familias de las comunidades para realizar el recorrido de manera secuencial a lo largo de la zona alta, media y baja.
- Capacitación sobre cómo hacer el monitoreo y uso de instrumentos como turbidímetro, multiparamétrico, GPS, etc.
- Recorridos de monitoreo y evaluación de las medidas ancestrales implementadas, en los que las familias pueden observar, escuchar, analizar, discutir y sacar conclusiones con respecto a la implementación de cada medida implementada, ver los beneficios económicos que brinda y con esto generar mayor interés y conciencia sobre la conservación de sus suelos y el agua.
- Análisis e interpretación de los resultados e identificar futuras acciones de la comunidad y de gestión a través del OGC. Toda esta información debe ser actualizada en el plan de gestión de la microcuenca.

También se deben considerar **procesos de asistencia técnica y capacitaciones continuas** al directorio del OGC en temas como manejo del agua, suelos, bosques, la facilitación y la gestión de conflictos; además de promover giras de aprendizaje e intercambio de experiencias.

d) Sensibilización y difusión

Otro aspecto muy importante es desarrollar procesos de sensibilización y difusión a la población local a través del diálogo intergeneracional y procesos de investigación - acción. El proyecto piloto desarrolló ferias educativas con participación de unidades educativas de ambos municipios, concursos de cuentos y leyendas relacionados a los conocimientos ancestrales y la GIRH y el MIC, visitas guiadas dirigidas tanto a estudiantes y docentes de unidades educativas locales para fomentar la transmisión de conocimiento entre generaciones y la sensibilización, como a



investigadores de universidades e instituciones educativas superiores para generar una agenda de investigación – acción en las temáticas que son materia de estudio. Las visitas guiadas se dieron también entre comunidades de la microcuenca y otras que pertenecen a la cuenca Katari y al sistema TDPS para el intercambio de experiencias sobre GIRH y MIC, y para la difusión de los resultados de la implementación de las medidas ancestrales para el control de la sedimentación; se elaboraron cuñas radiales en idioma español y aymara que fueron difundidas a nivel local y nacional a través de la radio y Spotify buscando sensibilizar e informar.

Escucha los episodios en español



4.2. Componente técnico

El componente técnico es complementario al componente social, para este efecto el proyecto contó con dos especialistas permanentes: hídrico y de suelos, y un especialista en sistemas de información geográfica (SIG) para acciones puntuales.

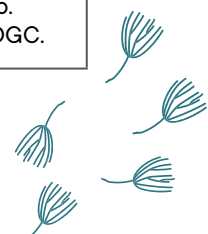
El objetivo de este componente es:

- Realizar un diagnóstico hídrico y de suelos para tener una línea base del estado de erosión y la sedimentación, carbono orgánico del suelo y fertilidad de suelos en la microcuenca.
- Diseñar las fichas técnicas de las medidas ancestrales de manejo integral de cuencas incluyendo parámetros técnicos y costos para su réplica.
- Generar metodologías y herramientas para el monitoreo de las medidas ancestrales implementadas.
- Monitorear la retención de sedimentos en la zona en función del aporte y contribución de las medidas ancestrales implementadas.

Para este efecto, sugerimos la siguiente secuencia metodológica:

Tabla 9. Etapas del componente técnico

N°	Etapas	Objetivos	Actividades	Actores involucrados
1	Diagnóstico de la microcuenca	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar la zonificación e identificación de los puntos críticos en la microcuenca a efectos de implementar las medidas ancestrales para control de sedimentos. - Caracterización hídrica y de suelos de la microcuenca para implementar las medidas ancestrales para control de sedimentos. 	Análisis y evaluación territorial	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Técnicos de los GAM. ▪ Especialista SIG.
			Diagnóstico de suelos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Técnicos de los GAM. ▪ Especialista de suelos y SIG.
			Diagnóstico hídrico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Técnicos de los GAM. ▪ Especialista hídrico y SIG.
2	Selección y diseño técnico de las medidas ancestrales a implementar y su ubicación	<ul style="list-style-type: none"> - Seleccionar las medidas ancestrales a implementar y su ubicación. - Diseñar las fichas técnicas de las medidas, incluyendo el presupuesto. 	Selección de las medidas ancestrales para el control de sedimentación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Técnicos de los GAM. ▪ Equipo técnico. ▪ Directiva del OGC.
			Identificación de las comunidades idóneas para las réplicas o implementación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Técnicos de los GAM. ▪ Equipo técnico. ▪ Directiva del OGC.
			Diseño técnico de las medidas ancestrales para el control de sedimentación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Técnicos de los GAM. ▪ Equipo técnico. ▪ Directiva del OGC.



N°	Etapas	Objetivos	Actividades	Actores involucrados
3	Asistencia técnica para la implementación de las medidas ancestrales para control de sedimentos	<ul style="list-style-type: none"> Implementar de forma correcta y de acuerdo con las especificaciones técnicas las medidas ancestrales para el control de sedimentos. 	Asistencia técnica	<ul style="list-style-type: none"> Técnicos de los GAM. Equipo técnico. Comunidades.
4	Modelación cuantitativa de la erosión, carbono orgánico y fertilidad de suelos	<ul style="list-style-type: none"> Identificar el modelo cuantitativo para determinar la erosión y el aporte de sedimentos de las medidas ancestrales implementadas. Cuantificar la cantidad de suelo perdido o erosionado en t/ha/año (línea base). Cuantificar el carbono orgánico y la fertilidad de suelos. 	Recopilar, sistematizar y armonizar información de suelos y covariables ambientales para elaborar un modelo de predicción cuantitativa	<ul style="list-style-type: none"> Equipo técnico.
5	Monitoreo de las prácticas ancestrales para el control de sedimentación	<ul style="list-style-type: none"> Realizar el monitoreo hídrico y de suelos de las medidas ancestrales implementadas. Determinar la tasa de aportes de sedimentos por la erosión de suelos en las parcelas demostrativas. 	Establecimiento de parcelas demostrativas	<ul style="list-style-type: none"> Técnicos de los GAM. Equipo técnico. Comisión de monitoreo del OGC.
			Definición de la metodología de monitoreo, elaboración de planes de monitoreo e instrumentos para reporte y seguimiento	<ul style="list-style-type: none"> Equipo técnico. Comisión de monitoreo del OGC.
			Determinación de la tasa de aportes de sedimentos por la erosión de suelos, el carbono orgánico y la fertilidad de suelos en las parcelas demostrativas	<ul style="list-style-type: none"> Equipo técnico. Comisión de monitoreo del OGC.
6	Sistematización de la información para la gestión y la toma de decisiones	<ul style="list-style-type: none"> Documentar la información recaba para la difusión y toma de decisiones. 	Estructuración de bases de datos geográficos relacionales para la construcción de una geodatabase	<ul style="list-style-type: none"> Técnicos de los GAM. Equipo técnico. Comisión de monitoreo del OGC.

Fuente: elaboración propia.

a) Diagnóstico de la microcuenca

El proceso de diagnóstico del componente social se complementa con un diagnóstico a nivel técnico que comprende un análisis SIG, hídrico y de suelos. Con estos insumos se realiza la delimitación y caracterización de la microcuenca.

Análisis y evaluación territorial

El análisis SIG comprende metodologías de tratamiento, procesamiento, modelamientos y consolidación de información mediante aplicaciones SIG, sensores remotos, aplicaciones geo morfométricas, uso de equipo aéreo no tripulado (DRON) y la sistematización de la información en una base de datos geográfica.

Como primera etapa se **recopila información tabular, espacial y alfanumérica** en cuestión de coberturas geográficas de fuentes oficiales. Toda esta información debe ser estandarizada de acuerdo con parámetros geodésicos locales, como es WRB 84. También se realiza el análisis temporal a través de la recopilación de imágenes de satélite



(sensoramiento remoto) con software ArcGis y Envi utilizando imágenes de satélite de repositorio con un porcentaje de nubosidad de 10 y 20% (para el proyecto piloto se hizo un análisis del periodo comprendido entre los años 2010 a 2022). Por otro lado, durante la realización de los recorridos de campo para el diagnóstico, se identifican los puntos críticos y se relevan datos cartográficos de zonas de riesgo relacionados al arrastre de sedimentos en fuente a partir de los mapas parlantes trabajados por las comunidades. Para el proyecto piloto se usó un GPS Juno de precisión submétrica para recopilar datos GNSS en metros y se identificaron 129 puntos críticos: áreas con riesgo de desborde por sedimentación, áreas de inundación, áreas de erosión, áreas de arrastre de sedimentos, q'otañas colmatadas, viviendas afectadas, infraestructura productiva afectada, entre otros.

Luego se realiza el **procesamiento de imágenes**, que consiste en la extracción de toda la información posible que almacena una imagen satelital y se siguen diferentes procesos como la clasificación supervisada/no supervisada, operaciones aritméticas, filtrado de imágenes, modificación de histogramas, índices de vegetación, análisis de componentes principales PCI, etc. Este análisis ayuda a entender y clasificar las imágenes en el análisis de vegetación, especialmente para la obtención del mapa base de trabajo (mapa de unidades de tierra) producto de la interpretación geomorfológica y la determinación de las superficies con arrastre de sedimento debido a efectos de las inundaciones.

A partir del **recorrido de campo** se priorizan puntos de control en función de las áreas más críticas. Estos puntos de control son puntos geográficos estratégicos de referencia a lo largo del territorio de la microcuenca, particularmente en lugares donde se identifica la necesidad de implementar acciones destinadas al control de sedimentos. Posterior al establecimiento de los puntos de control, se realiza el sobrevuelo con un equipo aéreo no tripulado (DRON). Para el proyecto piloto se identificaron y sobrevolaron 33 puntos en un área aproximada de 397 ha. El levantamiento de fotografías aéreas se realizó a una altura de 100 m con una sobreposición de 70% horizontal y 75% vertical, velocidad media y error de +/- 5 m en relación al posicionamiento geodésico. Los puntos de control en terreno se marcaron con estacas y pintura en aerosol para poder distinguirlos.

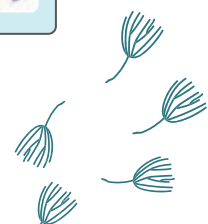
Figura 2. Puntos de control y levantamiento topográfico con equipo no tripulado



Fuente: informes de consultoría del componente SIG. Practical Action, 2021.

Toda la información debe de ser **analizada y evaluada** en coordinación con los especialistas de cada componente, y **centralizada en una geodatabase** que servirá para la visualización a través de mapas. Esta información ayudará al equipo técnico del proyecto para la toma de decisiones sobre la implementación de las medidas ancestrales para el control de sedimentación en las diferentes comunidades identificadas. Con este fin, el proyecto piloto desarrolló más de 50 mapas temáticos los cuales pueden descargar con este código.

Descarga los mapas



Análisis de suelos

Teniendo en cuenta que las unidades de terreno (geomorfología) son las unidades básicas de análisis, se diseña un esquema de **muestreo** basándose en el enfoque de mapeo convencional (área-polígono) y el mapeo digital de suelos (DSM por sus siglas en inglés), que considera al recurso suelo como un continuo en el espacio geográfico y el convencional (suelo-paisaje). Se consideran aspectos referidos a accesibilidad, número de muestras, representatividad, escala de trabajo, entre otros. El propósito del muestreo es establecer las propiedades y características modales más frecuentes. La ubicación o distribución de las calicatas se realiza en gabinete de acuerdo con el mapa fisiográfico preliminar que se elabora a partir de la interpretación de imágenes, además de considerar la priorización de acciones realizadas en base a visitas de campo en cada una de las comunidades.

El proyecto piloto estableció el **trabajo de campo y toma de muestras de suelos**, a través de calicatas que son excavaciones en el terreno de 1.5 de largo x 0.80 o 1.0 m ancho y entre 1.2 y 1.50 m de profundidad, o hasta el contacto lítico con la roca madre en los cuales se encuentra expuesto el perfil completo del suelo, y se abrieron 28 calicatas complementadas con 17 puntos de muestreo sumando 45 perfiles de suelo (134 muestras) en toda el área de la microcuenca del Jach'a Mauri.

Tomadas las muestras, se realiza la **interpretación de resultados de laboratorio y clasificación de suelos** según rangos establecidos de conductividad eléctrica, CIC, contenido de fósforo, nitrógeno, materia orgánica, calcio, magnesio, sodio y potasio.

Con la información recabada se realiza el **mapeo digital de suelos** o mapeo predictivo, que consiste en la generación de mapas digitales de los tipos de suelo y sus propiedades. Para ello se utilizan datos de observación puntual georreferenciada y no georreferenciada —cualitativos y cuantitativos— y datos georreferenciados resultado del análisis de laboratorio. Se aplica la pedometría, que es el uso de modelos matemáticos y estadísticos que combinan información de muestras de suelo con la información de variables medioambientales correlacionadas, aplicaciones de sensores remotos y sistemas de información geográfica (WG-DSM). Este tipo de mapeo se diferencia del mapeo convencional que espacializa al suelo mediante áreas-polígonos y clase de suelo. El DSM es la base de análisis de la evaluación de la degradación del suelo, en lo que respecta a la erosión, el carbono orgánico y la fertilidad de suelos.

Análisis hídrico

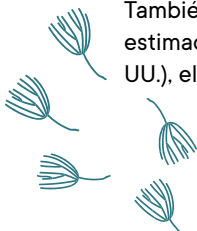
Para la modelación hidrológica de la microcuenca se utilizan datos vectoriales de los ríos (principales e intermitentes), estaciones meteorológicas, cuencas hidrográficas (niveles 1, 2, 3, 4, 5), cobertura vegetal, uso de suelos, geología, geomorfología y fisiografía (información recopilada en formato shapefile).

Para el **diseño de la red hídrica** se toma como referencia las cartas topográficas del IGM a una escala 1:50.000, y se ajustan a través de los diagnósticos y recorridos de campo en las comunidades. Los datos más importantes para este estudio son:

- Superficie y perímetro de la cuenca.
- Pendiente de la cuenca.
- Forma o capacidades de drenaje.
- Curva hipsométrica.
- Longitud del curso principal.
- Orden de la cuenca.
- Tiempo de concentración.

En función a información disponible del SENAMHI de las estaciones más cercanas a la zona de estudio, se analiza la **precipitación media anual**. Para esto, se realiza un análisis de consistencia y homogeneidad aplicando el método de vector regional, el cual consiste en un análisis de todas las estaciones, obteniendo una estación ficticia con los promedios de los valores de precipitación anual.

También es necesario determinar el **umbral de escorrentía**. El método de pérdidas por infiltración elegido para la estimación de escorrentía fue el método de número de curva de escorrentía de la S.C.S (Soil Conservation Service, EE. UU.), el cual es uno de los más usados debido a su facilidad de aplicación. El umbral de escorrentía es determinado



en función al número de curva CN de la cuenca, para lo cual se utilizan los mapas de cobertura vegetal, uso de suelo, geología, potencial productivo, clasificación de suelos previamente realizados, además del uso de una imagen satelital (LANDSAT 8) para una clasificación espacial del tipo de suelo.

Finalmente, se realiza la **construcción de los hidrogramas de crecida** con el software HEC – HMS v 4.6.1 con los modelos de lluvia-escorrentía del hidrograma unitario del S.C.S, el cual se basa en pérdidas por infiltración utilizando el número de curva y umbrales de escorrentía (Chu y Steinman, 2009). Se construyeron previamente las tormentas de diseño para los periodos de retorno de 10, 50 y 100 años. Según el “Perfil de riesgo de desastres para Bolivia ante inundaciones y deslizamientos en cuencas seleccionadas”, para el análisis de inundaciones no es común utilizar periodos de retorno de más de 200 años, ya que los fenómenos hidrometeorológicos son más frecuentes, son repetidos comúnmente en 20 o 50 años.

Descarga el diagnóstico final de la microcuenca Jach'a Mauri



b) Selección y diseño técnico de las medidas ancestrales a implementar y su ubicación

Antes de implementar las medidas ancestrales para control de sedimentación es necesario identificar cuáles serán las medidas y los lugares con mayor potencial de impacto de acuerdo con la información generada y los resultados del modelo de erosión realizado.

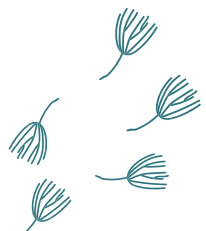


Para la **selección de las medidas ancestrales a implementar** hay que considerar la principal problemática respecto a erosión y control de sedimentos en cada zona de la microcuenca, y comparar con los beneficios que representa cada una de las medidas identificadas en el diagnóstico.

Es importante mencionar que, en muchos casos, las medidas ancestrales por sí mismas no serán suficientes y será necesario acompañarlas de obras civiles para que sean realmente efectivas. Es importante que la comunidad entienda la complementación entre ambas. Por un lado, las obras civiles son soluciones a corto plazo y si bien son de efecto inmediato, son costosas ya que requieren que el gobierno local o la comunidad tenga

presupuesto para la compra o alquiler de maquinaria pesada, combustible, operador, etc. Las medidas ancestrales, en cambio, son soluciones a largo plazo y más sostenibles, ya que la comunidad cuenta con la capacidad instalada y los recursos (tierra, plantas nativas, etc.) para su implementación. La combinación entre ambas es una oportunidad potencial para reducir la erosión y controlar los sedimentos.

Para efectos del proyecto piloto, categorizamos las medidas ancestrales en dos tipos: prácticas y tecnologías, permitiendo visibilizar de mejor manera su aporte en el control de sedimentos. Las prácticas son actividades que realizaban las comunidades desde épocas antiguas, no necesariamente incluyen alguna construcción o tecnologías, por ejemplo: limpieza, ch'ampeo, faenas, etc., y se han potenciado con el uso de maquinaria y de algunos materiales que ahora existen en las comunidades. Mientras que las tecnologías se refieren a infraestructuras que se van heredando de generación en generación, e incluyen el conocimiento y la técnica para su construcción, así como el uso de materiales locales.



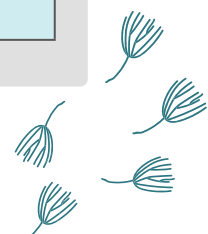


Caso ejemplo 2. Prácticas y tecnologías ancestrales implementadas en la microcuenca del río Jach'a Mauri

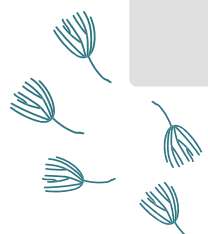
En función a la problemática identificada en el diagnóstico y recorridos de campo, y el conocimiento ancestral identificado (caso de ejemplo 1) se seleccionaron las siguientes prácticas y tecnologías:

Zona	Principales problemas identificados	Medida ancestral
Alta	<ul style="list-style-type: none"> - Procesos erosivos en las riberas de los ríos que arrastran grandes cantidades de sedimentos hacia la zona media y baja de la microcuenca (solución: muros de piedra). - Transporte y acumulación excesiva de sedimentos a lo largo del lecho de los ríos que atasca el flujo y su correcta circulación (solución: encauzamiento y limpieza de sedimentos de los ríos). - Pasturas nativas degradadas que generan erosión eólica (solución: q'otañas y forestación). - Desbordamiento de río ya que no existen reservorios de retención de sedimentos (solución: q'otañas y zanjas de infiltración). 	<ul style="list-style-type: none"> - Encauzamiento de ríos (práctica). - Diques de piedra (tecnología). - Defensivos con muros de piedra reforzados con material reciclado (tecnología). - Limpieza, rehabilitación y apertura de q'otañas (práctica). - Limpieza del sedimento acumulado (lama) en ríos (práctica). - Forestación (práctica). - Zanjas de infiltración (tecnología).
Media	<ul style="list-style-type: none"> - Inundación de pastizales hace que llegue sedimento a los suelos fértiles provocando disminución de vegetación nativa y mayor arrastre de sedimentos de los ríos hacia la zona baja (solución: defensivos). - Acumulación excesiva de sedimentos a lo largo del lecho de los ríos causa desbordes e inundaciones (solución: encauzamiento, limpieza de sedimentos de los ríos y zanjas de infiltración). - Pasturas nativas degradadas que generan erosión eólica (solución: q'otañas, forestación, terrazas agrícolas precolombinas). 	<ul style="list-style-type: none"> - Limpieza, rehabilitación y apertura de q'otañas (práctica). - Encauzamiento de ríos (práctica). - Limpieza del sedimento acumulado (lama) en ríos (práctica). - Defensivos de tierra reforzados con sacos de arena y champeo (tecnología). - Defensivos con camellones o montículos de tierra con material vegetal (tecnología). - Forestación (práctica). - Zanjas de infiltración (tecnología). - Terrazas agrícolas precolombinas (tecnología).
Baja	<ul style="list-style-type: none"> - Desborde de los ríos e inundaciones de pastizales y suelos fértiles (solución: defensivos). - Acumulación excesiva de sedimentos a lo largo del lecho de los ríos (solución: encauzamiento, limpieza de sedimentos de los ríos y trampas de sedimentos). - Pasturas nativas degradadas (solución: q'otañas). 	<ul style="list-style-type: none"> - Limpieza, rehabilitación y apertura de q'otañas (práctica). - Trampas de sedimentos en cursos de río (tecnología). - Defensivos con camellones o montículos de tierra con material vegetal (tecnología). - Encauzamiento de ríos (práctica). - Limpieza del sedimento acumulado (lama) en ríos (práctica). - Defensivos de tierra reforzados con sacos de arena y champeo (tecnología).

N°	Medida ancestral	Objetivo
1	Canales de tierra para control de sedimentos (llamados también zanjas de coronación)	Los canales de tierra, llamados también zanjas de coronación, son excavaciones que se realizan en el terreno en forma de canales de sección rectangular o trapezoidal, que se construyen a curvas de nivel para detener la escorrentía de las lluvias y almacenar agua para los pastos y cultivos instalados debajo de las zanjas.



N°	Medida ancestral	Objetivo
2	Defensivos con camellones (montículos de tierra) y revegetación con plantas nativas	Promontorios de tierra trasladados y acomodados desde los costados del terreno hacia las orillas del río, que, con el paso del tiempo, encima de los mismos van creciendo las plantas nativas, lo cual permite reforzar y dar estabilidad al camellón. Estos montículos brindan protección, en contra de los desbordes, a las áreas de pastura, corrales de ganado y a las casas de los comunarios y comunarias.
3	Defensivos con muros de piedra reforzados con material reciclado	En la parte alta de la cuenca predominan las piedras y se evidencia la erosión de las orillas de los ríos y también el desborde, los defensivos con muros de piedra reforzados con material reciclado (llantas) evitará la erosión de las orillas de los ríos y por ende los desbordes que eran consecuencia de dicha erosión.
4	Defensivos de tierra reforzados con sacos de arena y <i>champeo</i>	En la parte media y baja de la cuenca donde predominan las arenas sobre todo en los lechos de los ríos y la probabilidad de desbordes es alta, los defensivos con tierra reforzados con sacos de arena y la práctica del <i>champeo</i> prevendrá, a las zonas circundantes a los ríos, de las inundaciones y de la sedimentación o lama que termina inutilizando los suelos fértiles donde crecen las plantas nativas que sirven de alimento para los ganados.
5	Diques de piedra para control de sedimentos	Muros de piedra contruidos en forma de medialuna, siguiendo las curvas a nivel, para retener el agua de lluvia que forman las cárcavas, con la finalidad de reducir la velocidad de la escorrentía, detener la tierra y otros sedimentos que son arrastrados por la lluvia.
6	Encauzamiento de ríos	Los ríos presentan problemas debido al transporte de sedimentos que ocasiona la elevación del fondo del cauce y la vegetación que influye en la forma y dimensiones del cauce principal, por lo que el encauce permitirá la circulación normal del agua y prevendrá las inundaciones y la erosión de las orillas de los ríos.
7	Limpieza, rehabilitación y apertura de q'otañas	Las q'otañas, en la cuenca, sirven como reservorios para suministrar agua a los ganados durante gran parte del año. Así también, constituyen un espacio de retención de sedimentos en lugares donde las q'otañas tienen conexión con los cursos de agua. La apertura o limpieza de q'otañas puede ser manual o también mecanizada con la ayuda de maquinaria.
8	Limpieza de sedimento acumulado (lama) en ríos	Debido a los altos volúmenes de sedimentos que se acumulan en el fondo de los ríos, por el transporte de estos en suspensión, entonces se realizará la extracción parcial en algunos ríos con el apoyo de la maquinaria pesada (retroexcavadora).
9	Revegetación natural para control de sedimentos	La revegetación nativa, con trasplante de plantas madre, generan una regeneración de la cobertura vegetal en diferentes áreas que presentan problemas de arrastre de sedimentos, lo cual ayudará a la mejora de la capacidad de infiltración.
10	Trampas de sedimentación en cursos de río	Son contenedores naturales donde se depositan los sedimentos transportados por el curso de agua. Estas trampas se utilizan en cursos de agua pequeños y los sedimentos que se acumulen en el tiempo deben ser removidos periódicamente, ya sea manualmente o con la ayuda de maquinaria, para que de esta manera se regenere el volumen necesario para almacenar una nueva cantidad de sedimentos transportados por el río o por una crecida.
11	Forestación	Son acciones para preservar bofedales y suelos mediante la estabilización del suelo y la captura de vapor de agua.



N°	Medida ancestral	Objetivo
12	Terrazas agrícolas precolombinas	Son muros de contención de piedra, el relleno de los espacios se realiza con capas de piedra pequeñas. Se pueden realizar con barreras vivas, que con el tiempo van formando terrazas. Estas son construidas en zonas de pendientes pronunciadas de las zonas media y alta con la intención de crear una producción agrícola sostenible.
13	Zanjas de infiltración	Las zanjas de infiltración son canales a manera de trincheras siguiendo las curvas de nivel, en dirección transversal a la pendiente, que tienen la función de controlar el drenaje de agua en exceso y contribuyen a la conservación de suelo, en combinación con otras medidas, favoreciendo la disponibilidad de agua de las áreas productivas o vulnerables, pero sobre todo para retener el arrastre de sedimentos transportados por la escorrentía.

Una vez identificadas las medidas a implementar en cada zona de la microcuenca, hay que **seleccionar las comunidades más idóneas para las réplicas** o implementación. La selección de los lugares y/o comunidades se realiza en función de:

- Los cursos de drenaje con arrastre de sedimentos.
- Las zonas con alta pendiente que inciden en la erosión y posterior arrastre de sedimentos.
- Las áreas de baja cobertura vegetal/suelos desnudos que inciden en la protección del suelo frente a la intensidad de precipitación.
- La participación y las capacidades instaladas de las comunidades para la implementación de las medidas.

Una vez seleccionada la medida ancestral (práctica o tecnología) y dónde se implementará, se deben **diseñar las fichas técnicas** de las mismas (ver anexo 1) considerando:

- Nombre de la medida a implementar.
- Justificación (técnica y social).
- Objetivo.
- Resultados esperados.
- Ubicación (coordenadas de cada comunidad).
- Superficie y volumen que ocupará la medida.
- Presupuesto.
- Tiempo de ejecución (en días).
- Especificaciones técnicas, diseño y planos de la medida ancestral a implementar.
- Recomendaciones técnicas para su implementación.

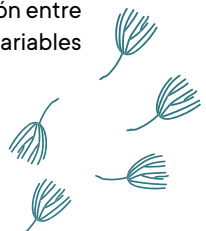
c) Asistencia técnica para la implementación de las medidas ancestrales para control de sedimentos

Una vez validadas y aprobadas las medidas ancestrales, así como su ubicación, el equipo técnico brindará asistencia técnica a la comunidad para la implementación de las mismas.

Para las obras civiles, es necesario el uso de maquinaria pesada y los recursos que esta requiere para operar (combustible, operador y algunos insumos para su mantenimiento). El equipo técnico debe guiar a la comunidad para asegurar que las obras se realicen de acuerdo con las especificaciones técnicas, así como en el tiempo indicado. De esta forma se logra una complementación entre el conocimiento ancestral de las comunidades con ingeniería hídrica y de suelos moderna, logrando mejorar su desempeño y efectividad para el control de sedimentos.

d) Modelamiento cuantitativo de la erosión de suelos

Una vez implementadas las medidas ancestrales para hacer frente a los efectos de la erosión, se requiere un entendimiento de los grados de pérdida de suelo, así como la identificación de los factores que controlan la rapidez de estos procesos. Los modelos de erosión de suelos usan expresiones matemáticas para representar la relación entre varios factores y procesos que ocurren en el paisaje. Estos factores generalmente incluyen la topografía, variables meteorológicas, propiedades del suelo, el uso y la cobertura de la tierra.



En el proyecto piloto, para el cálculo de la erosión y modelamiento de la pérdida de suelo, se ha utilizado el método RUSLE, combinando técnicas de pedometría (mapeo digital de suelos), insumos y aplicaciones de sensores remotos y especialmente información real de campo que consiste en una base de datos edafológica cuantitativa, producto de la recopilación, sistematización y armonización de información primaria y secundaria.

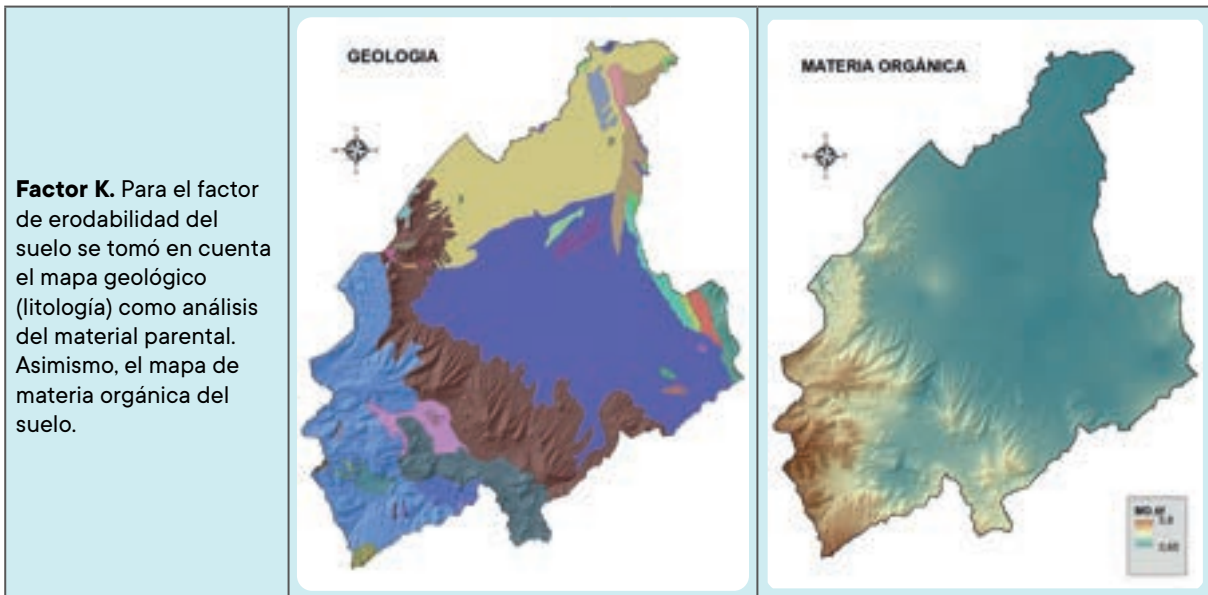
Tabla 10. Métodos de determinación de los factores de erosión

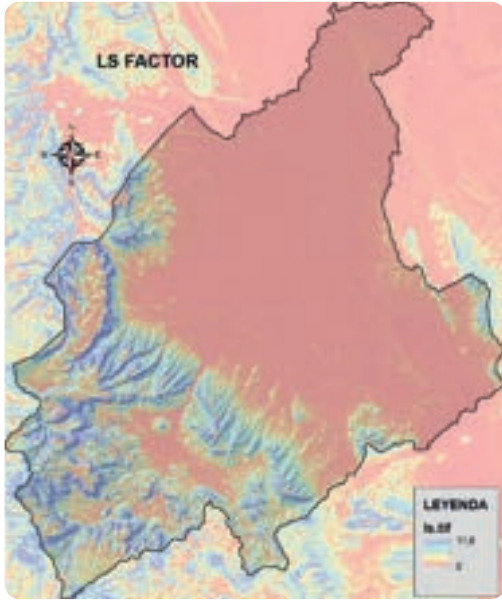
Factor/mapa	Método/ecuación	Fuente metodológica
Factor R Es la PP e índice de pérdida por erosividad	$R = 0,55 * P - 24,7$ P es la precipitación anual en milímetros basado en la precipitación media anual de cinco años.	Nyssen, 2005 adaptado por Humi, 1985
Factor K Es el factor de erodabilidad del suelo	$K = \frac{2,1 * 10^{-4} (12 - MO) * M^{1,4} + 2,5 * (p - 3)}{100}$ MO es el porcentaje de la materia orgánica; M es el parámetro del tamaño de la partícula, definido como: $M = (\% \text{Arena fina} + \% \text{Limo}) * (100 - \% \text{Arcilla})$ 'p' es la clase de permeabilidad del suelo. Se multiplica por 0,1317 para convertirlos al sistema de unidades (t*ha*h/ha*Mj*mm)	Renard y otros, 1997
Factor LSt Es la longitud de la pendiente (adimensional)	$LSt = \left(\frac{L}{22,13} \right)^m (0,065 + 4,56 * \text{sen} St + 65,41 * \text{sen}^2 St$ S _i es la pendiente en grados y m es el exponente que aborda la relación de pérdida de suelo de un área erosionable.	Morgan, 2005
Factor C Es la cobertura de la tierra	$C = \exp \left(- \alpha * \frac{NDVI}{\beta - NDVI} \right)$ α y β son constantes. β como 1 y α como 2.	Van der Kniff y otros, 1999
Factor P Son las prácticas de conservación de tierras	valores de P a áreas de agricultura en diferentes rangos de pendientes. Información puntual disponible sobre prácticas de conservación de tierras	Nielsen y Wendroth, 2003; Omuto y Vargas, 2009

Fuente: informes de consultoría del componente de suelos. Figueredo, H. Practical Action, 2021.

Se derivaron los siguientes insumos para la modelización del mapa de erosión de suelos:

Figura 3. Variables o de los factores de erosión de suelos

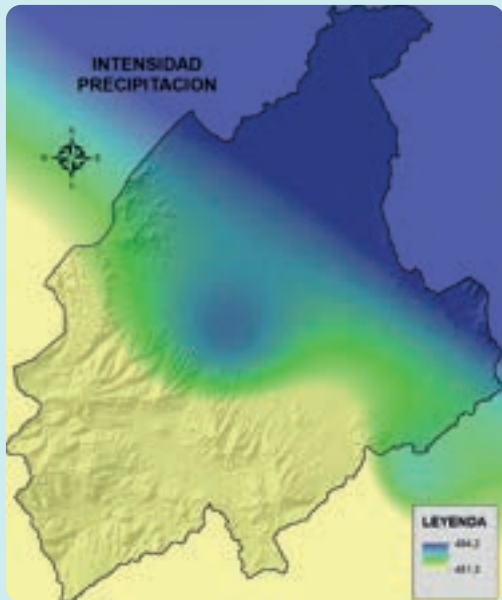




Factor LS_s. Es la longitud de la pendiente (adimensional) que se derivó a partir del modelo digital de elevación.



Factor C. Es la cobertura de la tierra derivado por el grado de cobertura vegetal en la superficie, dado por el NDVI



Factor R. Es la PP e índice de pérdida por erosividad, dado por la intensidad de precipitación en 10 minutos.



Factor P. Son las prácticas de conservación de tierras. No se tomó en cuenta esta variable puesto que en el área de estudio no se realizan prácticas de conservación de suelos, es más, se vienen realizando acciones negativas al estado natural protectorio del suelo, por la urbanización.

Fuente: informes de consultoría del componente de suelos. Figueredo, H. Practical Action, 2021.

Mediante la conjunción de todos los factores en la ecuación RUSLE, se pudo determinar la cantidad de suelo perdido o erosionado en t/ha/año.

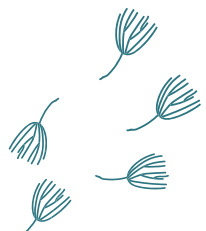
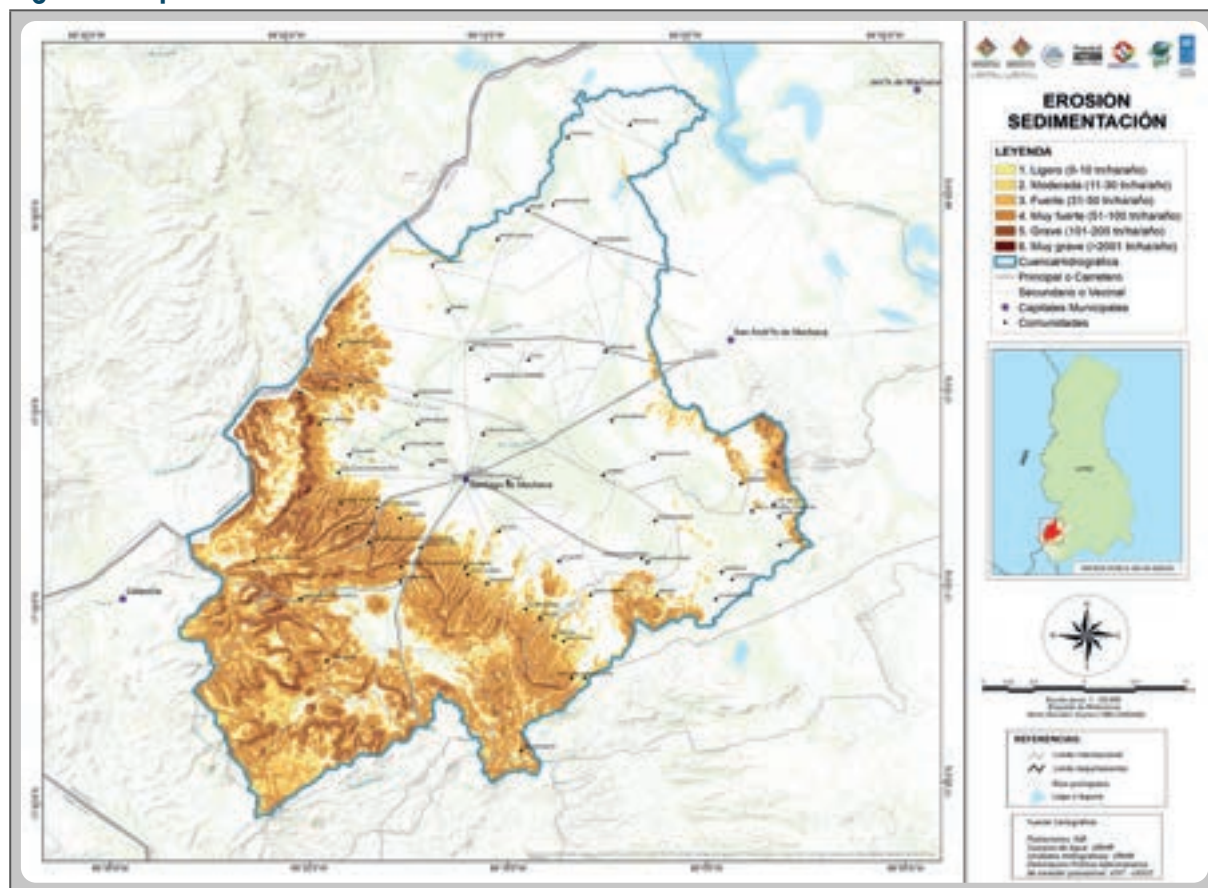


Figura 4. Mapa de erosión de suelos



Fuente: informes de consultoría del componente de suelos. Figueredo, H. Practical Action, 2021.

Tabla 11. Comparación de tasas y grados de erosión entre la línea base (PRONALDES, 1996) y el mapa de erosión generado (Practical Action, 2021)

N°	Leyenda	Mapa erosión Practical Action		Línea base PRONALDES	
		(Km ²)	%	(Km ²)	%
0	Ninguno	1.236,1	60,1	Sin datos	-
1	Ligero (0-10 t/ha/año)	3,7	0,2	896,0	43,7
2	Moderada (11-30 t/ha/año)	175,7	8,5	Sin datos	-
3	Fuerte (31-50 t/ha/año)	136,6	6,6	134,1	6,5
4	Muy fuerte (51-100 t/ha/año)	386,6	18,8	1020,2	49,8
5	Grave (101-200 t/ha/año)	113,5	5,5	Sin datos	-
6	Muy grave (>201 t/ha/año)	4,0	0,2	Sin datos	-
Total		2.056,2	100,0	2.050,3	100,0

Fuente: informes de consultoría del componente de suelos. Figueredo, H. Practical Action, 2021.

e) Monitoreo de las prácticas ancestrales para el control de sedimentación

En la necesidad de evaluar de manera periódica los beneficios de la implementación de las medidas ancestrales, es necesario la realización de un monitoreo programado siguiendo las recomendaciones técnicas de las mediciones en función de cada medida implementada.



Bajo la premisa de que una nueva práctica o tecnología puede tener posibilidad de ser adoptada solamente si ha sido validada localmente y si está al alcance de los beneficiarios, se establecen **parcelas demostrativas** con la finalidad de observar de manera específica el funcionamiento y resultados de las medidas ancestrales implementadas, concentrándonos en las tecnologías. Los criterios de selección de las parcelas demostrativas que utilizó el proyecto piloto son:

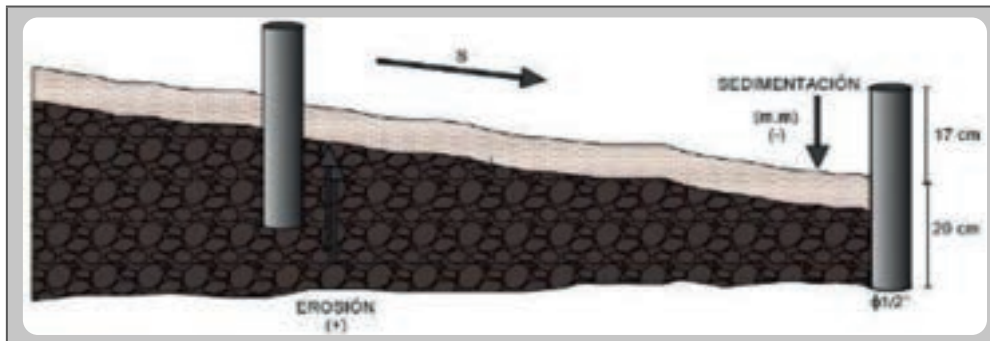
- Relevancia (de acuerdo con información secundaria y percepción local) sobre su efectividad para el control de sedimentos.
- Ubicación en la microcuenca (favoreciendo los puntos críticos en las tres zonas para evaluar la retención de sedimentos).
- Participación comunal, ya que es necesario la participación para efectos de monitoreo.

En función de las parcelas demostrativas se definen los métodos y herramientas para el monitoreo. Para el **monitoreo hídrico** en los puntos de control se utilizó la técnica de medición directa de los siguientes parámetros físicos con apoyo de equipos especializados (turbidímetro y multiparamétrico): pH, conductividad eléctrica (CE), turbidez y oxígeno disuelto (OD). Para el análisis consideraremos la clasificación de los cuerpos de agua según el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica incluido en la ley 1333 de Gestión Ambiental (1992), que indica que los cuerpos de agua se clasifican en relación con su aptitud de uso.

Para el **monitoreo de suelos** utilizamos los siguientes métodos:

- El método de varillas, que es uno de los más sencillos y fáciles de aplicar para cuantificar las pérdidas de suelo ocasionadas por la erosión hídrica. Su efectividad ha sido validada en terrenos con diferentes grados de pendientes y con coberturas diversas. Se utilizan varillas de hierro liso de 3/8 de diámetro y 50 cm de largo; se introduce dentro el suelo en un sitio no perturbable, se marca la varilla al nivel (superficie) del suelo y se toma el dato de dicha longitud. Se colocaron para los diques de piedra, canales de tierra, zanjas de infiltración y terrazas agrícolas precolombinas.

Figura 5. Diagrama de medición de sedimentos por varillas



Fuente: informes de consultoría del componente de suelos. Figueredo, H. Practical Action, 2021.

Las mediciones pertinentes son las siguientes:

Parámetros para medir	Momentos de la medición
Longitudes de la obra	1ra medición de altura de sedimento (varilla):
Largo, ancho, base, altura	2da medición de altura de sedimento (varilla):
	3ra medición de altura de sedimento (varilla):

- Para la medición y determinación del porcentaje de la cobertura vegetal, usamos el muestreo en cuadrante. A través de esta metodología, conocemos el porcentaje de cobertura vegetal que se tiene al momento de revegetar los montículos de tierra (camellones) al inicio y el porcentaje de cobertura vegetal que logró prenderse en el montículo de tierra al finalizar la temporada de lluvias.

Para realizar el muestreo de la cobertura del suelo, elegiremos al azar diferentes sitios como zonas de muestreo que serán delimitadas mediante un cuadrante de un metro por lado que abarque una superficie de un metro cuadrado. De preferencia las zonas de muestreo deben estar distribuidas a lo largo del camellón, no juntas.



Figura 6. Diagrama de revegetación y medición



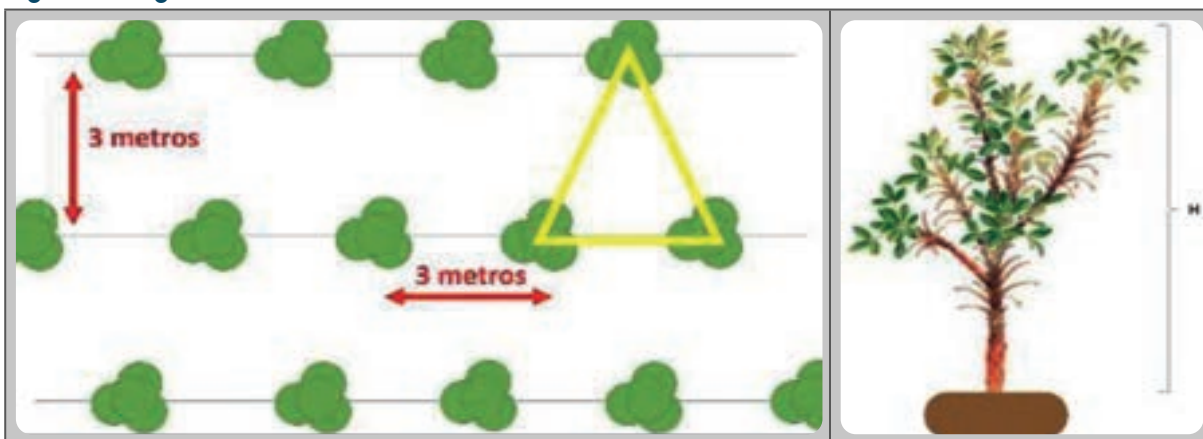
Fuente: informes de consultoría del componente de suelos. Figueredo, H. Practical Action, 2021.

Las mediciones pertinentes son las siguientes:

Parámetros para medir	Momentos de la medición
Arbusto (especies):	1ra medición cobertura vegetal:
% cobertura vegetal:	2da medición cobertura vegetal:
Altura camellón/montículo:	3ra medición cobertura vegetal:
Longitud camellón/montículo:	

- Para los procesos de forestación, los monitoreos se deben realizar con el fin de conocer la dinámica de las especies en cuanto a su desarrollo vegetativo, su estado sanitario, la mortalidad e identificar la adaptabilidad de acuerdo con las condiciones climáticas.

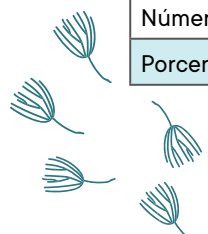
Figura 7. Diagrama de mediciones



Fuente: informes de consultoría del componente de suelos. Figueredo, H. Practical Action, 2021.

Las mediciones pertinentes son las siguientes:

Parámetros para medir	Momentos de la medición
Especie:	1ra medición de altura de plántula:
Distancia entre plantas:	2da medición de altura de plántula:
Distancia entre hileras:	3ra medición de altura de plántula:
Número de plantas prendidas:	
Porcentaje de prendimiento:	



El monitoreo se realiza con el acompañamiento y participación de los representantes del OGC, promotores locales y autoridades originarias y comunarios. Para este efecto se elaboran planes de monitoreo para cada parcela demostrativa y las herramientas necesarias. Los planes deben incluir una descripción detallada del método de monitoreo, frecuencia, quiénes participan y cómo interpretar la información recogida.

f) Determinación de la tasa de reducción de sedimentos, fertilidad de suelos y carbono orgánico por las prácticas implementadas, y evaluación de inundaciones

Descarga la Guía amigable para el monitoreo y evaluación de prácticas ancestrales para la reducción de la sedimentación en fuente y erosión.



Una vez implementadas las parcelas demostrativas, es importante **determinar la tasa de aportes de sedimentos para evaluar su efectividad y réplica**. Esta tarea la realiza el especialista de suelos usando la ecuación RUSLE con los datos que se van generando en cada monitoreo.

Para medir la **fertilidad de suelos**, se determinan la CIC, el pH y la materia orgánica. El CIC indica la disponibilidad y cantidad de nutrientes, la habilidad de los suelos de retener cationes, su pH potencial entre otros indicadores químicos de suelos. Una baja CIC hace referencia a la baja habilidad de ese suelo de retener nutrientes, es característico de los suelos arenosos o pobres en materia orgánica. El pH influye en la mayor o menor asimilabilidad de los nutrientes, y también define si es un medio ácido o básico, lo cual, a su vez, está directamente relacionado a la fertilidad del suelo (hacer disponibles los nutrientes del suelo para la planta). Mientras que la materia orgánica cumple una variedad de funciones físicas, químicas y biológicas en el suelo que afectan directamente a las plantas impactando directamente en las funciones químicas y físicas del suelo.

Respecto al **carbono orgánico de suelos**, el proyecto piloto utilizó el mapeo digital de suelos para predecir su distribución espacial. Esto se basa en un modelo de inferencia de información de suelos basado en diferentes capas ambientales y atributos del relieve, como factores formadores del suelo.

Finalmente, para la **evaluación de las inundaciones** como consecuencia de procesos de la erosión, se utilizan imágenes de satélite para identificar con mayor facilidad los recursos naturales hídricos y el impacto generado.



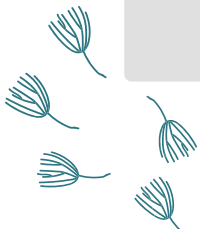
Caso ejemplo 3. Resultados de las prácticas ancestrales implementadas en la microcuenca Jach'a Mauri

El monitoreo se realizó con el acompañamiento y participación de los representantes del OGC, promotores locales, autoridades originarias y comunarios, en las comunidades de Jerusalén, Acocata, Choquepujo y Luna, además de las comunidades de Llallagua y Janko Jaque que si bien no son parte de las parcelas demostrativas, sus datos son útiles para estimar la tasa de aportes de sedimentos por la erosión de suelos.

Como método empleado se utilizó el de la varilla que permite la medición de la altura de sedimentos acumulado, tanto en los diques y los canales de tierra; así mismo, la medición de área de cobertura vegetal, para la revegetación natural en camellones.

Revegetación natural

Para realizar el muestreo de la **cobertura del suelo**, se eligieron al azar diferentes zonas de muestreo delimitadas mediante un cuadrante de un metro por lado que abarque una superficie de un metro cuadrado. De preferencia las zonas de muestreo estuvieron distribuidas a lo largo del camellón y no juntas. Los resultados que se muestran a continuación corresponden a la comunidad Luna.



Resultados de la revegetación natural para el control de la sedimentación en la comunidad Luna

N°	Número °de área de revegetación natural	Áreas revegetadas de la parcela demostrativa [m ²]	Coordenadas		Área [m ²]	Suelo cubierto [%]		Suelo desnudo [%]	
			x	y		13/12/22	30/05/22	13/12/22	30/05/22
1	1	159.00	484890.70	8122495.78	159,0	40	32	60	68
	2	210.00	484852.67	8122530.58	210,0	50	44	50	56
	3	345.10	485304.75	8123058.76	345,1	20	12	80	88
Total					714,1				

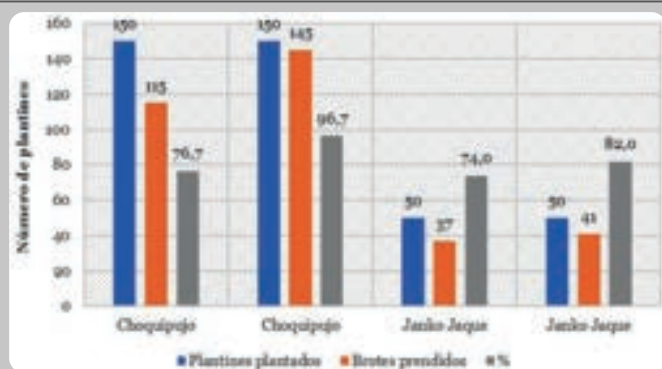
Se puede advertir aún un bajo porcentaje de prendimiento de especies nativas en los camellones, debido a los efectos adversos cambiantes del clima. Sin embargo, hasta el mes de mayo se tienen los camellones con un 29% de cobertura vegetal, abarcando una superficie de 714,1 m².

Forestación

Con esta práctica se pretende preservar bofedales y áreas de cultivos contra pérdida de tierras por erosión hídrica y eólica, mediante la estabilización del suelo y la captura de vapor de agua. Como efecto transversal se pretende contribuir a la mitigación del calentamiento global, como almacenamiento o “sumidero de carbono”. Se realizaron campañas de forestación en distintas comunidades, pero como parcelas demostrativas son Choquipujo y Janko Jaque. Los resultados del monitoreo a estas prácticas se describen a continuación:

Resultados del monitoreo de procesos de forestación en las comunidades de Choquipujo y Janko Jaque

Sitio	Parcela demostrativa	Fecha de muestreo	Coordenadas		N° de plantines trasplantados	Especie forestal	N° de brotes prendidos
			x	y			
Sitio-01	1	30/3/2022	473542,9	8104715,4	150	Kiswara	115
Sitio -02	1	30/3/2022	473542,9	8104715,4	150	Queñua	145
Sitio -03	2	30/3/2022	473980,1	8105665,4	50	Kiswara	37
Sitio -03	2	30/3/2022	473980,1	8105665,4	50	Queñua	41



Los resultados de esta práctica realizada en 4 comunidades son las siguientes:

Evaluación forestación

N°	Comunidad	Cantidad plantines	Distancia entre plantas (m)	Área forestada (m ²)
1	Llallagua	100	3	900
2	Choquipujo	300	3	2.700
3	San Juan de Rosa Pata	300	3	2.700
4	Janco Jake	100	3	900
Total, de área forestada				7.200

Diques de piedra

Se implementaron en 4 comunidades en la microcuenca Jach'a Mauri (Choquipujo, Jerusalén, Acocata y Llallagua). Los diques de piedra realizan el control de cárcavas que afectan áreas de cultivo, de pastoreo y de conservación. Estas obras se emplazaron dentro de la cárcava para capturar el suelo erosionado.

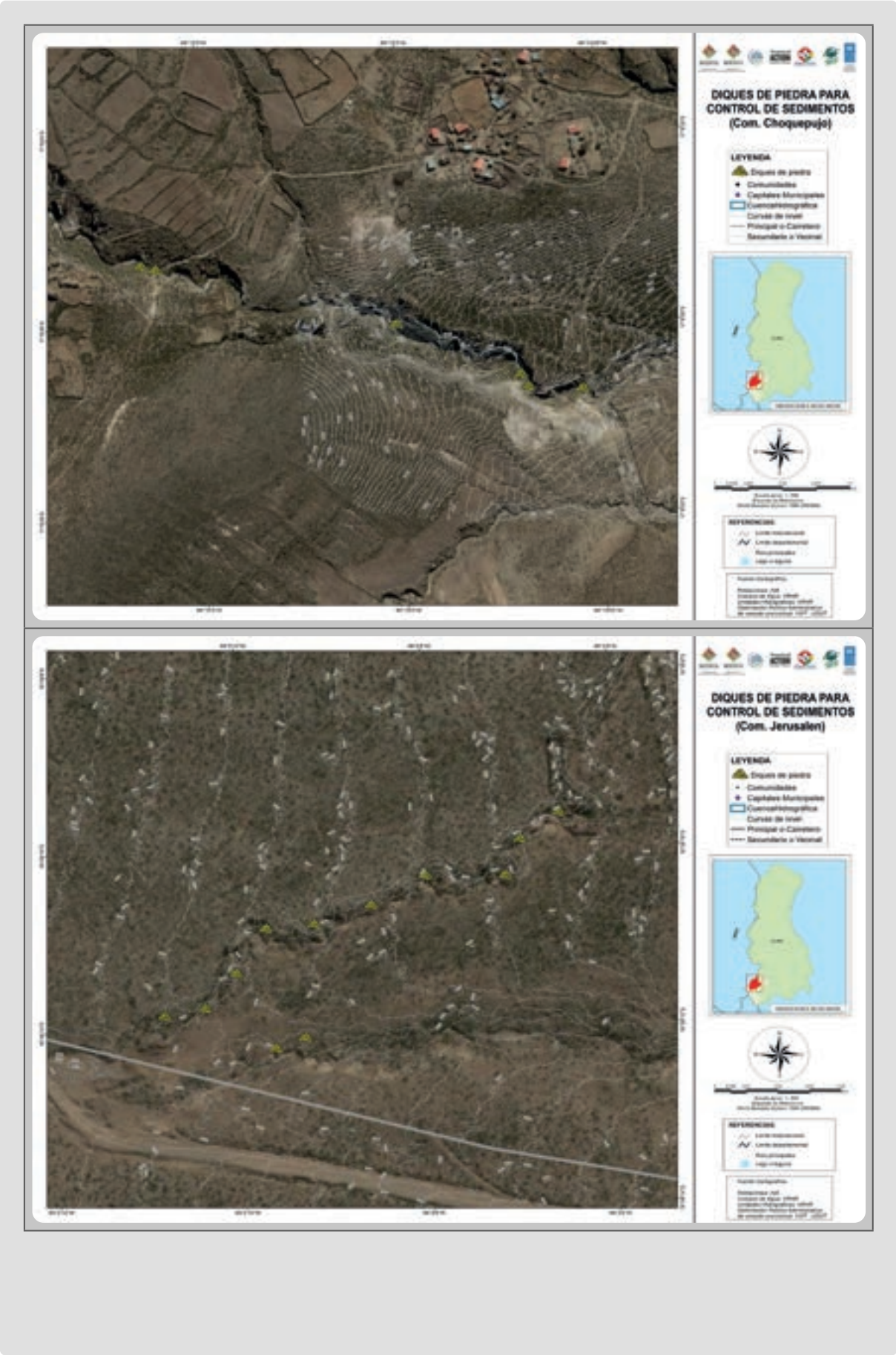
De acuerdo con los monitoreos, los diques de piedra tuvieron buena capacidad de retención de sedimentos por la forma y tamaño de las piedras usadas. En todos los casos, se rebasó su capacidad de retención por la buena estructura de construcción, sin embargo, se recomienda que, como medida de mantenimiento y ampliación, se aumente la altura del dique. Las comunidades de Jerusalén y Acocata presentan promedios de alturas menores de sedimento con respecto a las alturas de los diques (0,82-0,54 y 1.03-0,81, respectivamente).

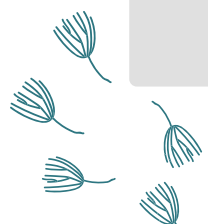
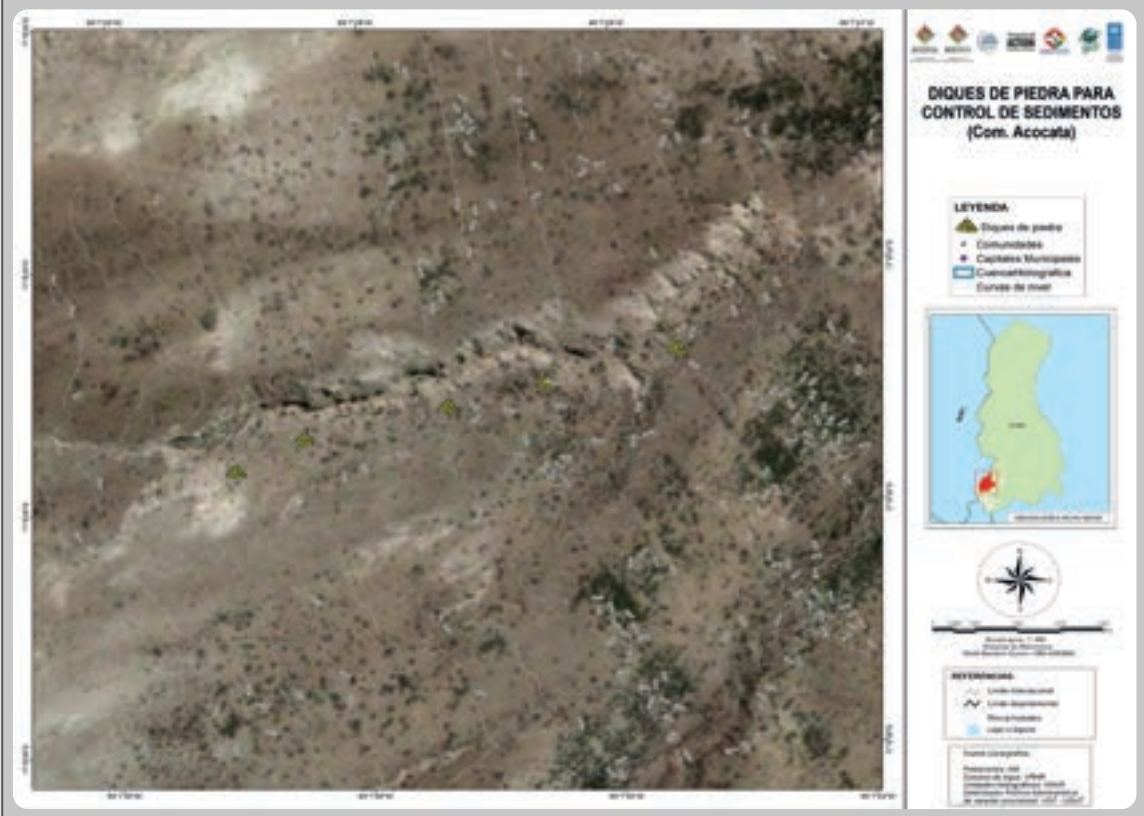
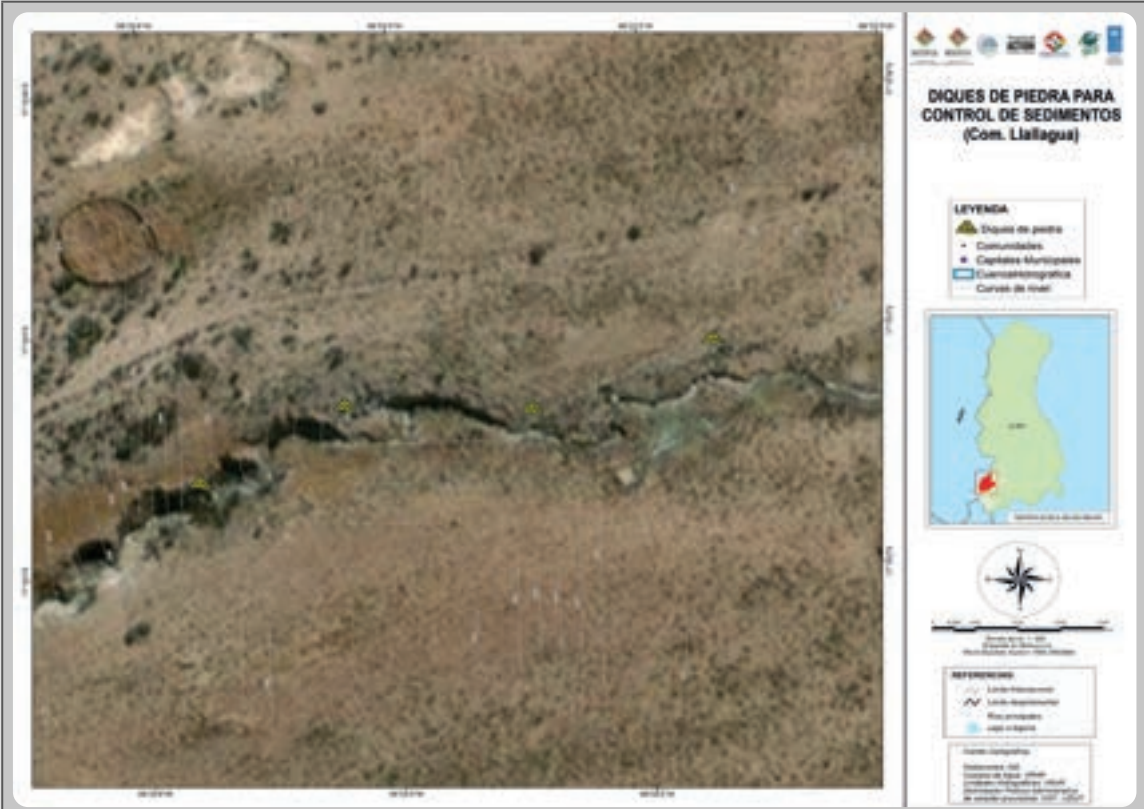
Se determinó el total de volumen de suelo retenido de 52.473,43 m³ (a abril 2022), 1.905,77 m³ más que el monitoreo a diciembre de 2021 que mostraba 50.567,66 m³. Según datos meteorológicos, las mayores precipitaciones ocurren hasta el mes de febrero, pero este año fue atípico pues las lluvias se extendieron hasta el mes de abril. Considerando este aspecto, es muy poca la diferencia de sedimento retenido entre diciembre y abril, respectivamente.

Resultados evaluación diques de piedra

Comunidad	Volumen en m ³ a diciembre 2021	Volumen en m ³ a abril 2022
Acocata	21.283,1	20.271,3
Llallagua	11.182,5	11.395,6
Choquipujo	14.273,6	18.042,6
Jerusalén	3.405,0	2.763,8

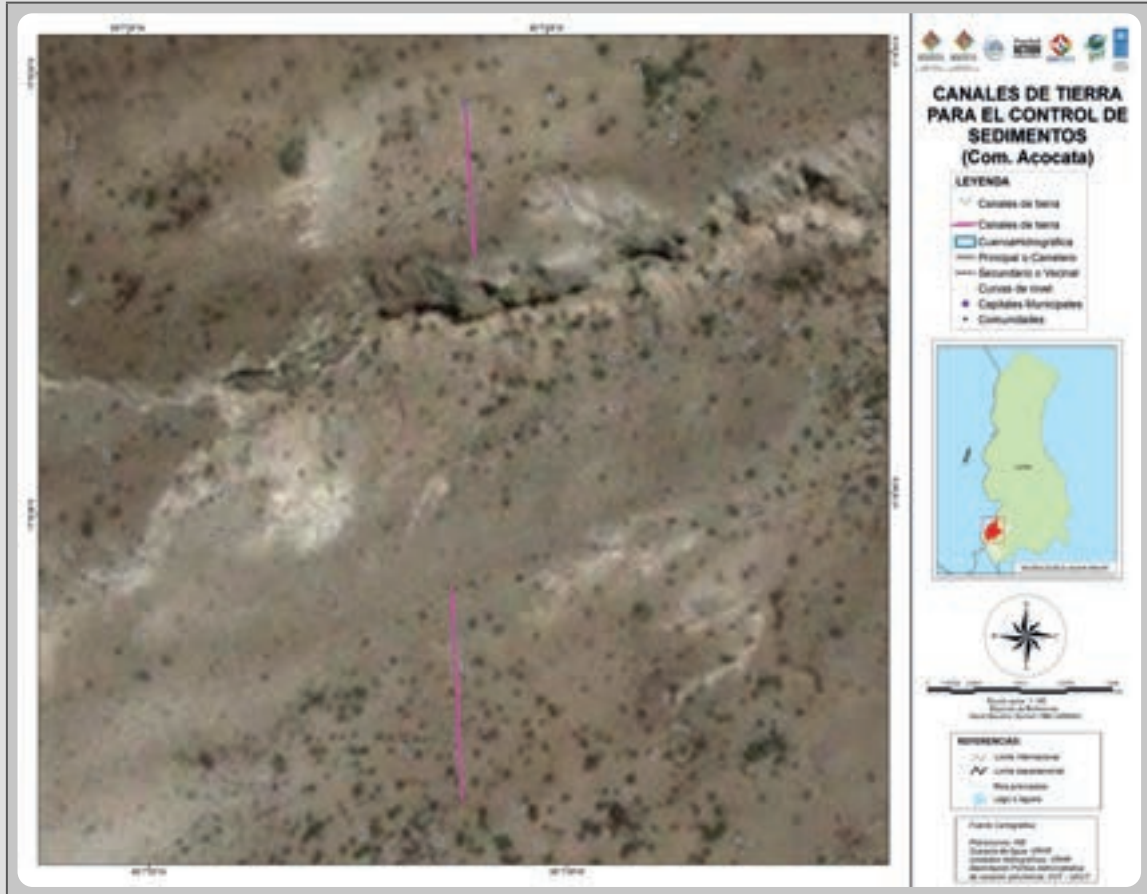






Canales de tierra

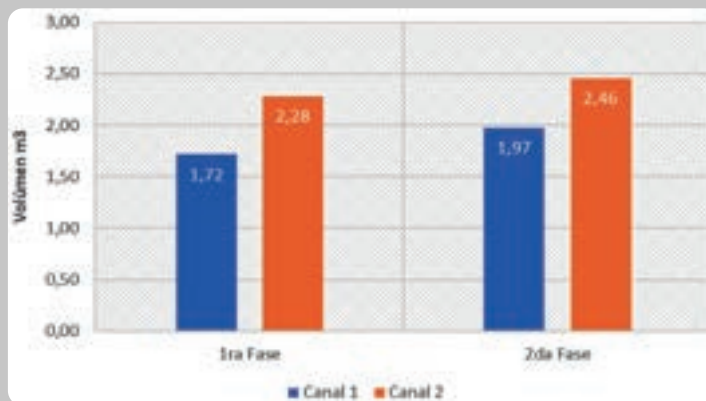
El objetivo de la práctica es el de interceptar el agua de escorrentía mediante canales para la infiltración favoreciendo la disponibilidad de agua de áreas productivas y preservar fuentes de agua. La comunidad beneficiada es Acocata. Se pudo advertir que atraparon buena cantidad de sedimento en toda su extensión, logrando 20 centímetros de sedimento, siendo más o menos el 50% de su capacidad. Es necesario realizar un mantenimiento de los canales y que los siguientes canales a implementar sean construidos siguiendo las curvas de nivel.



Evaluación de la retención de sedimentos por los canales de tierra en Acocata

Longitud	Latitud	Longitud (m)	Profundidad (m)	Base (m)	1ra fase		2da fase		
					Altura (m)	Volumen (m ³)	Altura (m)	Volumen (m ³)	
-17,1434	-69,12458	29,25	0,4	0,5	0,195	2,28	0,21	2,46	
-17,143	-69,12454								
-17,1428	-69,12455	21,44	0,4	0,5	0,2	1,72	0,23	1,97	
-17,1437	-69,12458								
Total, de volumen de suelo capturado						4,00	4,43		





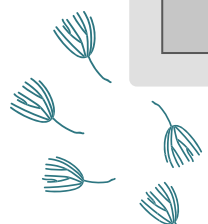
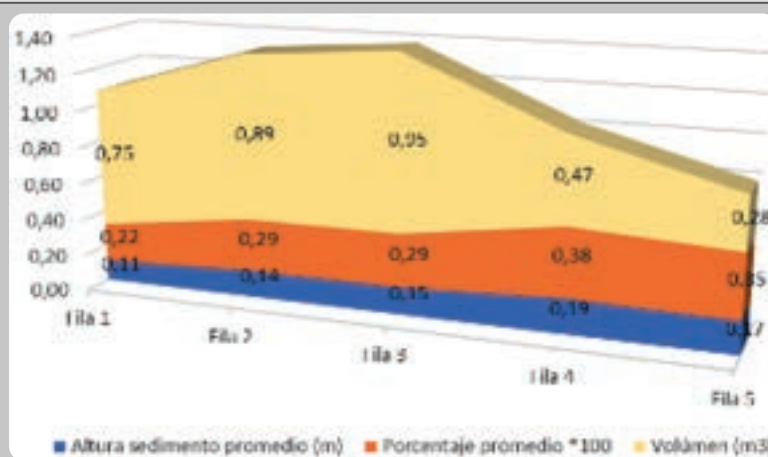
Con respecto a la evaluación de los canales de tierra, con base al monitoreo, entre la 1ra y 2da fase, se determinó el total de volumen de suelo retenido de 4,43 m³ (2da fase), 0,43 m³ más que el monitoreo de la 1ra fase que muestra 4,0 m³.

Canales trampa (zanjas de infiltración)

Son zanjas para la protección y conservación de agua, como bofedales en laderas, tienen la función de controlar el drenaje de agua en exceso y contribuyen a la conservación de suelo en combinación con otras medidas. Esta práctica se implementó en la comunidad Janko Jaque, se pudo advertir que protegieron la forestación con un cerco de alambre y se pudo asegurar un 90% de prendimiento. Así mismo, capturaron de manera general 10 centímetros de sedimento.

Resultados evaluación zanjas

N° de fila	Altura sedimento promedio (m)	Porcentaje promedio (%)	Volumen (m ³)
Fila 1	0,11	0,22	0,75
Fila 2	0,14	0,29	0,89
Fila 3	0,15	0,29	0,95
Fila 4	0,19	0,38	0,47
Fila 5	0,17	0,35	0,28
Total			3,35



La gráfica muestra una síntesis de las mediciones realizadas a todas las zanjas de infiltración por fila, en promedio, por la altura de sedimento, la fila 1 es la que menos sedimento capturó (promedio de 0,11 m) siendo un 22% eficaz y logrando retener en total 0,75 m³. La cantidad de sedimento capturado por las zanjas de infiltración es de 3,35 m³.



Terrazas agrícolas precolombinas

Esta práctica (7 terrazas) se implementó en la comunidad de Itapalluni, mediante dos acciones:

- Reconstrucción y fortalecimiento de terrazas.
- Construcción/implementación de terrazas nuevas.



Terrazas precolombinas en la comunidad Itapalluni



A continuación, se muestran los resultados del **volumen de suelo capturado** en m^3 hasta el mes de abril de 2022 por las prácticas ancestrales implementadas en función de la cantidad de suelo erosionado (sedimentos) en t/ha/año.

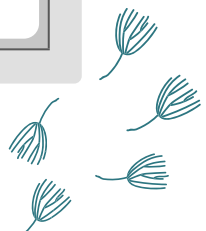
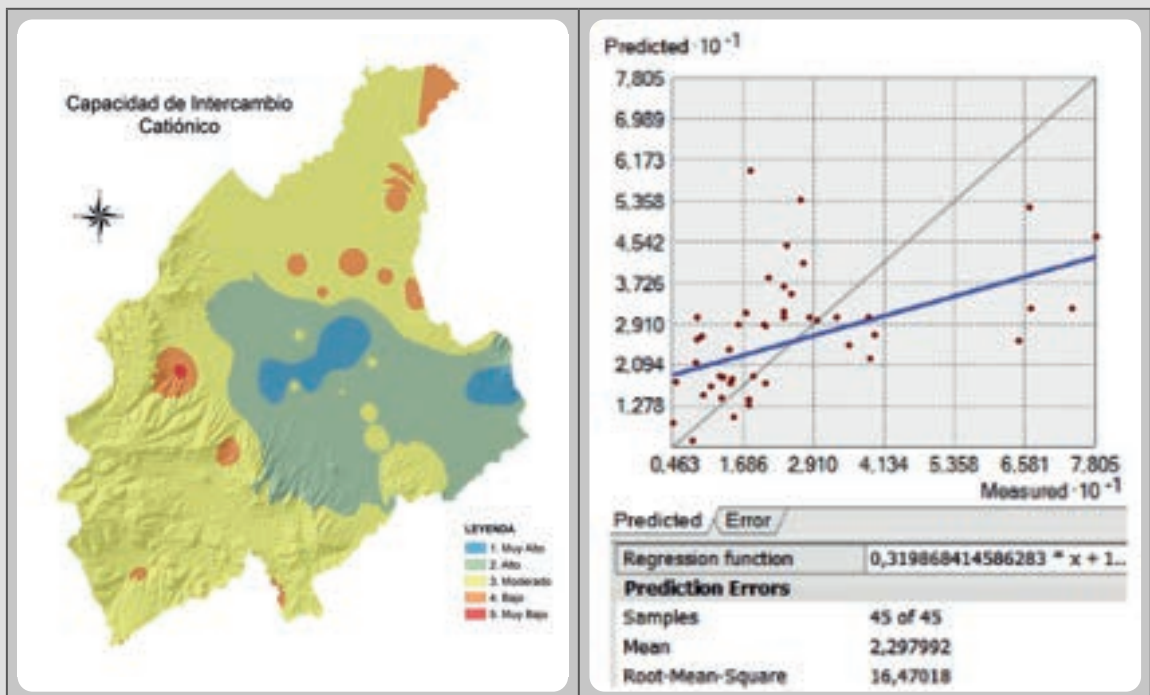
N°	Leyenda (t/ha/año)	Toneladas de suelo (t)	Área (ha)	Toneladas de suelo (t/ha)	Densidad (t/m³)	Volumen de suelo (m³)	%
0	Ninguno	-	123.771	-	-	-	
1	1, Ligero 0-10	10	341	3.409,6	1,8	1894,2	0
2	2, Moderada 11-30	30	17.427,3	522.819	1,8	290.455	6,5
3	3, Fuerte 31-50	50	13.102,9	655.145	1,8	363.969,4	8,1
4	4, Muy fuerte 51-100	100	39.397,3	3.939.730	1,8	2.188.738,9	48,7
5	5, Grave 101-200		11.211,1	2.242.220	1,8	1.245.677,8	27,7
6	6, Muy grave >2001	2.000	365,3	730.672	1,8	405.928,9	9
7	TOTAL	205.615,9				4.496.664,2	100
8	Volumen de suelo capturado hasta diciembre 2021					50.571,66	1,1
9	Volumen de suelo capturado hasta abril 2022					52.481,21	1,2
Diferencia entre (7-8)						4.446.080,7	98,9
Diferencia entre (7-9)						4.446.080,7	98,9

Fuente: informes de consultoría del componente de suelos. Figueredo, H. Practical Action, 2022.

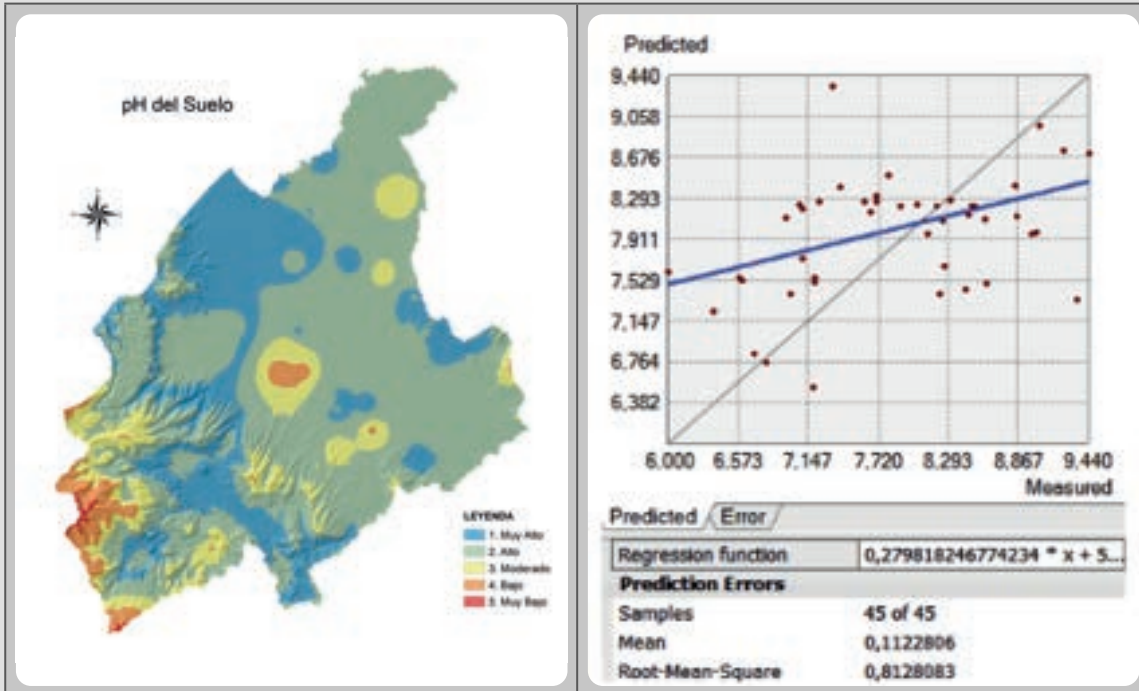
Hasta abril de la gestión 2022 se pudo retener un total de 52.481,21 m³, correspondiendo al 1,2% del total de aporte de sedimento de toda la microcuenca Jach'a Mauri.

Respecto al **monitoreo hídrico**, el río que pasa por la comunidad Antaquirani presenta valor alto de conductividad eléctrica. El pH tiende a ser entre neutro a alcalino en todos los ríos, siendo mayormente alcalinos los ríos Irpa, Exaltación y Liquiliquini. En cuanto a la turbidez, el único río que clasifica como Clase B es el río Jach'a Jahuira.

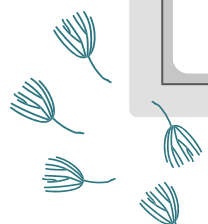
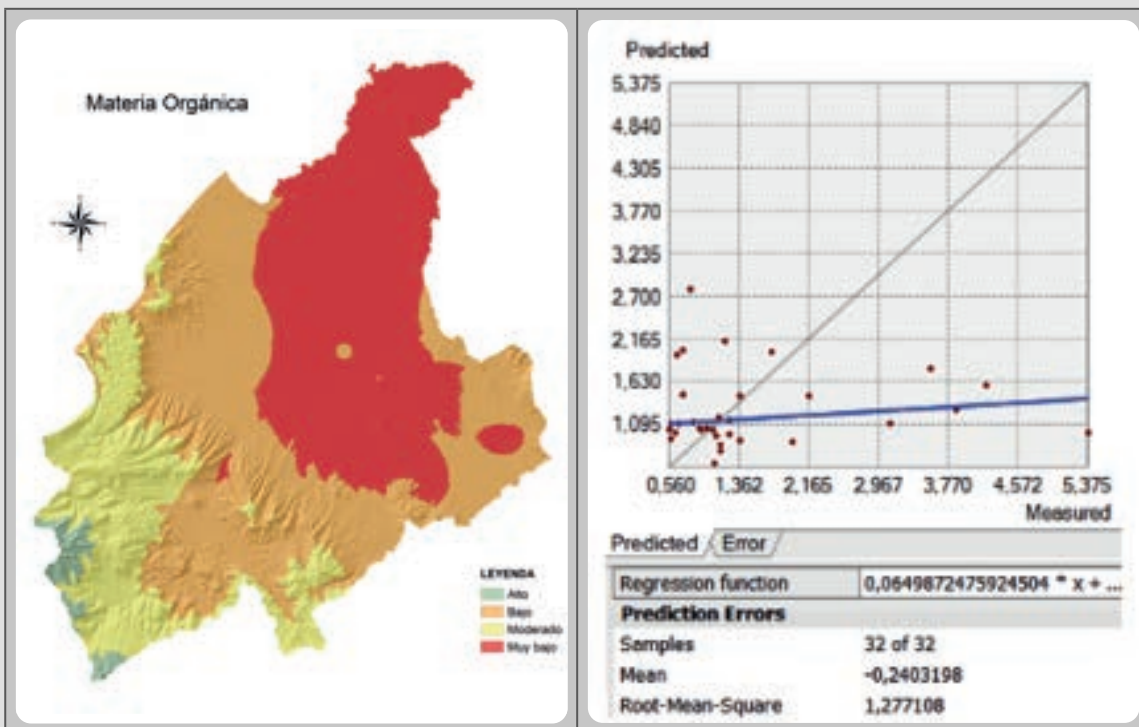
Respecto a la **fertilidad del suelo**, de manera general se presentan valores y una variabilidad espacial de CIC moderada (12-25 meq/100g), aunque se aprecian valores altos en las zonas media y baja, mostrando bolsones altos a muy altos (>25 meq/100g), de Huacuyo al este, Cano, Santiago de Machaca y Huancarani por el centro de la microcuenca.



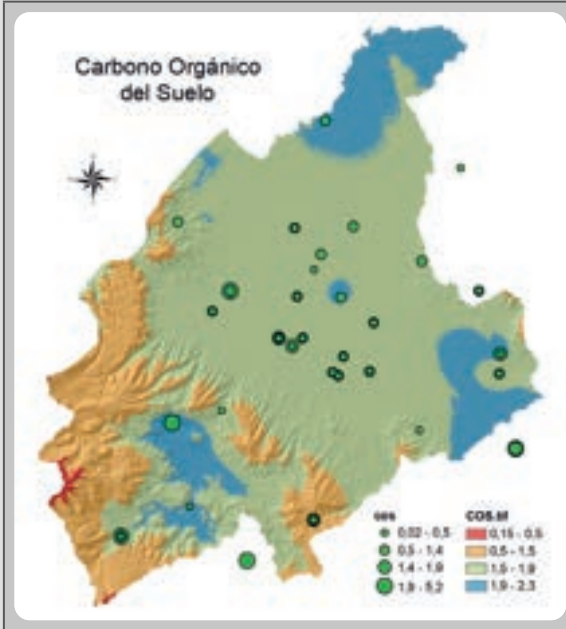
Mientras que el pH se distribuye de valores muy alcalinos a neutros, bolsones de pH neutros pueden encontrarse en el pie de monte y en la planicie, por las comunidades de Santiago de Machacamarca, Cano, Calasaya, Culcutani, Acocata, Murmuntani Acharaya y Williki, en la parte central; Lupi Irawa, Tinkacha y Nuñujani al este y sectores altos de la microcuenca, sobre todo en depresiones o áreas con cobertura de pajonales y tholares.



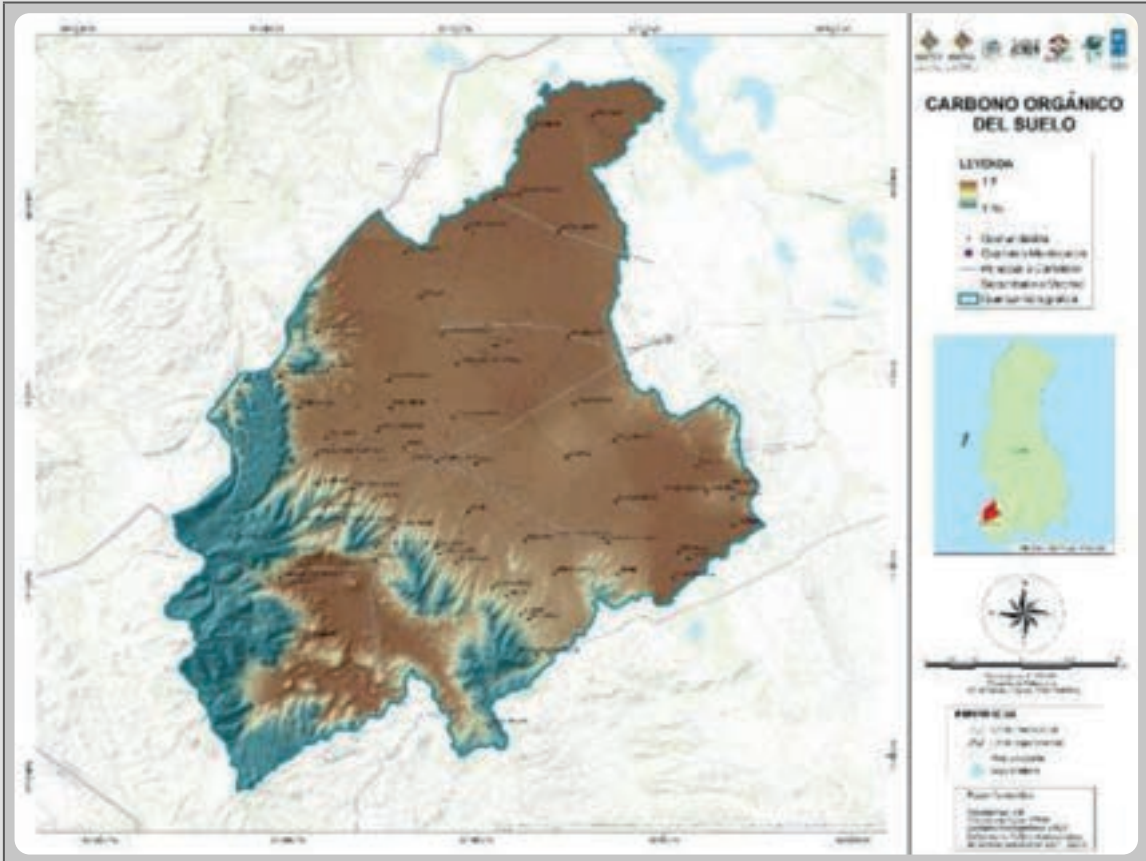
Por otro lado, los valores de materia orgánica están entre muy bajo a moderado, debido especialmente a la pobre mineralización de los componentes orgánicos por las condiciones climáticas y de pendiente, en las zonas media y baja de la microcuenca, donde se tiene una distribución baja a muy baja. Valores moderados se tienen en el pie de monte, en la parte alta de la microcuenca.



Respecto al **COS**, se tienen valores en general moderados a altos, esto debido al aporte de la cobertura vegetal (matorrales y gramíneas) y la materia orgánica adicionada por la actividad pecuaria en zonas bajas de pastoreo, y que por las condiciones climáticas frías y áridas se mantienen y no se lixivian hacia mayores profundidades. Notar que existen bolsones de contenido muy alto de este elemento.



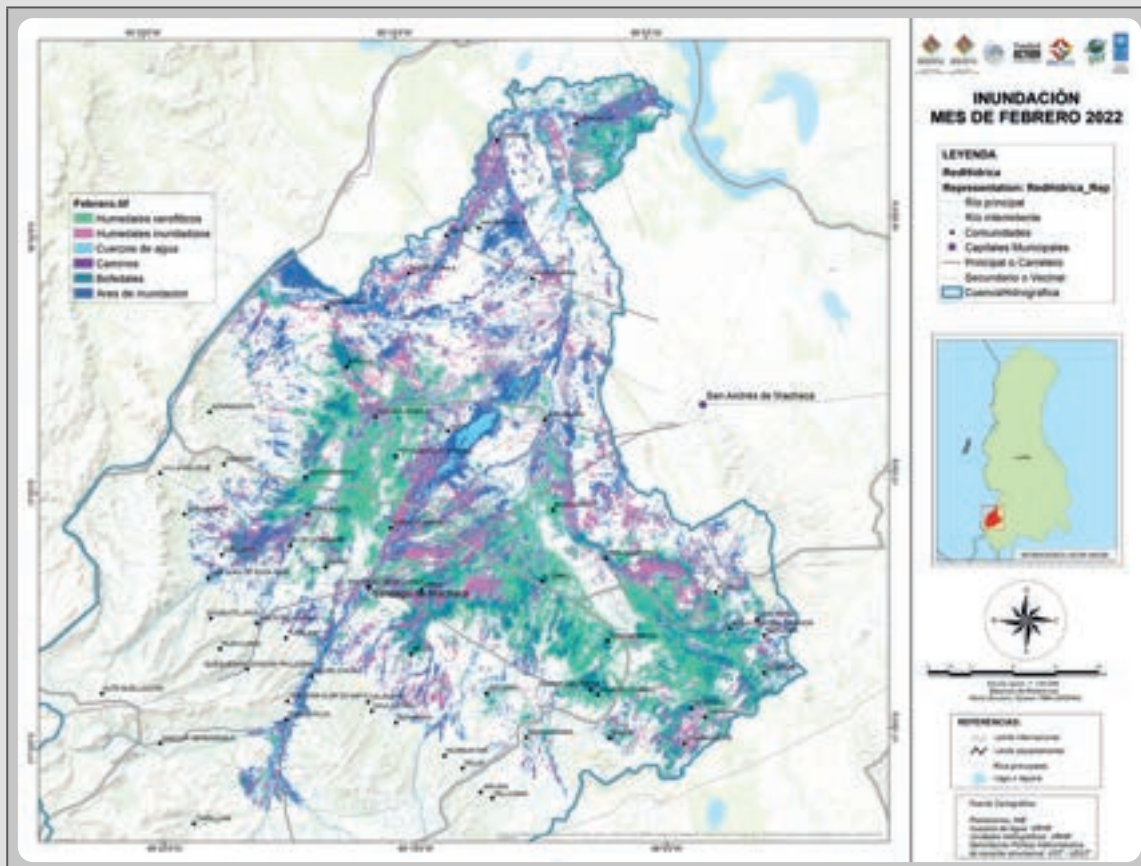
Variable	Muy bajo	Bajo	Moderado	Alto
Carbono orgánico (%)	<0,5	0,5-1,4	1,5-1,9	>2



Finalmente, para la **evaluación de inundaciones**, se realizaron mapas parlantes para recoger la percepción local en talleres con autoridades de los municipios así como visitas en campo a áreas de inundación, georeferenciando estos puntos. Este insumo fue muy importante para demarcar las zonas de afectación por la inundación y fue la información primaria para la verificación y validación del mapa de inundación procesado mediante la clasificación no supervisada de imágenes satelitales realizado en gabinete.

Para la época húmeda, se determinaron superficies relativas a áreas de carácter húmedo (cuerpos de agua, cauces de agua sin agua en ese entonces, sedimentación, humedales xerofíticos, área de inundación, humedales inundadizos y bofedales), correspondiendo a algo más de 526,2 Km² (≈45%) del total del área.

Descripción	Área	%
Cuerpos de agua	8,3	0,7
Área de inundación	58,8	5,0
Humedales xerofíticos	186,8	15,9
Humedales inundadizos	1,2	0,1
Bofedales	1,7	0,1
Caminos	269,4	22,9
Otros	650,5	55,3
Total	1.176,5	100,0



Cuadro resumen	
Área total de la microcuenca:	2.056,2 Km ²
Total, de prácticas implementadas:	3 ²
Metros lineales implementados:	6.528,8 m
Superficie implementada:	110.774,2 m ²
Número de plantas forestadas:	800
Área forestada:	7.200 m ²
Área total inundable:	526,2 Km ²
Área total erosionada:	820 Km ²
Total, aporte de sedimento de la microcuenca:	4.496.664,2 m ³
Total, reducción de sedimento por las prácticas implementadas:	52.481,21 m ³
Carbono orgánico del suelo:	0,15 - 2,34 %
Fertilidad de suelos:	3,5 - 76,2 meq/100g (Capacidad de intercambio catiónico); 5,9 - 9,5 (pH); 0,65 - 5,84 (% Materia orgánica)

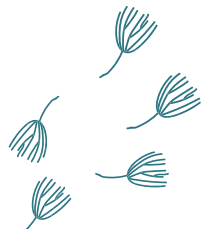
g) Sistematización de la información para la toma de decisiones

Finalmente, para que la información generada sea útil para la toma de decisiones, es necesario que sea sistematizada y almacenada de forma que no se pierda y pueda ser accesible. La información debe ser útil tanto a nivel comunitario como para el gobierno local, y el espacio donde se debe analizar y discutir es el OGC para su incidencia en el PTDI y presupuesto del gobierno municipal. Para esto es recomendable capacitar al equipo técnico municipal así como al OGC en el uso, actualización e interpretación de la geodatabase.

El proyecto piloto ha generado información temática, la misma se encuentra almacenada en una base de datos geográfica (geodatabase), con este detalle:

Tabla 12. Información temática existente en la geodatabase

Componente	Mapa temático	Descripción
Biofísico - suelos	<ul style="list-style-type: none"> - Clasificación climática - Erosión - Geomorfología - Geología - Humedad - Potencial productivo - Uso de la tierra - Vegetación - Zonas de vida 	<ul style="list-style-type: none"> - Tipos de clima (Khopen) - Mapa de erosión cuantitativo - Mapa generado de geomorfología - Mapa actualizado de geología - Mapa a partir de la precipitación - Mapa del MDPyEP - Mapa del MDRyT (2010) - Mapa de Navarro
Climático	<ul style="list-style-type: none"> - Estaciones meteorológicas - Precipitación - Temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> - Fuente de datos SENAMHI
Curvas	<ul style="list-style-type: none"> - Curvas de nivel 	<ul style="list-style-type: none"> - 16 mapas de curvas de nivel extraídas a partir de la información DEM de alta resolución (Dron)



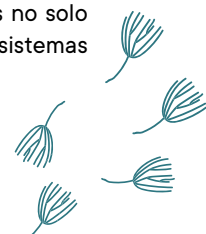
Componente	Mapa temático	Descripción
Hídrico	<ul style="list-style-type: none"> - Cuenca hidrográfica - Red hídrica - Lagos y lagunas 	<ul style="list-style-type: none"> - Cuenca Jacha Mauri - MMAyA
Infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> - Áreas relevamiento DRON (polígono) - Áreas relevamiento DRON (punto) - Caminos - Mapeo Juno - Práctica ancestral (línea) - Práctica ancestral (Punto) 	<ul style="list-style-type: none"> - Información recabada y sistematizada - Información recabada y sistematizada
Límites	<ul style="list-style-type: none"> - Límite cuenca (polígono) - Límite municipal (polígono) - Límite municipal (polígono) - Límite provincial (polígono) - Límite fronterizo 	
Monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> - Calicatas - Monitoreo hídrico 	
Socioeconómico	<ul style="list-style-type: none"> - Población - Población beneficiada 	<ul style="list-style-type: none"> - INE
Raster	<ul style="list-style-type: none"> - DEM de 30 m. - DEM de 12,5 m. - Imagen satelital MR SID 30 m. de resolución espacial - Imagen satelital Bing Maps de 0,50 m. de resolución espacial 	

Fuente: informes de consultoría del componente de suelos. Figueredo, H. Practical Action, 2021.



V. PRINCIPALES CONCLUSIONES

- En la microcuenca del río Jach'a Mauri existe erosión de suelos y transporte de sedimentos debido a causas naturales y antrópicas. Los factores climáticos, geológicos y geomorfológicos tienen una incidencia fundamental en esta problemática. Asimismo, también las actividades antrópicas que se desarrollan: ganadería y agricultura, son factores que causan erosión, por su forma de manejo actual.
- La pérdida de suelos y el transporte de sedimentos se genera en las partes altas de la microcuenca (primer tercio de la cuenca, en la zona de montañas); por la alta conectividad existente, los sedimentos alcanzan los cursos de agua y son transportados hacia las partes bajas de la microcuenca donde la pendiente es mínima y la capacidad de transporte de los ríos disminuye, produciendo deposición lateral de los materiales de granulometría más gruesa y los sedimentos de granulometría fina (arcillas, limos) permanecen en suspensión y pueden llegar al río Desaguadero.
- En el diagnóstico de la microcuenca, se señalan los siguientes problemas principales como factores de erosión y transporte de sedimentos, siendo que la mayor parte del sedimento producido en la cuenca en estudio se origina en la zona alta y media.
 - Excesivo desprendimiento de suelo de las partes altas de la microcuenca por causas naturales, considerando la existencia de material litológico, suelos débilmente estructurados y descubiertos, así como intensas precipitaciones.
 - Predominio y deposición de sedimento (arena) en lechos de ríos provocando desbordes e inundaciones.
 - Áreas agrícolas y terrenos comunales afectados por el desborde de los ríos, llegando gran cantidad de sedimento (lama) hacia los suelos fértiles, volviéndolos improductivos y por ende ya no se retendrá ni se sujetará los suelos y podrán erosionarse más fácilmente.
 - Las inundaciones de los pastizales, por desbordamiento de los ríos, provoca la sedimentación (lama) de los mismos inutilizando los suelos fértiles donde crecen las plantas nativas lo cual ocasiona que la erosión por el viento (eólica) y agua (hídrica) golpeen con más fuerza, desprendiendo grandes volúmenes de suelo y arrastrándolos hacia los ríos, saturándolos con una mayor cantidad de sedimentos causando graves problemas como las inundaciones.
 - Acumulación excesiva de grandes volúmenes de sedimentos a lo largo del lecho de los cursos superficiales (ríos), lo que provoca el atasco del flujo impidiendo su correcta circulación.
 - Cuando existe el desbordamiento de los ríos, estos dejan en su paso gran cantidad de sedimentos (lamas) sobre los terrenos comunales ya que no existen reservorios que puedan retener los mismos. Estos reservorios pueden ser las q'otañas, pero en su mayoría requieren de una limpieza o rehabilitación, además sirven también como cosecha de agua para gestionar el riesgo de disponibilidad de esta para los ganados debido al déficit de precipitaciones en la región y favorecen la repoblación de pasturas nativas en los alrededores.
 - Socavamiento de las riberas de los ríos, lo cual provoca el deterioro y colapso de la pendiente existente entre la ribera natural y el curso superficial, ocasionando el debilitamiento del terreno y haciendo que se desprendan enormes cantidades de sedimentos que son arrastrados hacia los ríos.
- Se evaluó la viabilidad social y técnica de implementar medidas ancestrales de mitigación del acarreo del sedimento, considerando el total de sedimentos de cada una de las zonas. Se identificaron e implementaron 13 medidas ancestrales para el control de sedimentación.
- La utilización de metodologías geoestadísticas actuales (mapeo digital de suelos) junto a métodos convencionales de determinación de la erosión de suelos (RUSLE) son herramientas muy útiles que dieron resultados no solo cualitativos sobre grados de erosión, sino resultan en información cuantitativa, cruciales para emprender sistemas de monitoreo idóneos para su implementación.



- Mediante el mapeo digital de la erosión de suelos en la microcuenca, se pudo determinar que el aporte de sedimentos en la microcuenca Jach'a Mauri es de 4.496.664,2 m³ afectando un área total de 81.844,9 ha con diferentes grados de erosión. Los valores obtenidos a través de la metodología RUSLE, muestran que la microcuenca del río Jach'a Mauri posee, en un 9% de su superficie un riesgo de degradación por erosión hídrica muy grave (405.928,9 m³), la degradación grave cubre un 27,7% de la microcuenca (1.245.677,8 m³), los riesgos de degradación muy fuerte ocupan un 48,7% (2.188.738,9 m³), degradación fuerte un 8,1% (363.969 m³) y los riesgos de erosión moderada ocupan el 6,5% (290.455 m³).
- Mediante técnicas de mapeo digital de suelos se elaboró el mapa de carbono orgánico de suelos donde se aprecian en general valores moderados a altos, esto debido al aporte de la cobertura vegetal (matorrales y gramíneas) y la materia orgánica adicionada por la actividad pecuaria en zonas bajas de pastoreo y que por las condiciones climáticas frías y áridas se mantienen y no se lixivian hacia mayores profundidades. Existen bolsones de contenido muy alto de este elemento en áreas de depresión y planas.
- Las medidas ancestrales de manejo y conservación de suelos son vitales en la remediación y mitigación del cambio climático, ya que mediante un manejo adecuado del suelo garantizamos la captura del carbono orgánico y evitamos que se libere a la atmósfera aumentando el calentamiento global. En la microcuenca Jach'a Mauri, a pesar de tener bajos niveles de este elemento (0,5 - 2,34%), la mayor cantidad se concentra en las partes altas donde comienzan los procesos de erosión de suelos. Por ello, es muy importante que las medidas ancestrales se implementen de manera masiva en estas zonas de la cuenca.
- Los indicadores de fertilidad de suelos analizados y mapeados son la CIC, el pH y la MO. De manera general, se presentan valores y una variabilidad espacial de valores CIC moderada (12-25 meq/100g), aunque se aprecian valores altos en la parte media y baja de la cuenca, mostrando bolsones altos a muy altos (>25 meq/100g) por las comunidades de Huacuyo al este, Cano, Santiago de Machaca y Huancarani por el centro de la microcuenca. El mapa de pH se distribuye de valores muy alcalinos a neutros. Bolsones de pH neutros pueden encontrarse en el pie de monte y en la planicie. Los tenores de materia orgánica están entre muy bajo a moderado, debido especialmente a la pobre mineralización de los componentes orgánicos por las condiciones climáticas y de pendiente en la parte media y baja de la microcuenca, donde se tiene una distribución baja a muy baja. Tenores moderados se tienen en el pie de monte, en la parte alta de la microcuenca.
- El análisis de la inundación en la microcuenca se realizó mediante una conjunción de procedimientos, tales como clasificación multitemporal de imágenes en diferentes épocas (seca y húmeda) y recogiendo la percepción local participativa (mapa parlante). Para la época húmeda, se determinaron superficies relativas a áreas de carácter húmedo (cuerpos de agua, cauces de agua sin agua en ese entonces, sedimentación, humedales xerofíticos, área de inundación, humedales inundadizos y bofedales), correspondiendo a algo más de 526,2 Km² (≈45%) del total del área.
- Tres de las medidas ancestrales implementadas (diques de piedra, canales de tierra y zanjas de infiltración), hasta el mes de abril de 2022 lograron captar 52.481,21 m³, correspondiendo al 1,2% de suelo capturado del total de suelo erosionado, 0,1% más que el monitoreo de diciembre 2021. Esto debido a que se tienen muchos diques que cedieron en su estructura (derrumbaron) debido a inundaciones en la zona, por lo que el sedimento acumulado se escurrió o fugó por la base y costados. Muchos diques presentaron problemas en cuanto a su capacidad de retención por su construcción y material utilizado. Caso específico, los diques de Acocata y Jerusalén que tuvieron que ser reconstruidos y reforzados.
- Los resultados alcanzados permiten obtener una visión general de manera cualitativa y cuantitativa de la variación espacial de los sectores más susceptibles en la erosión hídrica de la microcuenca, constituyéndose en un instrumento de gestión fundamental a partir del cual se podrá realizar la planificación y conservación de la microcuenca en materia del recurso suelo.
- Por lo señalado en los párrafos precedentes, la implementación de las medidas ancestrales debe extenderse en las zonas alta y media de la microcuenca con la finalidad de mejorar las actividades agropecuarias, esto reducirá de gran manera la sedimentación y colmatación de cursos de ríos, previniendo las inundaciones. Considerando que la zona alta de la microcuenca tiene implementadas terrazas precolombinas, es necesario reforzar, fortalecer y reconstruir, en muchos casos, las estructuras de estas, pues se constituye en una base de la agricultura familiar para la seguridad alimentaria.
- De no implementarse las medidas ancestrales, será necesario incrementar los trabajos de dragado del río y otras obras civiles en la zona baja de la cuenca, incidiendo en los costos y presupuestos que son cada vez más escasos, se acentuará el deterioro de los ecosistemas, se perjudicará la capacidad de uso del suelo, la rentabilidad de las actividades económicas de la microcuenca y la calidad de vida de la población.
- El potencial de réplica de las medidas ancestrales para el control de sedimentos es alto debido a su larga data de aplicación en distintos pisos ecológicos (altoandino, puna árida y semiárida) del sistema TDPS. Para la reforestación o revegetación, con fines de protección de la microcuenca, se deberá utilizar especies arbustivas



- nativas/endémicas como la thola (*Parastrephia lepydophyla*) principalmente; también se podría utilizar la kishuara (*Buddleja sp.*) y la keñua (*Polylepis sp.*).
- Se observó una amplia participación de las mujeres en el ámbito organizativo; ellas perciben que ahora se las toma más en cuenta en las comunidades; sin embargo, en la toma de decisiones aún no se dan condiciones igualitarias en muchos casos debido a la tenencia y propiedad de la tierra. La participación en términos igualitarios principalmente se da en la implementación de tecnologías y prácticas de uso, manejo, protección y conservación de los recursos naturales y, por ende, su acceso a los recursos económicos y productivos.
- El rol de las mujeres integrantes en los organismos de gestión de cuencas se traduce en una mayor visión organizativa y mayor conocimiento de las necesidades de agua, salud y alimentación de la comunidad y la familia. El acceso de las mujeres a la capacitación sigue siendo un reto, por ello, el involucramiento de las mujeres que son usuarias potenciales del recurso y deben tomar decisiones en este sentido, es totalmente decisivo.
- Es importante entender, como lección aprendida, que sin la participación y contraparte de la gente es difícil la implementación de acciones, es así que se deben tomar en cuenta que las comunidades a intervenir como réplicas deben tener población numerosa y activa.
- Los resultados inicialmente promisorios que ha logrado el OGC permite rescatar lecciones y aprendizajes que dejan claro que vale la pena invertir esfuerzos y recursos en la conformación y funcionamiento de los OGC, y que esta instancia es viable y sostenible.
- La legitimidad otorgada por las organizaciones, instancias y gobiernos locales y la apropiación y sustento consciente de la población de la microcuenca son elementos claves para la sostenibilidad del OGC.
- Es fundamental el compromiso directo y el liderazgo del gobierno municipal y el OGC, ya que esto motiva a los demás actores a participar para sentirse respaldados legal, política e institucionalmente.
- Los miembros del OGC deben tener bien claro su rol. Solo de esta manera pueden responsabilizarse de las acciones que les son encomendadas en el tiempo. Se debe tener en cuenta que el empoderamiento de los miembros del OGC depende del fortalecimiento de las capacidades y de conocimientos, sobre todo de la gestión y manejo de la microcuenca. Entre mayores capacidades se generen, mayores resultados se reflejarán en las decisiones y en el deseo de poner en práctica sus conocimientos, lo cual será una motivación permanente.
- La difusión y comunicación es fundamental para que las experiencias se conozcan y se favorezca el escalamiento en la microcuenca y en otras microcuencas. El reconocimiento de las acciones implementadas es un factor que ayuda a fortalecer cualquier estructura, ya que sirve de motivación, estímulo y como modelo para réplicas en otros sitios.
- El involucramiento de entidades académicas y de investigación es vital para generar agendas de investigación-acción contextualizadas y que respondan a las necesidades de las comunidades y los ecosistemas.



VI. RECOMENDACIONES

- Con respecto al análisis de la cobertura, tomando en cuenta el NDVI, se tiene muy poca cobertura vegetal superficial en la parte alta de la microcuenca, limitándose una buena cobertura a pequeñas áreas en fondos de valle. Las partes altas, que de por sí son susceptibles a degradación al estar desprovistas de cobertura vegetal, son vulnerables a la erosión hídrica y eólica. Se recomienda que, entre las prácticas a implementarse, como replicas, se tome en cuenta la reforestación con especies arbustivas, gramíneas (forrajeras) y arbóreas, para que el suelo esté protegido y no desnudo.
- En relación a las condiciones topográficas, la pendiente provee un panorama directo que contribuye a que, al desprendimiento de partículas de suelo, la velocidad de arrastre sea elevado y contribuya en gran medida a la erosión y posterior sedimentación en las partes bajas. Se recomienda que, por tal razón, las prácticas de manejo y conservación de suelos ancestrales se concentren en áreas de fuerte pendiente, es decir las partes altas y medias de la microcuenca.
- Por todo ello, se recomienda que la difusión y réplicas de manejo y conservación de suelos a través de las medidas ancestrales se implementen de manera masiva en las zonas altas y medias con prácticas diferenciadas, sitios donde inicia esta problemática local y regional que afecta en la sedimentación en las partes bajas de la microcuenca.
- Se debe concientizar a la población involucrada y a los responsables del manejo y gestión de los recursos naturales, para propiciar la conservación de estos.
- Se debe dar especial atención a corto plazo a las zonas que presentan los mayores grados de erosión, priorizando las partes altas de la microcuenca, las cuales presentan mayor susceptibilidad a la pérdida de suelo.
- A efectos de lograr la sostenibilidad de las acciones es importante que se cuente con un plan de gestión de la microcuenca considerando un cronograma claro de acciones y el presupuesto, y que este sea considerado dentro del PTDI y partidas presupuestarias del gobierno local.
- Al tratarse de comunidades transfronterizas y/o rurales en su mayoría, es necesario considerar que no siempre se contará con mano de obra local para la implementación de las medidas ancestrales, por lo que se debe prever el apoyo de otras instancias, además de maquinaria especializada. El proyecto piloto trabajó de forma coordinada con la ABC (Autoridad Boliviana de Caminos).
- Es importante la continuidad de este tipo de iniciativas con miras a un óptimo uso y manejo del suelo, con la adopción de medidas ancestrales de conservación de suelos a partir de las necesidades de cada cuenca. El éxito de la conservación de una microcuenca no está asegurado si no se garantiza la actualización periódica de la información.
- Se debe continuar involucrando a entidades de investigación para responder a las necesidades de las comunidades y los ecosistemas, y propiciar un trabajo conjunto de investigación-acción, mismo que se potenciará con el conocimiento local y científico.



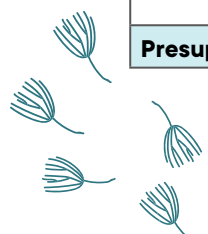


ANEXO

Fichas técnicas de las medidas ancestrales

CANALES DE TIERRA PARA CONTROL DE SEDIMENTOS

Descripción	<p>Los canales de tierra llamados también zanjas de coronación, son excavaciones que se realizan en el terreno en forma de canales de sección rectangular o trapezoidal, que se construyen a curvas de nivel para detener la escorrentía de las lluvias y almacenar agua para los pastos y cultivos instalados debajo de las zanjas.</p> <p>Una función que cumple esta práctica es de acortar la longitud de la pendiente, disminuyendo de esta manera los riesgos de grandes escorrentías, que causan erosión en surco, y que se producen en las laderas durante la época de lluvias. Otra función importante es detener o depositar el agua de escorrentía de las laderas favoreciendo su infiltración en el terreno para mantener la humedad en beneficio de pastos y plantaciones forestales.</p>																	
Justificación	<p>En base a:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Diagnóstico. De acuerdo con la información presentada anteriormente, existe voluntad de trabajar en proyectos de control de erosión hídrica en surcos. La comunidad de Acocata ha priorizado la implementación de zanjas de coronación con arbustos nativos de thola y paja brava considerando que es parte de la zona alta y tiene presencia de ríos con arrastre de sedimentos; además, se observa el origen sedimentario de la zona, principalmente conformado por piedra caliza y otras rocas sedimentarias, las cuales presentan baja dureza con presencia de suelos calcáreos y con abundante presencia de turberas, producto de la glaciación. ▶ Estudio de sedimentos y análisis físico-químicos de calicatas. La comunidad de Acacota presenta suelos con textura entre franco a franco arcilloso arenoso a una profundidad de 1,7 metros, suelos moderadamente permeables y con presencia de carbonatos en los dos primeros horizontes, una densidad aparente que va de 1,1 a 1,37 g/cm³, un pH básico de 8,73 a 9,02, por lo cual son suelos no salinos, también presenta elevada cantidad de fósforo (12,3 meq/g) en el tercer horizonte y altos valores de calcio (23,49 meq/g), además una saturación de bases de 97,88%. ▶ Capacidad de uso los suelos. Presenta dos tipos de suelos, Vllsic y Vllsic, caracterizados por ser suelos poco fértiles, inundables y con restricción del clima. 																	
Ubicación geográfica	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="4">Municipio de Santiago de Machaca</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Comunidad</th> <th rowspan="2">Descripción</th> <th colspan="2">Coordenada</th> </tr> <tr> <th>x</th> <th>y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Acocata</td> <td>Canal de tierra 1</td> <td>486742.3</td> <td>8104564.4</td> </tr> <tr> <td>Canal de tierra 2</td> <td>486754.1</td> <td>8104616.1</td> </tr> </tbody> </table>	Municipio de Santiago de Machaca				Comunidad	Descripción	Coordenada		x	y	Acocata	Canal de tierra 1	486742.3	8104564.4	Canal de tierra 2	486754.1	8104616.1
Municipio de Santiago de Machaca																		
Comunidad	Descripción	Coordenada																
		x	y															
Acocata	Canal de tierra 1	486742.3	8104564.4															
	Canal de tierra 2	486754.1	8104616.1															
Superficie y/o volumen implementado	<p>En la implementación de los canales de tierra, se realizaron los siguientes movimientos de volumen de tierra:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 47 m de longitud, profundidad de 0,4 m y 0,7 m de ancho; del canal de tierra 1, con un movimiento de tierra de 13,16 m³. ▶ 52 m de longitud, profundidad de 0,4 m y 0,7 m de ancho; del canal de tierra 2, con un movimiento de tierra de 14,56 m³. 																	
Presupuesto	Bs. 3.616																	



Tiempo de ejecución	Municipio de Santiago de Machaca	
	Comunidad	Cantidad de días
	Acocata	1

Diseño de la práctica ancestral implementada



Fuente: informes de consultoría. Márquez, J. Practical Action, 2021.

Donde:

L: es la longitud del canal de tierra [m]

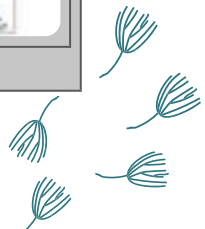
A: ancho del canal de tierra [m]

P: profundidad del canal de tierra [m]

Mapa de ubicación

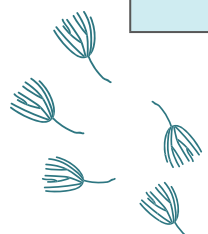


Fuente: informes de consultoría. Figueredo, H. Practical Action, 2021.



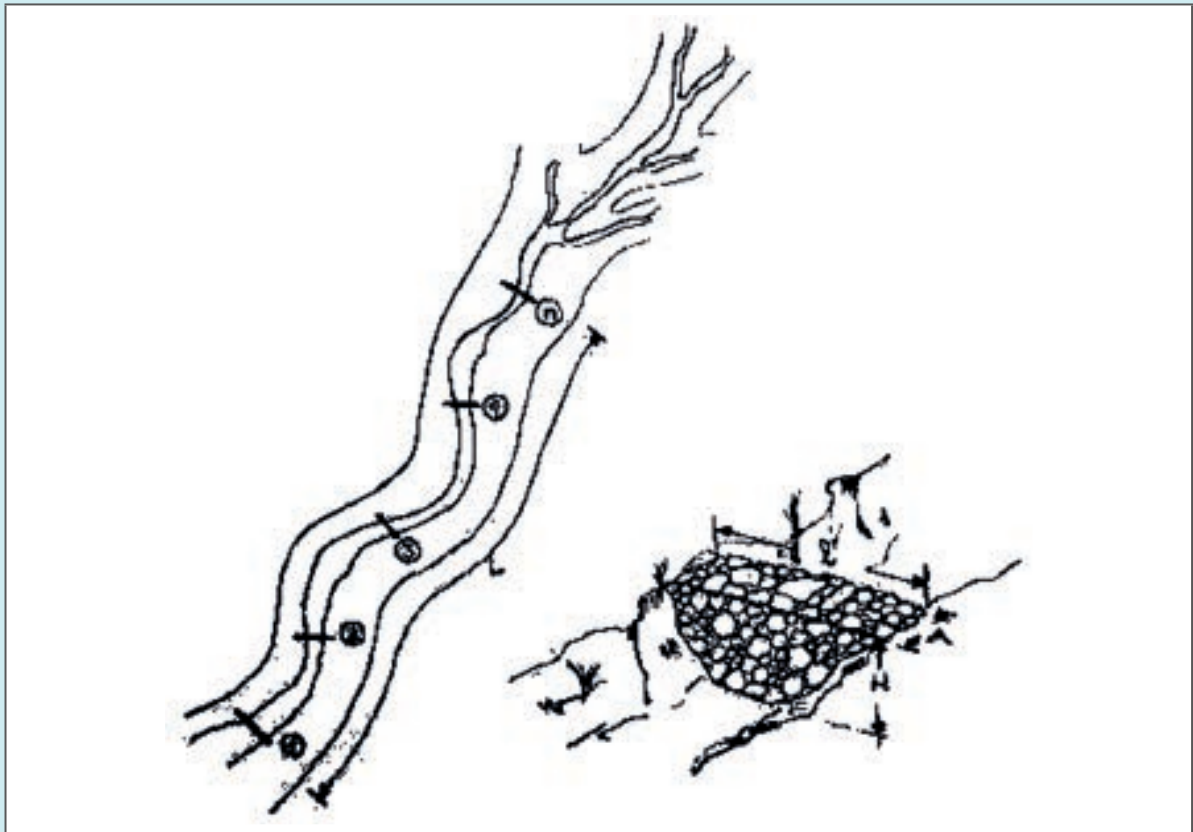
DIQUES DE PIEDRA PARA CONTROL DE SEDIMENTOS

Descripción	<p>Muros de piedra contruidos en forma de medialuna, siguiendo las curvas a nivel, para retener el agua de lluvia que forman las cárcavas, con la finalidad de reducir la velocidad de la escorrentía, detener la tierra y otros sedimentos que son arrastrados por la lluvia. La implementación de diques establece una variabilidad del diseño en base a las características morfológicas de la cárcava, dependiendo de la pendiente de esta, donde se establecen diques de mayor altura y ancho de base en la parte alta y menor altura y ancho de base en la parte baja. Por otro lado, existe una varianza en el distanciamiento entre diques considerando principalmente la pendiente de la cárcava siendo que a mayor pendiente menor será el distanciamiento entre diques y viceversa.</p> <p>Con el transcurso de los años, en esos diques se formarán terrazas fértiles donde se pueden plantar arbustos como las sewencas para amarrar y proteger el suelo, es esencial para la protección de los cursos de agua y evitar el arrastre de sedimentos.</p>																																
Justificación	<p>En base a:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Diagnóstico. Las comunidades de Chuquipujo, Acocata, Llallagua y Jerusalem priorizaron la implementación de diques de piedra para el control de cárcavas, considerando que son parte de la zona alta y media y tienen presencia de socavamientos, efecto de la erosión hídrica, además, se observa el origen sedimentario de la zona, principalmente conformado por piedra caliza y otras rocas sedimentarias de baja dureza, con presencia de suelos calcáreos y con abundante presencia de turberas, producto de la glaciación. ▶ Estudio de sedimentos y análisis fisicoquímicos de calicatas. La zona alta de la microcuenca (Acacota y Choquipujo) presentan suelos con textura entre franco a franco arcillosos arenoso a una profundidad de 1,7 metros, suelos moderadamente permeables y con presencia de carbonatos en los dos primeros horizontes, densidad aparente que va de 1,1 a 1,37 g/cm³, pH básico de 8,73 a 9,02, por lo que son suelos no salinos, también, presenta elevada cantidad de fósforo (12,3 meq/g) en el tercer horizonte y altos valores de calcio (23,49 meq/g), además una saturación de bases de 97,88%. Por otro lado, la comunidad de Llallagua presenta suelos de textura entre franco, franco arenoso a franco arcillo arenoso, con presencia de arcilla a una profundidad de 0,46 a 0,7m, con bajas densidades aparentes debido a la presencia de materia orgánica que van de 1 a 1,5 g/cm³, además de no tener presencia de salinidad y un pH de neutro a básico (7,1 – 8,95), elevada cantidad de fósforo (34,2 meq/g) y calcio (5,46 – 14,18 meq/g), baja capacidad de intercambio catiónico (8,89 a 21,45 meq/g), saturación de bases de 98,83 %. La zona media, específicamente la comunidad de Jerusalem, presenta un suelo de textura entre franco arenoso a franco arcilloso, con presencia de arcilla a una profundidad de 1,31 m, densidad aparente de 1,3 a 1,5 g/cm³ debido a la presencia de materia orgánica, los suelos presentan un pH básico de 7,96 – 8,69, suelos no salinos, con cantidad elevada de fósforo (11,1 – 19,4 meq/g) y calcio (14,56 meq/g) en el horizonte mesopropundo, baja capacidad de intercambio catiónico (9,59 a 19,84 meq/g) y saturación de bases de 98%. ▶ Capacidad de uso los suelos. La zona alta está conformada por suelos VIIsec, caracterizada por suelos pobres, con alta erosión hídrica y restricción de clima, presentando una cobertura de 35%, este tipo de suelo se encuentran las comunidades de Llallagua y Chuquipujo. La zona media presenta dos tipos de suelos, VIIsic y VIIIsic, caracterizados por suelos poco fértiles, inundables y con restricción del clima, con una cobertura del 25% del total de la cuenca, encontrándose en las comunidades de Acocata. 																																
Ubicación geográfica	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="background-color: #004a7c; color: white;">Municipio de San Andrés de Machaca</th> <th colspan="3" style="background-color: #004a7c; color: white;">Municipio de Santiago de Machaca</th> </tr> <tr> <th rowspan="2" style="background-color: #00838f; color: white;">Comunidad</th> <th colspan="2" style="background-color: #00838f; color: white;">Coordenada</th> <th rowspan="2" style="background-color: #00838f; color: white;">Comunidad</th> <th colspan="2" style="background-color: #00838f; color: white;">Coordenada</th> </tr> <tr> <th style="background-color: #00838f; color: white;">x</th> <th style="background-color: #00838f; color: white;">y</th> <th style="background-color: #00838f; color: white;">x</th> <th style="background-color: #00838f; color: white;">y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3" style="background-color: #e6f2f8; vertical-align: middle;">Jerusalén</td> <td rowspan="3" style="background-color: #e6f2f8; vertical-align: middle;">496214,6</td> <td rowspan="3" style="background-color: #e6f2f8; vertical-align: middle;">8123815,6</td> <td style="background-color: #e6f2f8;">Chuquipujo</td> <td style="background-color: #e6f2f8;">473499,4</td> <td style="background-color: #e6f2f8;">8104711,7</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #e6f2f8;">Acocata</td> <td style="background-color: #e6f2f8;">486784,7</td> <td style="background-color: #e6f2f8;">8104610,2</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #e6f2f8;">Llallagua</td> <td style="background-color: #e6f2f8;">460867,1</td> <td style="background-color: #e6f2f8;">8090875,2</td> </tr> </tbody> </table>					Municipio de San Andrés de Machaca			Municipio de Santiago de Machaca			Comunidad	Coordenada		Comunidad	Coordenada		x	y	x	y	Jerusalén	496214,6	8123815,6	Chuquipujo	473499,4	8104711,7	Acocata	486784,7	8104610,2	Llallagua	460867,1	8090875,2
Municipio de San Andrés de Machaca			Municipio de Santiago de Machaca																														
Comunidad	Coordenada		Comunidad	Coordenada																													
	x	y		x	y																												
Jerusalén	496214,6	8123815,6	Chuquipujo	473499,4	8104711,7																												
			Acocata	486784,7	8104610,2																												
			Llallagua	460867,1	8090875,2																												



Superficie y/o volumen implementado	La implementación de la acción de construcción de diques de piedra, requirieron los siguientes volúmenes de piedra, según las características de las cárcavas: ▶ Chuquipujo: 20 m ³ de piedra ▶ Acocata: 7 m ³ de piedra ▶ Llallagua: 15 m ³ de piedra ▶ Jerusalem: 10 m ³ de piedra			
Presupuesto (detalle por comunidad)	Bs. 11.769,40 Chuquipujo Bs. 4.428 Acocata Bs. 6.039,80 Llallagua Bs. 8.121 Jerusalem			
Tiempo de ejecución por comunidad	Municipio de San Andrés de Machaca		Municipio de Santiago de Machaca	
	Comunidad	Cantidad de días	Comunidad	Cantidad de días
	Jerusalén	2	Chuquipujo	3
			Acocata	1
Llallagua			1	

Diseño de la medida ancestral implementada

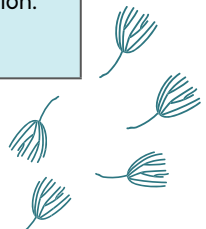


Donde:

- L:** es la longitud de la cárcava [m]
- n:** número de diques de piedra implementados en la cárcava
- l:** es la longitud del dique de piedra [m]
- A:** ancho del dique de piedra [m]
- H:** altura del dique de piedra [m]

Las piedras que se utilizaron fueron recolectadas en cada comunidad y reunían las siguientes características:

- ▶ De buena calidad, estructura homogénea durable y de buen aspecto.
- ▶ Libre de defectos que afecten su estructura, sin grietas y exenta de planos de fractura y de desintegración.
- ▶ Libre de arcillas, aceites y sustancias adheridas o incrustadas.
- ▶ No tenían presencia de compuestos orgánicos perjudiciales a las rocas.



Comunidad de Jerusalén



Comunidad de Acocata



Comunidad de Chuquipujo



Comunidad de Llallagua



Mapa de ubicación



Diques de Piedra para Control de Sedimentos (Com. Choquepujo)

LEYENDA

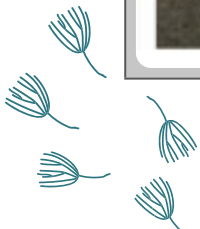
- Diques de piedra
- Comunidades
- Capitales Municipales
- Cuenca hidrográfica
- Cursos de agua:
 - Principal o Canchales
 - Secundario o Venial

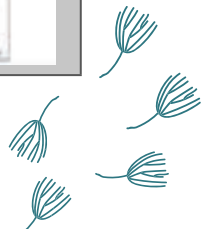
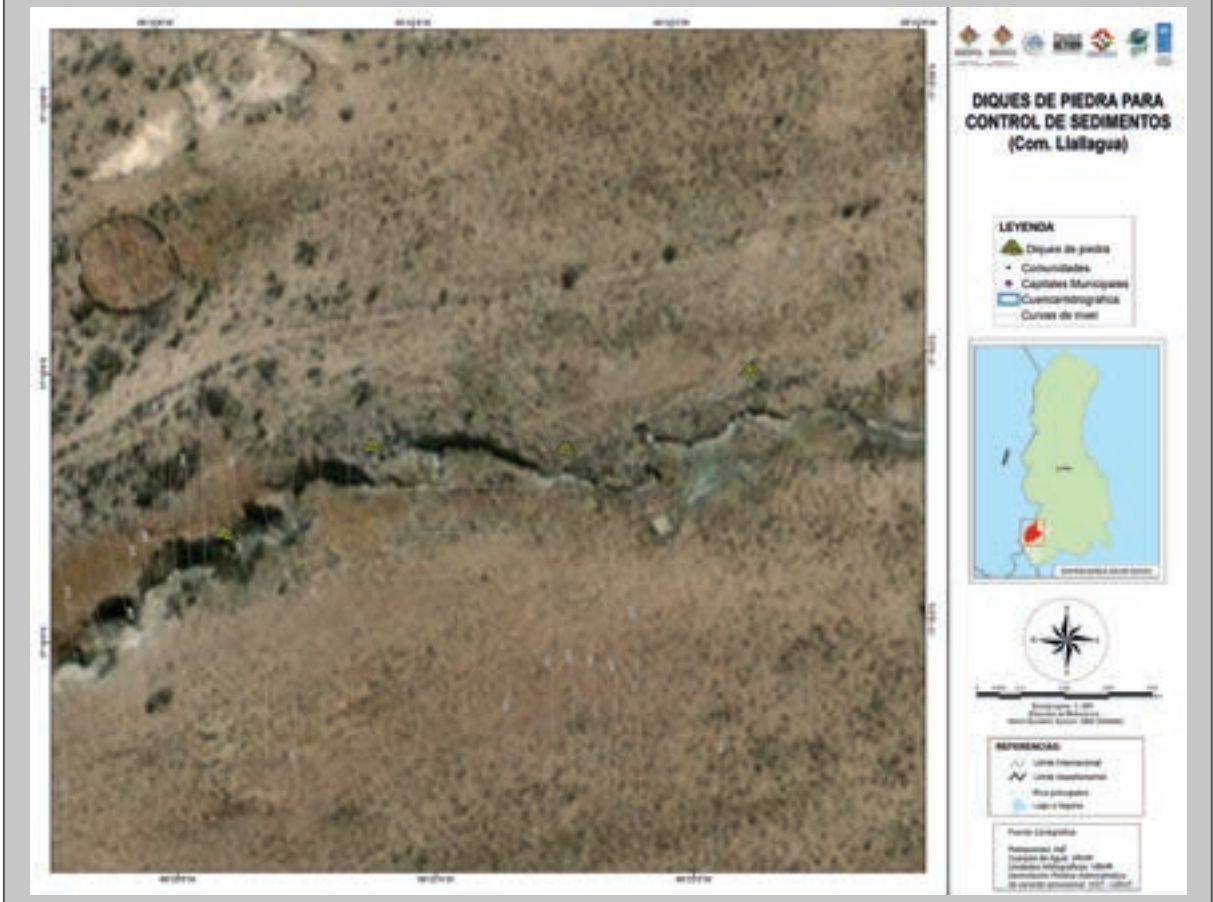
REFERENCIAS:

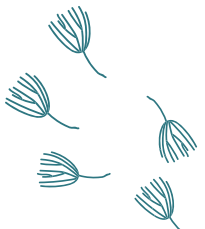
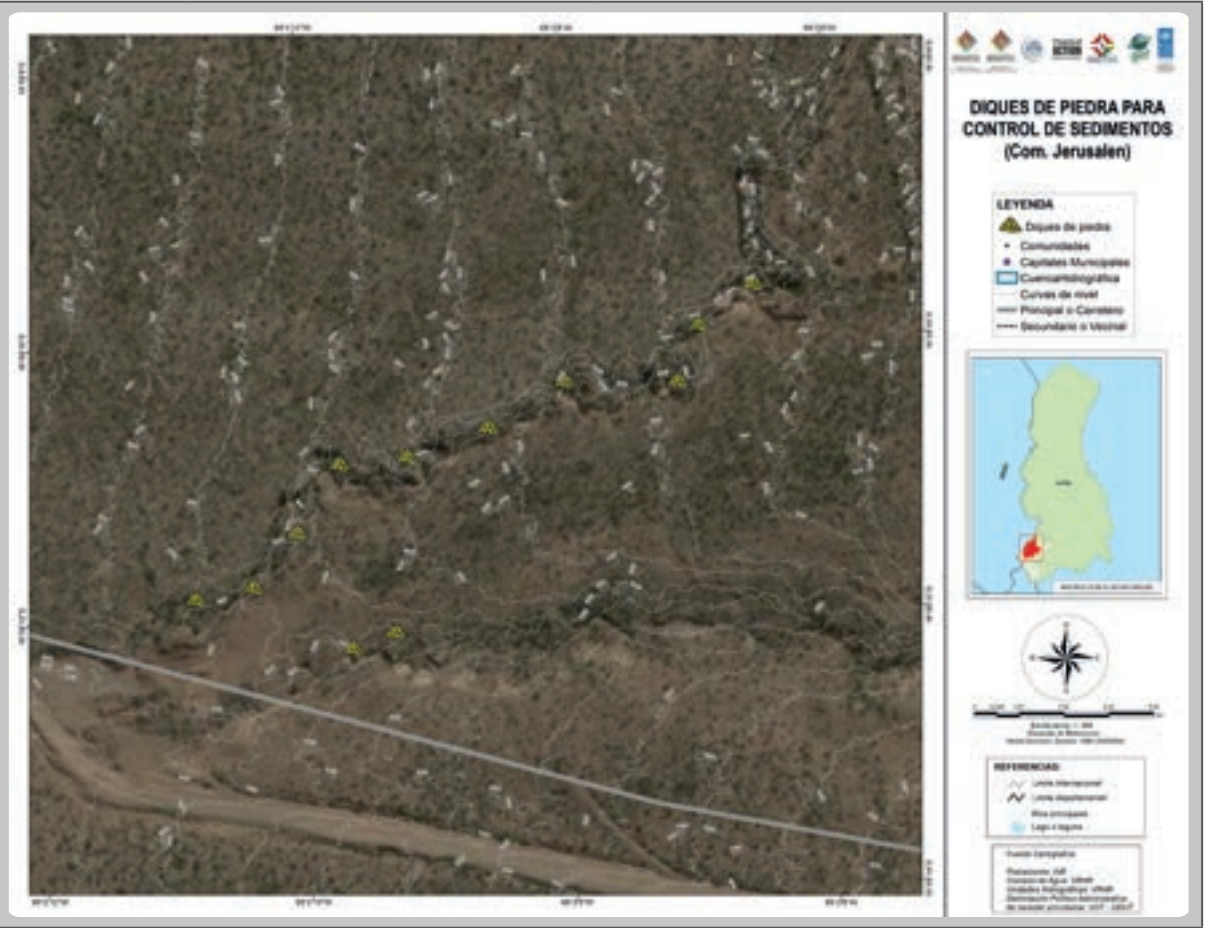
- Linea hidrográfica
- Linea de contorno
- Rio principal
- Rio Venial

Mapa de ubicación:

Provincia de Chuquisaca
Municipio de Choquepujo

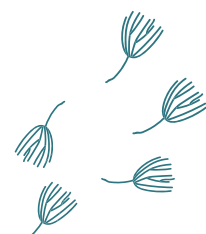




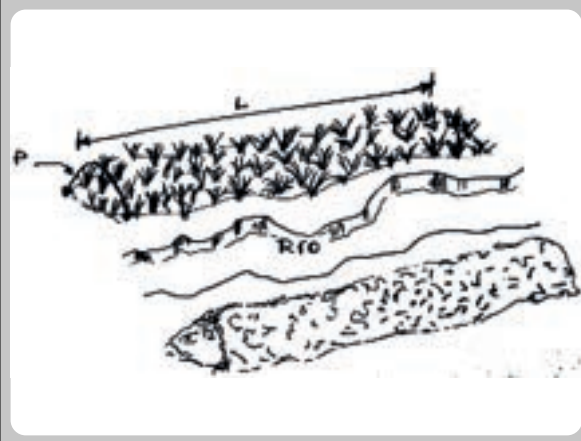


REVEGETACIÓN NATURAL PARA CONTROL DE SEDIMENTOS

Descripción	La revegetación con especies nativas (<i>iru ichu</i>), permite que los camellones de tierra implementados como defensivos sobre el río Irpa, no sean erosionados por la acción del viento y de la lluvia. Además, mejora la capacidad de infiltración del suelo, el cual ayuda a que se compacten los camellones de tierra y así poder prolongar vida útil de los mismos.																							
Justificación	<p>En base a:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Diagnóstico. La comunidad Luna ha priorizado la implementación de zanjas de coronación con arbustos nativos de thola y paja brava, para el control de erosión en surcos, considerando que es parte de la zona alta y tiene presencia de ríos con arrastre de sedimentos, efecto de la erosión hídrica, además, se observa el origen sedimentario de la zona, principalmente conformado por piedra caliza y otras rocas sedimentarias que presentan baja dureza, suelos calcáreos y abundante presencia de turberas, producto de la glaciación. ▶ Estudio de sedimentos y análisis fisicoquímicos de calicatas. La comunidad presenta suelos con textura entre franco a franco arcillosos arenoso a una profundidad de 1,7 metros, suelos moderadamente permeables y con presencia de carbonatos en los dos primeros horizontes, densidad aparente que va de 1,1 a 1,37 g/cm³, pH básico de 8,73 a 9,02, por lo cual son suelos no salinos, elevada cantidad de fósforo (12,3 meq/g) en el tercer horizonte y altos valores de calcio (23,49 meq/g), además una saturación de bases de 97,88%. ▶ Capacidad de uso de suelos. La zona media presenta dos tipos de suelos, Vllsic y Vllsic, caracterizados por ser poco fértiles, inundables y con restricción del clima, con una cobertura del 25% del total de la cuenca. 																							
Ubicación geográfica	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="background-color: #003366; color: white; text-align: center;">Municipio de San Andrés de Machaca</th> </tr> <tr> <th rowspan="2" style="background-color: #0099cc; color: white;">Comunidad</th> <th rowspan="2" style="background-color: #0099cc; color: white;">Descripción</th> <th colspan="2" style="background-color: #0099cc; color: white;">Coordenada</th> </tr> <tr> <th style="background-color: #0099cc; color: white;">x</th> <th style="background-color: #0099cc; color: white;">y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3" style="background-color: #e6f2ff;">Luna</td> <td style="background-color: #e6f2ff;">Área de revegetación 1</td> <td style="background-color: #e6f2ff;">484890.7</td> <td style="background-color: #e6f2ff;">8122495.8</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #e6f2ff;">Área de revegetación 2</td> <td style="background-color: #e6f2ff;">484852.6</td> <td style="background-color: #e6f2ff;">8122530.6</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #e6f2ff;">Área de revegetación 3</td> <td style="background-color: #e6f2ff;">496255.3</td> <td style="background-color: #e6f2ff;">8123835.4</td> </tr> </tbody> </table>				Municipio de San Andrés de Machaca				Comunidad	Descripción	Coordenada		x	y	Luna	Área de revegetación 1	484890.7	8122495.8	Área de revegetación 2	484852.6	8122530.6	Área de revegetación 3	496255.3	8123835.4
Municipio de San Andrés de Machaca																								
Comunidad	Descripción	Coordenada																						
		x	y																					
Luna	Área de revegetación 1	484890.7	8122495.8																					
	Área de revegetación 2	484852.6	8122530.6																					
	Área de revegetación 3	496255.3	8123835.4																					
Superficie y/o volumen implementado	<p>La implementación de la acción se realizó en las siguientes tres áreas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Área de revegetación 1: 159 m² ▶ Área de revegetación 2: 210 m² ▶ Área de revegetación 3: 345.1 m² 																							
Presupuesto	Bs. 7,872																							
Tiempo de ejecución	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #003366; color: white; text-align: center;">Municipio de San Andrés de Machaca</th> </tr> <tr> <th style="background-color: #0099cc; color: white;">Comunidad</th> <th style="background-color: #0099cc; color: white;">Cantidad de días</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #e6f2ff;">Luna</td> <td style="background-color: #e6f2ff;">2</td> </tr> </tbody> </table>				Municipio de San Andrés de Machaca		Comunidad	Cantidad de días	Luna	2														
Municipio de San Andrés de Machaca																								
Comunidad	Cantidad de días																							
Luna	2																							



Diseño de la práctica ancestral implementada

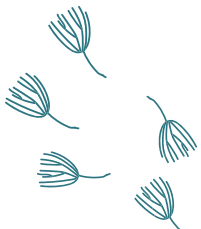
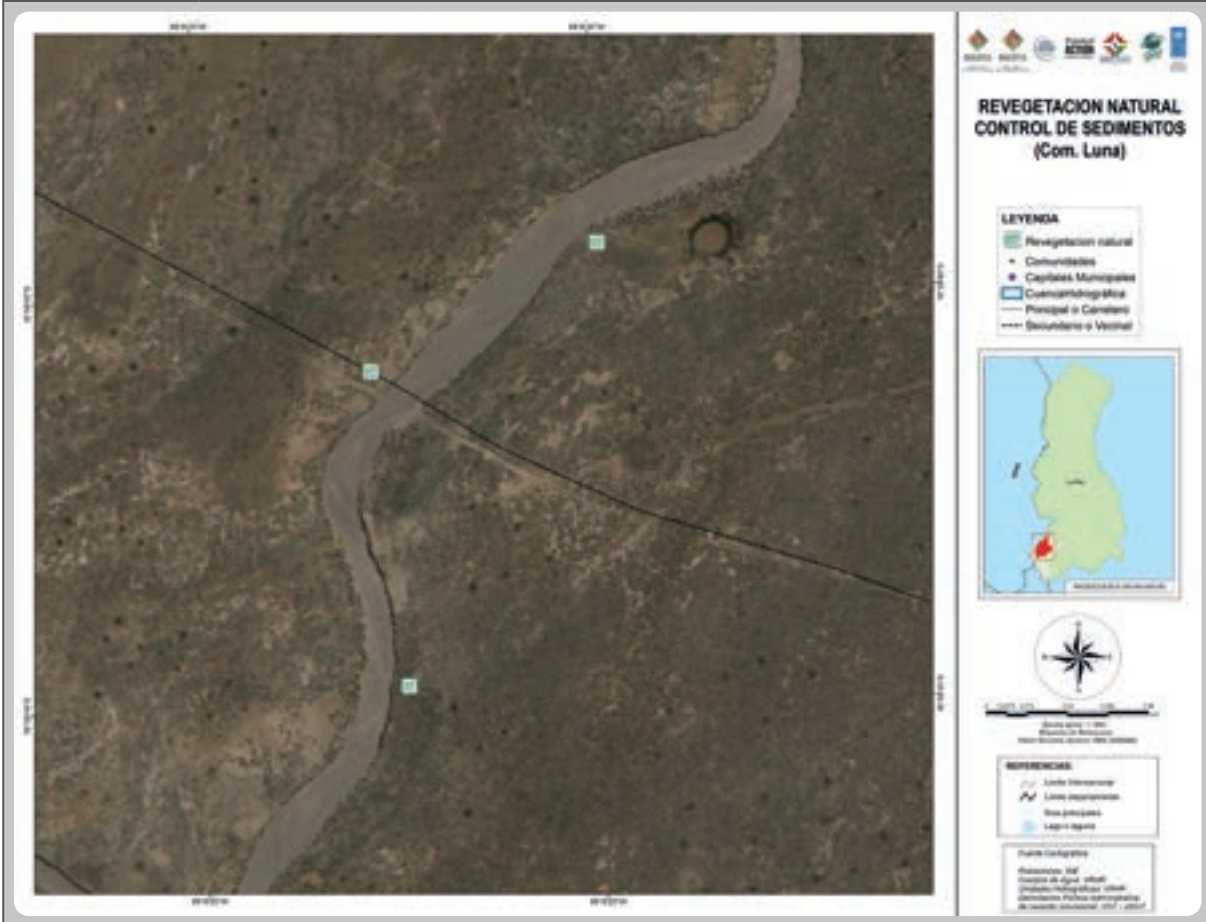


Donde:

L: es la longitud del camellón de tierra [m]

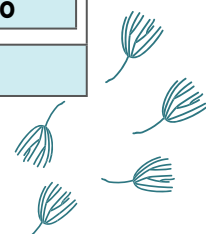
P: longitud de arco del camellón de tierra [m]

Mapa de ubicación



FORESTACIÓN

Descripción	Son acciones para cosecha de agua y reducción de arrastre de sedimento en la parte media y alta de la microcuenca Jach'a Mauri con especies; queñua (<i>Polylepis</i>), Kiswara (<i>Buddleja curiacéa</i>) y Sewenka (<i>Cortaderia selloana</i>). Su objetivo es preservar bofedales mediante la estabilización del suelo (erosión) y la captura de vapor de agua.																																																	
Justificación	<p>En base a:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Diagnóstico. De acuerdo con la valoración y la necesidad de reforzar las tecnologías implementadas en las zonas media y alta de la microcuenca, además de la voluntad de las comunidades de trabajar en proyectos de control de erosión. Las comunidades Janko Jake, Llallagua, Choquepujo y San Juan de Rosapata, han trasplantado especies adaptables y con impacto en la reducción de erosión. En la zona se observa el origen sedimentario, principalmente conformado por piedra caliza y otras rocas sedimentarias que presentan baja dureza, suelos calcáreos y abundante presencia de turberas, producto de la glaciación. ▶ Capacidad de uso de los suelos. En esta zona se evidencian áreas productivas que necesitan protegerse de escurrimientos, erosión hídrica y laminar y arrastre de sedimentos. Esta práctica ayudará a captar agua por infiltración en los canales para que puedan ser utilizados por las áreas productivas o alimentar humedales, preservándolos. 																																																	
Ubicación geográfica	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Municipio de Santiago de Machaca</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Comunidad</th> <th colspan="2">Coordenada</th> </tr> <tr> <th>x</th> <th>y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Janko Jake</td> <td>473981,14</td> <td>8105588,71</td> </tr> <tr> <td>Janko Jake</td> <td>473984,23</td> <td>8105586,53</td> </tr> <tr> <td>Llallagua</td> <td>460875,68</td> <td>8090848,88</td> </tr> <tr> <td>Llallagua</td> <td>460865,62</td> <td>8090903,87</td> </tr> <tr> <td>Chuquipujo</td> <td>473363,42</td> <td>8104716,98</td> </tr> <tr> <td>Chuquipujo</td> <td>473412,63</td> <td>8104803,25</td> </tr> <tr> <td>San Juan de Rosa Pata</td> <td>466505,40</td> <td>8112618,39</td> </tr> <tr> <td>San Juan de Rosa Pata</td> <td>466516,18</td> <td>8112641,53</td> </tr> </tbody> </table>	Municipio de Santiago de Machaca			Comunidad	Coordenada		x	y	Janko Jake	473981,14	8105588,71	Janko Jake	473984,23	8105586,53	Llallagua	460875,68	8090848,88	Llallagua	460865,62	8090903,87	Chuquipujo	473363,42	8104716,98	Chuquipujo	473412,63	8104803,25	San Juan de Rosa Pata	466505,40	8112618,39	San Juan de Rosa Pata	466516,18	8112641,53																	
Municipio de Santiago de Machaca																																																		
Comunidad	Coordenada																																																	
	x	y																																																
Janko Jake	473981,14	8105588,71																																																
Janko Jake	473984,23	8105586,53																																																
Llallagua	460875,68	8090848,88																																																
Llallagua	460865,62	8090903,87																																																
Chuquipujo	473363,42	8104716,98																																																
Chuquipujo	473412,63	8104803,25																																																
San Juan de Rosa Pata	466505,40	8112618,39																																																
San Juan de Rosa Pata	466516,18	8112641,53																																																
Superficie y/o volumen implementado	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">N°</th> <th rowspan="2">Municipio</th> <th rowspan="2">Comunidad</th> <th colspan="3">Plantines</th> </tr> <tr> <th>Especie</th> <th>Cantidad</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">1</td> <td rowspan="2">Santiago de Machaca</td> <td rowspan="2">Llallagua</td> <td>Kiswara</td> <td>50</td> <td rowspan="2">100</td> </tr> <tr> <td>Queñua</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">2</td> <td rowspan="2">Santiago de Machaca</td> <td rowspan="2">Chuquipujo</td> <td>Kiswara</td> <td>150</td> <td rowspan="2">300</td> </tr> <tr> <td>Queñua</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">3</td> <td rowspan="3">Santiago de Machaca</td> <td rowspan="3">San Juan de Rosa Pata</td> <td>Sewuena</td> <td>100</td> <td rowspan="3">300</td> </tr> <tr> <td>Kiswara</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>Queñua</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">4</td> <td rowspan="2">Santiago de Machaca</td> <td rowspan="2">Janko Jake</td> <td>Kiswara</td> <td>50</td> <td rowspan="2">100</td> </tr> <tr> <td>Queñua</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td colspan="5">Total</td> <td>800</td> </tr> </tbody> </table>	N°	Municipio	Comunidad	Plantines			Especie	Cantidad	Total	1	Santiago de Machaca	Llallagua	Kiswara	50	100	Queñua	50	2	Santiago de Machaca	Chuquipujo	Kiswara	150	300	Queñua	150	3	Santiago de Machaca	San Juan de Rosa Pata	Sewuena	100	300	Kiswara	50	Queñua	150	4	Santiago de Machaca	Janko Jake	Kiswara	50	100	Queñua	50	Total					800
N°	Municipio				Comunidad	Plantines																																												
		Especie	Cantidad	Total																																														
1	Santiago de Machaca	Llallagua	Kiswara	50	100																																													
			Queñua	50																																														
2	Santiago de Machaca	Chuquipujo	Kiswara	150	300																																													
			Queñua	150																																														
3	Santiago de Machaca	San Juan de Rosa Pata	Sewuena	100	300																																													
			Kiswara	50																																														
			Queñua	150																																														
4	Santiago de Machaca	Janko Jake	Kiswara	50	100																																													
			Queñua	50																																														
Total					800																																													
Presupuesto	Bs.9,520.00																																																	

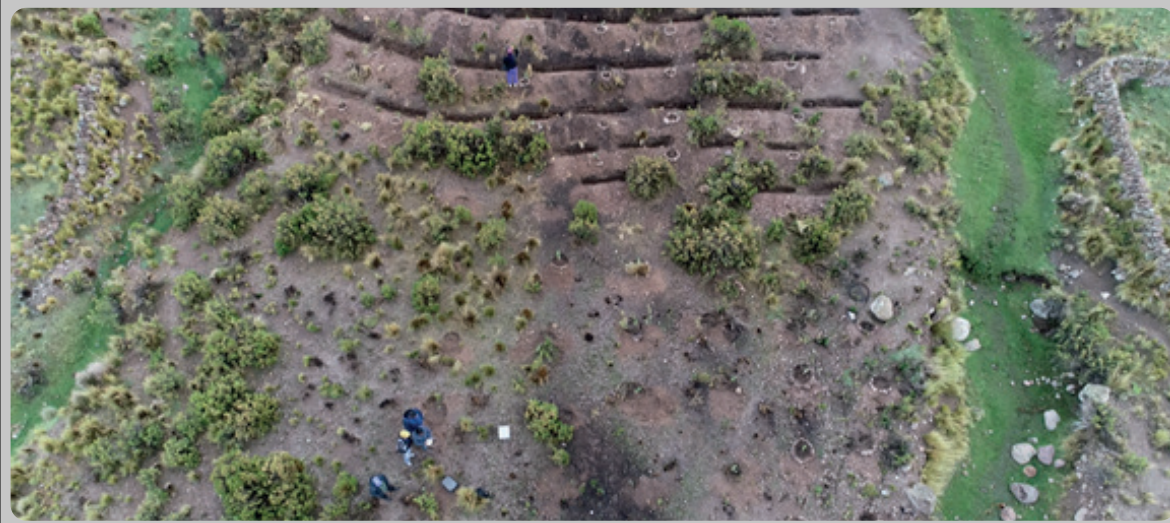


Tiempo de ejecución	Municipio de San Andrés de Machaca	
	Comunidad	Cantidad de días
	Por comunidad	1

Diseño de la práctica ancestral implementada



Distancia entre plantines: 3m
Distancia entre hileras: 3m



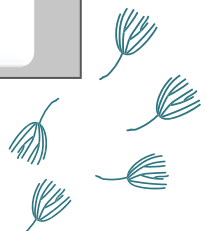
Descripción: zona reforestación combinado con zanjas de infiltración

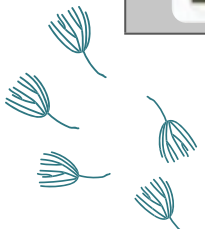


Descripción: zona reforestación combinado con diques de piedra.

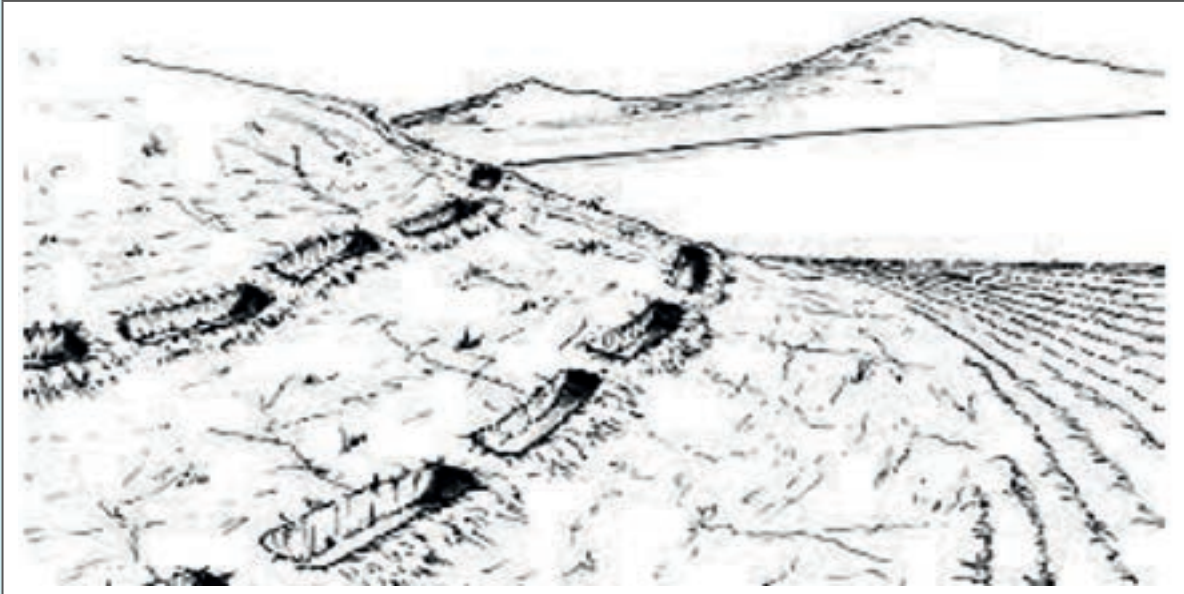


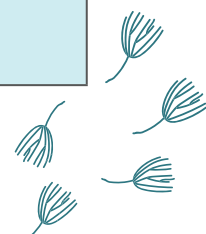
Mapa de ubicación





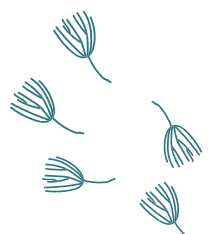
ZANJAS DE INFILTRACIÓN

Descripción	Las zanjas de infiltración son canales a manera de trincheras siguiendo las curvas de nivel, en dirección transversal a la pendiente, que tiene la función de controlar el drenaje de agua en exceso y contribuye a la conservación de suelo, en combinación con otras medidas, favoreciendo la disponibilidad de agua de las áreas productivas o vulnerables, pero sobre todo para retener el arrastre de sedimentos transportados por la escorrentía.			
Justificación	<p>En base a:</p> <ul style="list-style-type: none"> ► Diagnóstico. La comunidad de Janko Jake ha priorizado la implementación de zanjas para el control de erosión, considerando que es parte de la zona alta y tiene presencia de vertientes y ríos con arrastre de sedimentos, efecto de la erosión hídrica, además, se observa el origen sedimentario de la zona, principalmente conformado por piedra caliza y otras rocas sedimentarias que presentan baja dureza, con presencia de suelos calcáreos y con abundante presencia de turberas, producto de la glaciación. ► Capacidad de uso de los suelos. Áreas productivas que necesiten protegerse de escurrimientos, erosión hídrica y laminar, y arrastre de sedimentos. 			
Ubicación geográfica	Municipio de Santiago de Machaca			
	Comunidad	Descripción	Coordenada	
			x	y
	Janko Jake	Área de acción	17.133737	69.244125
Superficie y/o volumen implementado	La implementación de la acción se realizó en la siguiente área: Área: 1000 m ²			
Presupuesto	Bs. 2420			
Tiempo de ejecución	Municipio de San Andrés de Machaca			
	Comunidad		Cantidad de días	
	Janko Jake		2	
Diseño de la práctica ancestral implementada				
				
<p>Longitud de la zanja: 2m Ancho del canal: 0,40m Largo del paso: 0,20m Profundidad: 0,40 Distancia entre hilera de zanja: 2m</p>				





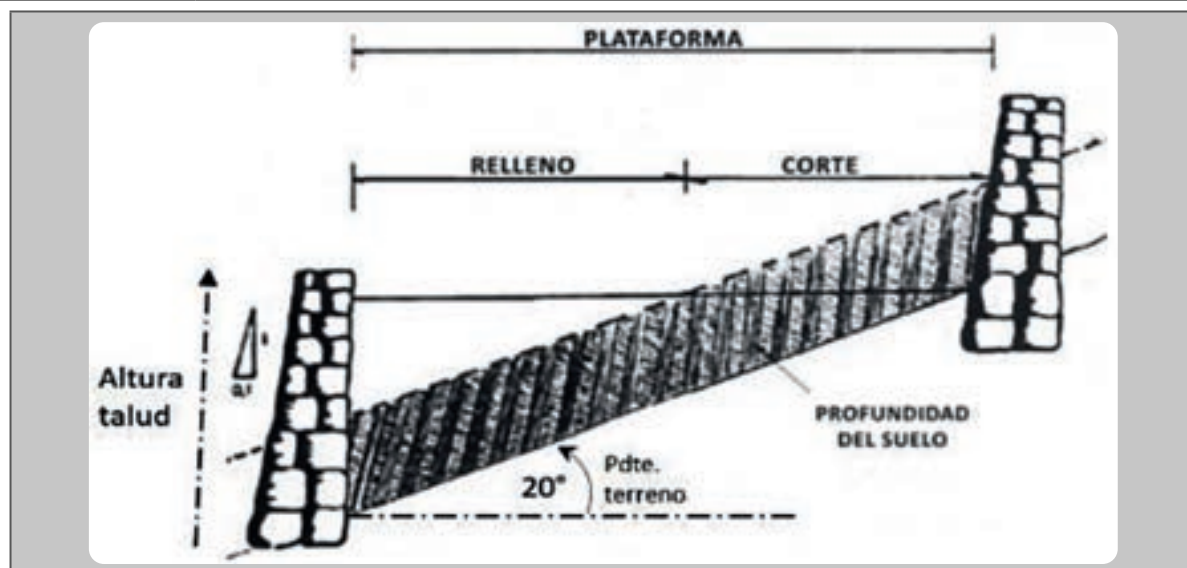
Mapa de ubicación



TERRAZAS DE FORMACIÓN LENTA

Descripción	Son muros de contención de piedra y el relleno de los espacios creados con capas de piedra pequeñas, también se pueden realizar con barreras vivas, que con el tiempo van a dar como resultado la formación de terrazas, son construidos en zonas de pendientes pronunciadas de las zonas media y alta de una cuenca o microcuenca con el objetivo de una producción agrícola sostenible.											
Justificación	En base a: <ul style="list-style-type: none"> ► Diagnóstico. La erosión de suelos es la problemática ambiental más importante en la microcuenca, siendo la erosión hídrica la más significativa en la degradación de suelos en las zonas altas y medias, generando altas pérdidas en la producción agrícola, daños en las infraestructuras, calidad de agua y el bienestar de las familias en las comunidades, llegando a amenazar la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible. ► Estudio de sedimentos y análisis fisicoquímico de calicatas. La comunidad presenta suelos con textura entre franco a franco arcillosos arenoso a una profundidad de 1,7 metros, suelos moderadamente permeables y con presencia de carbonatos en los dos primeros horizontes, con una densidad aparente de 1,1 a 1,37 g/cm³, pH básico de 8,73 a 9,02, por lo que son suelos no salinos, también presenta elevada cantidad de fósforo (12,3 meq/g) en el tercer horizonte y altos valores de calcio (23,49 meq/g), además de una saturación de bases de 97,88%. 											
Ubicación geográfica	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Municipio de Santiago de Machaca</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Comunidad</th> <th colspan="2">Coordenada</th> </tr> <tr> <th>x</th> <th>y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Itapalluni Zona Huaylluni</td> <td>468038</td> <td>8096971</td> </tr> </tbody> </table>	Municipio de Santiago de Machaca			Comunidad	Coordenada		x	y	Itapalluni Zona Huaylluni	468038	8096971
Municipio de Santiago de Machaca												
Comunidad	Coordenada											
	x	y										
Itapalluni Zona Huaylluni	468038	8096971										
Superficie y/o volumen implementado	9 terrazas construidas con un área de 7179 m ² .											
Presupuesto	Bs. 5.680,00.-											

Diseño de la práctica ancestral implementada

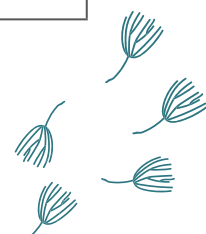


Donde:

Pendiente: 20°

Plataforma: 20m

Altura de talud: 0,80m

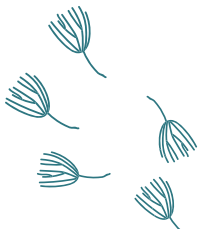
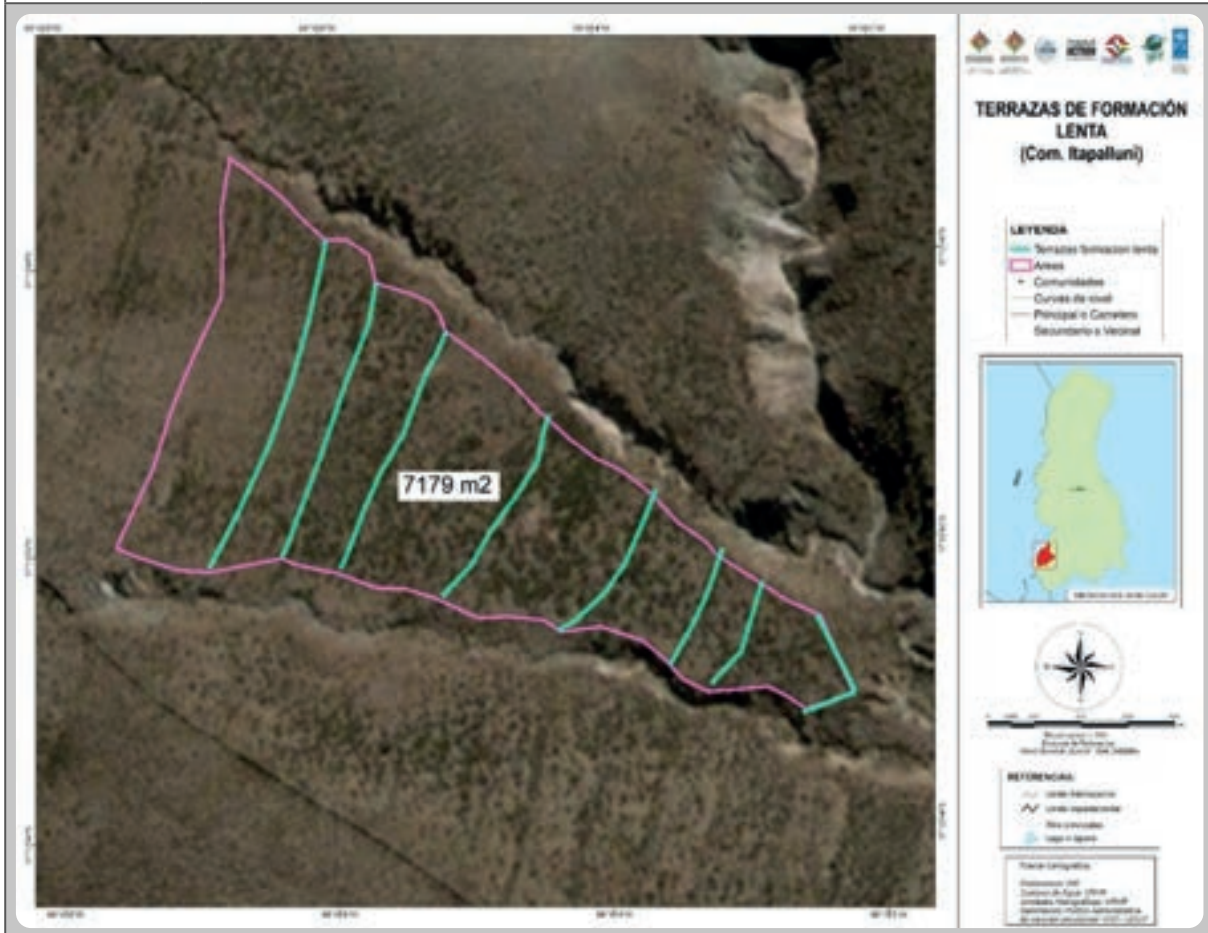


Las piedras que se utilizaron fueron acopiadas en las cercanías de la zona Huaylluni de la comunidad de Itapalluni y reunían las siguientes características:

- ▶ De buena calidad, estructura homogénea durable y de buen aspecto.
- ▶ Libre de defectos que afecten su estructura, sin grietas y exenta de planos de fractura y de desintegración.
- ▶ Libre de arcillas, aceites y sustancias adheridas o incrustadas.
- ▶ No tenían presencia de compuestos orgánicos perjudiciales a las rocas.

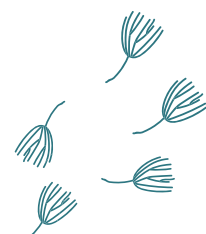


Mapa de ubicación

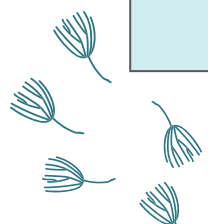


DEFENSIVOS CON CAMELONES (MONTÍCULOS DE TIERRA Y MATERIAL VEGETAL) Y REVEGETACIÓN CON PLANTAS NATIVAS

Descripción	<p>Promontorios de tierra trasladados y acomodados desde los costados del terreno hacia las orillas del río, que con el paso del tiempo, encima de los mismos van creciendo las plantas nativas, lo cual permite reforzar y dar estabilidad al camellón. Estos montículos brindan protección, en contra de los desbordes, a las áreas de pastura, corrales de ganado y a las casas de los comunarios y comunarias.</p>													
Justificación	<p>En base a:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Diagnóstico. En base a los talleres de diagnóstico y los recorridos de campo realizados, para identificar las zonas de inundación y de arrastre de sedimentos en los ríos, en las comunidades de San Andrés de Machaca y Santiago de Machaca. Se priorizo la implementación de defensivos con camellones (montículos de tierra y material vegetal) y revegetación con plantas nativas del lugar (paja brava). ▶ Estudio hidrológico y toma de muestra de sedimentos. En base al modelo hidrológico de la cuenca se obtuvieron los caudales, para diferentes periodos de retorno, en los puntos donde se realizarán las acciones en las comunidades y junto al análisis en laboratorio de los sedimentos obtenidos de los lechos de los ríos de la cuenca, servirán para el análisis de zonas inundables y la modelación de transporte de sedimentos. ▶ Caracterización fisicoquímica de suelos. Suelos de origen volcánico ígneo con horizontes discontinuos sepultados, sin presencia de carbonatos, de estructura de bloques angulares sueltas y permeabilidad moderada con densidad aparente de 1.3 a 1.7 g/cm³, pH básico con 9,65, no salino, baja presencia de N, K, Mg, bajo en P y medio en Ca, por lo que son suelos poco fértiles. ▶ Capacidad de uso. Vllswc. suelos con poca fertilidad, con textura media, con limitaciones muy severas o extremas, lo que las hacen inapropiadas para fines agropecuarios, son de topografía plana, predominantemente sepultados; se encuentran bajo la influencia de una escorrentía muy rápida, y en consecuencia son muy susceptibles a la erosión pluvial, suelos pobremente drenados. 													
Ubicación geográfica	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #003366; color: white;">Municipio Santiago de Machaca</th> <th style="background-color: #003366; color: white;">Municipio San Andrés de Machaca</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> Comunidad: Condor Amaya Coordenadas: Inicio: 482487.18; 8117621.58 Final: 482586.74; 8117530.10 </td> <td> Comunidad: Antaquirani Coordenadas: Inicio: 494255.68; 8133667.88 Final: 494189.21; 8133514.39 </td> </tr> <tr> <td> Comunidad: Arocata Coordenadas: Inicio: 487129.59; 8114054.27 Final: 487222.26; 8114171.53 </td> <td> Comunidad: Jerusalem Coordenadas: Inicio: 488571.10; 8126100.26 Final: 487916.99; 8125607.77 </td> </tr> <tr> <td> Comunidad: Auqui Amaya Coordenadas: Inicio: 487964.22; 8111624.98 Final: 487625.32; 8110636.83 </td> <td> Comunidad: Luna Coordenadas: Inicio: 485104.25; 8122686.80 Final: 484655.35; 8121714.90 </td> </tr> <tr> <td> Comunidad: Cala Cala Coordenadas: Inicio: 491331.17; 8106407.80 Final: 491458.97; 8106100.62 </td> <td> Comunidad: Huancarami Coordenadas: Inicio: 484556.99; 8121405.66 Final: 484336.77; 8120964.14 </td> </tr> <tr> <td> Comunidad: Acocata Coordenadas: Inicio: 487687.58; 8104804.51 Final: 487766.52; 8104916.44 </td> <td> Comunidad: Quelca Torre Coordenadas: Inicio: 483989.18; 8120630.94 Final: 483858.65; 8120559.68 </td> </tr> </tbody> </table>	Municipio Santiago de Machaca	Municipio San Andrés de Machaca	Comunidad: Condor Amaya Coordenadas: Inicio: 482487.18; 8117621.58 Final: 482586.74; 8117530.10	Comunidad: Antaquirani Coordenadas: Inicio: 494255.68; 8133667.88 Final: 494189.21; 8133514.39	Comunidad: Arocata Coordenadas: Inicio: 487129.59; 8114054.27 Final: 487222.26; 8114171.53	Comunidad: Jerusalem Coordenadas: Inicio: 488571.10; 8126100.26 Final: 487916.99; 8125607.77	Comunidad: Auqui Amaya Coordenadas: Inicio: 487964.22; 8111624.98 Final: 487625.32; 8110636.83	Comunidad: Luna Coordenadas: Inicio: 485104.25; 8122686.80 Final: 484655.35; 8121714.90	Comunidad: Cala Cala Coordenadas: Inicio: 491331.17; 8106407.80 Final: 491458.97; 8106100.62	Comunidad: Huancarami Coordenadas: Inicio: 484556.99; 8121405.66 Final: 484336.77; 8120964.14	Comunidad: Acocata Coordenadas: Inicio: 487687.58; 8104804.51 Final: 487766.52; 8104916.44	Comunidad: Quelca Torre Coordenadas: Inicio: 483989.18; 8120630.94 Final: 483858.65; 8120559.68	
Municipio Santiago de Machaca	Municipio San Andrés de Machaca													
Comunidad: Condor Amaya Coordenadas: Inicio: 482487.18; 8117621.58 Final: 482586.74; 8117530.10	Comunidad: Antaquirani Coordenadas: Inicio: 494255.68; 8133667.88 Final: 494189.21; 8133514.39													
Comunidad: Arocata Coordenadas: Inicio: 487129.59; 8114054.27 Final: 487222.26; 8114171.53	Comunidad: Jerusalem Coordenadas: Inicio: 488571.10; 8126100.26 Final: 487916.99; 8125607.77													
Comunidad: Auqui Amaya Coordenadas: Inicio: 487964.22; 8111624.98 Final: 487625.32; 8110636.83	Comunidad: Luna Coordenadas: Inicio: 485104.25; 8122686.80 Final: 484655.35; 8121714.90													
Comunidad: Cala Cala Coordenadas: Inicio: 491331.17; 8106407.80 Final: 491458.97; 8106100.62	Comunidad: Huancarami Coordenadas: Inicio: 484556.99; 8121405.66 Final: 484336.77; 8120964.14													
Comunidad: Acocata Coordenadas: Inicio: 487687.58; 8104804.51 Final: 487766.52; 8104916.44	Comunidad: Quelca Torre Coordenadas: Inicio: 483989.18; 8120630.94 Final: 483858.65; 8120559.68													

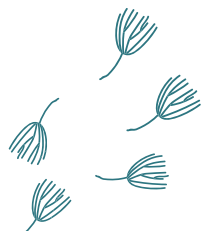
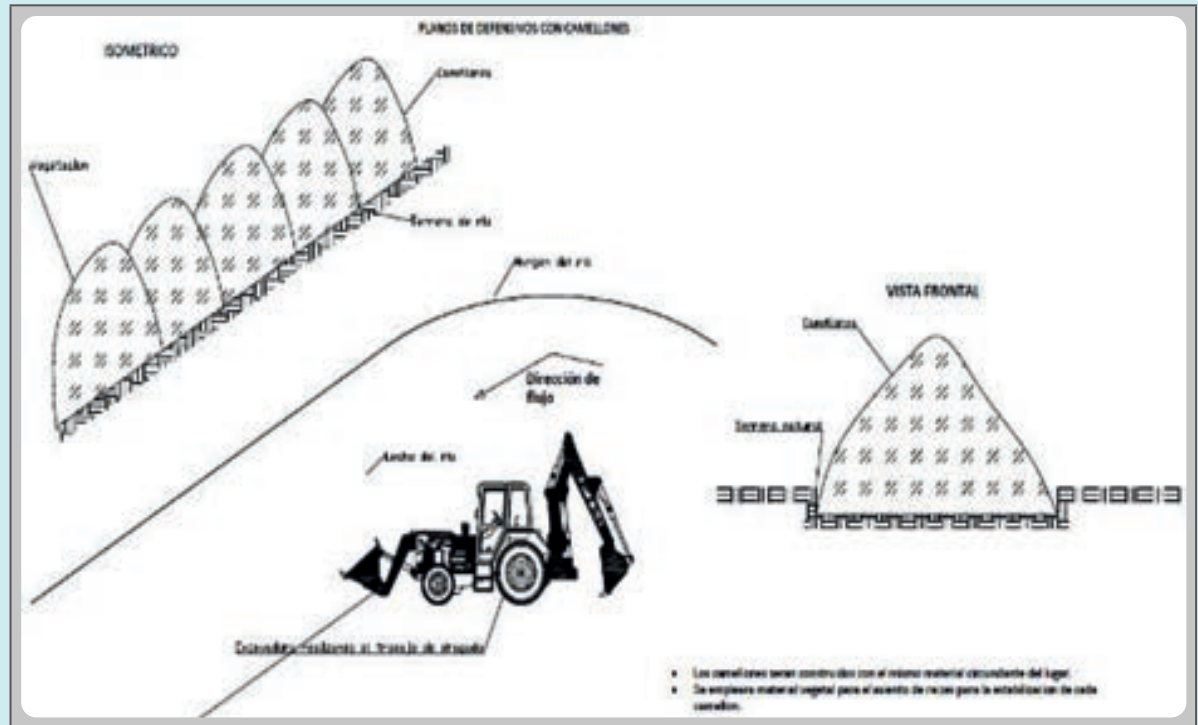


Superficie implementada	La implementación de los defensivos establece las siguientes dimensiones en metros lineales:	
	Municipio Santiago de Machaca	Municipio San Andrés de Machaca
	Comunidad: Condor Amaya Longitud: 71.50 metros Altura: 1.50 metros Base: 3.70 metros	Comunidad: Antaquirani Longitud: 104.00 metros Altura: 1.40 metros Base: 3.50 metros
	Comunidad: Arocata Longitud: 208.00 metros Altura: 1.70 metros Base: 3.40 metros	Comunidad: Jerusalem Longitud: 95.40 metros Altura: 1.50 metros Base: 3.00 metros Longitud: 52.00 metros Altura: 1.10 metros Base: 3.00 metros
	Comunidad: Auqui Amaya Longitud: 122.80 metros Altura: 1.15 metros Base: 4.10 metros Longitud: 233.50 metros Altura: 1.00 metros Base: 3.50 metros	Comunidad: Luna Longitud: 498.29 metros Altura: 1.30 metros Base: 2.50 metros
	Comunidad: Cala Cala Longitud: 168.60 metros Altura: 2.00 metros Base: 3.50 metros	Comunidad: Huancarami Longitud: 76.50 metros Altura: 1.50 metros Base: 2.80 metros Longitud: 175.70 metros Altura: 1.40 metros Base: 2.80 metros
Comunidad: Acocata Longitud: 135.00 metros Altura: 1.05 metros Base: 3.10 metros	Comunidad: Quelca Torre Longitud: 61.50 metros Altura: 1.20 metros Base: 2.10 metros Longitud: 45.50 metros Altura: 1.15 metros Base: 2.20 metros Longitud: 168.00 metros Altura: 1.20 metros Base: 2.40 metros Longitud: 158.00 metros Altura: 1.50 metros Base: 2.54 metros	
Presupuesto y costos unitarios (detalle por comunidad)	Municipio Santiago de Machaca (Comunidad)	Precio Total (Bs)
	Condor Amaya	9212.96
	Arocata	25655.61
	Auqui Amaya	29716.53
	Cala Cala	25305.66
	Acocata	10082.64
	Municipio San Andrés de Machaca (Comunidad)	Precio Total (Bs)
	Antaquirani	11615.36
	Jerusalem	13379.25
	Luna	34172.75
	Huancarami	21831.85
Quelca Torre	28792.99	

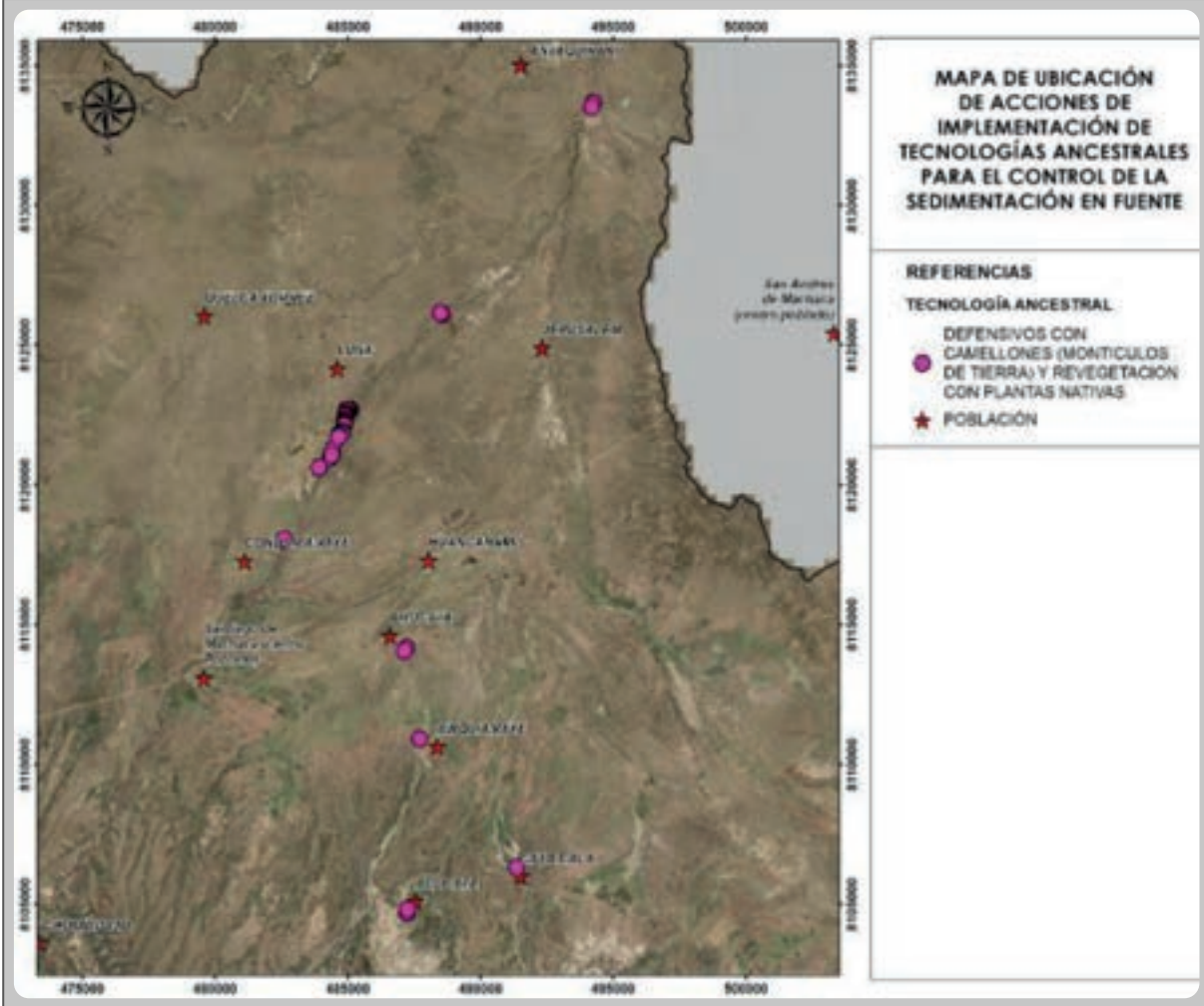


Tiempo de ejecución por comunidad	Municipio Santiago de Machaca	Municipio San Andrés de Machaca
	Comunidad Condor Amaya: 1 día	Comunidad Antaquirani: 2 días
	Comunidad Arocata: 1 día	Comunidad Jerusalen: 1 día
	Comunidad Auqui Amaya: 2 días	Comunidad Luna: 1 día
	Comunidad Cala Cala: 2 días	Comunidad Huancarami: 2 días
	Comunidad Acocata: 1 día	Comunidad Quelca Torre: 1 día

Diseño de la práctica a implementarse (plano constructivo)



Mapa de ubicación

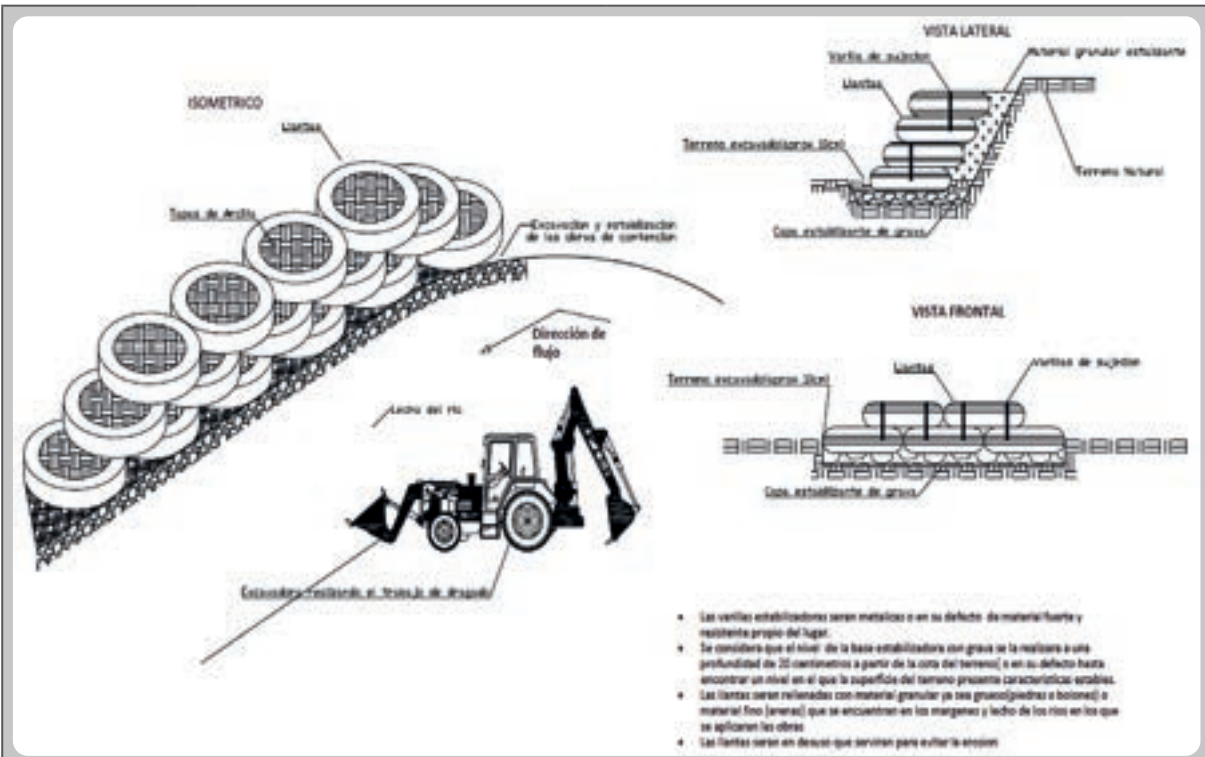


DEFENSIVOS CON MUROS DE PIEDRA REFORZADOS CON MATERIAL RECICLADO

Descripción	En la parte alta de la cuenca predominan las piedras y se evidencia la erosión de las orillas de los ríos y también el desborde, los defensivos con muros de piedra reforzados con material reciclado (llantas) evitara la erosión de las orillas de los ríos y por ende los desbordos que eran consecuencia de dicha erosión.
Justificación	<p>En base a:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Diagnóstico. En base a los talleres de diagnóstico y los recorridos de campo realizados, para identificar las zonas de inundación y de erosión en las riberas de los ríos que afectan los terrenos de las comunidades del municipio de Santiago de Machaca, se priorizó la implementación de defensivos con muros de piedra reforzados con material reciclado (llantas). La construcción del muro de llantas se realiza con tecnología accesible (no requiere de mano de obra especializada), son de fácil reparación y mantenimiento y no son costosos. Para dar cumplimiento a las acciones mencionadas, los comunarios se comprometieron a apoyar con mano de obra de local para el apilado de llantas, relleno interno de las llantas con piedras y tierra y la compactación manual del suelo dentro de las llantas. ▶ Estudio hidrológico y toma de muestra de sedimentos. En base al modelo hidrológico de la cuenca se obtuvieron los caudales, para diferentes periodos de retorno, en los puntos donde se realizarán las acciones en las comunidades y junto al análisis en laboratorio de los sedimentos obtenidos de los lechos de los ríos de la cuenca, servirán para el análisis de zonas inundables y la modelación de transporte de sedimentos. ▶ Caracterización de suelos. En la comunidad de Ichucata, el suelo presenta textura entre franco, franco arenoso a franco arcillo arenoso, presencia de arcilla a una profundidad de
Justificación	<p>0,46 a 0,7m, con bajas densidades aparentes debido a la presencia de materia orgánica de 1 a 1,5 g/cm³, presencia de carbonatos, sin presencia de salinidad, elevada cantidad de fósforo (34,2 meq/g) y calcio (5,46 – 14,18 meq/g), baja capacidad de intercambio catiónico (8,89 a 21,45 meq/g), saturación de bases de 98,83 %.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Capacidad de uso de suelos. VIIsec, la zona alta presenta suelos inapropiados para cultivos, como resultado de la baja capacidad de intercambio catiónico que indica baja habilidad de retener nutrientes, pobre en materia orgánica, pendiente ondulada de 22,8%, presencia de severa erosión hídrica debido a un drenaje pobre y problemas de inundación severa con alta susceptibilidad a la erosión pluvial y con clima desfavorable. Por lo mismo, son suelos aptos para la producción forestal. severa y con alta susceptibilidad a la erosión pluvial.
Ubicación geográfica	<p>Comunidad: Ichucata Coordenadas: Inicio: 467780.87; 8101793.96 Final: 467807.45; 8101790.71</p>
Superficie implementada	<p>Longitud: 29.00 metros Altura: 0.91 metros Base: 0.74 metros Número de llantas: 150.00 unidades</p>
Presupuesto	Bs. 16557.78
Tiempo de ejecución	Comunidad Ichucata: 3 días

Diseño de la práctica a implementarse (plano constructivo)





Mapa de ubicación

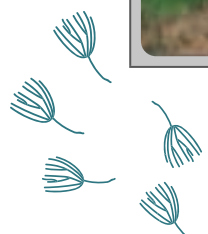


MAPA DE UBICACIÓN DE ACCIONES DE IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS ANCESTRALES PARA EL CONTROL DE LA SEDIMENTACIÓN EN FUENTE

REFERENCIAS

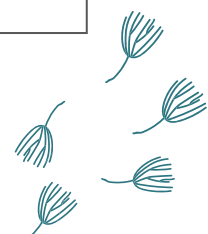
TECNOLOGÍA ANCESTRAL

DEFENSIVOS CON MUROS DE PIEDRA REFORZADOS CON MATERIAL RECICLADO (LLANTAS)

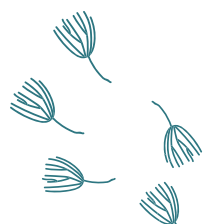


DEFENSIVOS CON TIERRA Y SACOS DE ARENA

Descripción	<p>En la parte media y baja de la cuenca donde predominan las arenas, sobre todo en los lechos de los ríos y la probabilidad de desbordes es alta, los defensivos con tierra reforzados con sacos de arena y la práctica del champeo prevendrá a las zonas circundantes a los ríos de las inundaciones y de la sedimentación o lama que termina inutilizando los suelos fértiles donde crecen las plantas nativas que sirven de alimento para los ganados.</p>
Justificación	<p>En base a:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Diagnóstico. En base a los talleres de diagnóstico y los recorridos de campo realizados, para identificar las zonas de inundación y de arrastre de sedimentos en los ríos, en las comunidades de San Andrés de Machaca y Santiago de Machaca. Se priorizó la implementación de defensivos de tierra reforzados con sacos de arena y champeo para el control de las inundaciones y evitar que la lama cubra los pastizales, para dar cumplimiento a las acciones mencionadas, los comunarios se comprometieron a apoyar con mano de obra de local para el llenado y armado de los sacos de arena y la revegetación de los montículos, que recubrirán a los sacos de arena, con plantas nativas del lugar (paja brava o tholas). ▶ Estudio hidrológico y toma de muestra de sedimentos. En base al modelo hidrológico de la cuenca se obtuvieron los caudales, para diferentes periodos de retorno, en los puntos donde se realizarán las acciones en las comunidades y junto al análisis en laboratorio de los sedimentos obtenidos de los lechos de los ríos de la cuenca, servirán para el análisis de zonas inundables y la modelación de transporte de sedimentos. ▶ Caracterización de suelos. En la comunidad de <u>Jerusalén</u>, el suelo presenta una textura entre franco arenoso a franco arcilloso, presencia de arcilla a una profundidad de 1,31 m, densidad aparente de 1,3 a 1,5 g/cm³ debido a la presencia de materia orgánica, pH básico de 7,96 – 8,69, suelos no salinos, cantidad elevada de fósforo (11,1 – 19,4 meq/g) y calcio (14,56 meq/g) en el horizonte mesopropundo, baja capacidad de intercambio catiónico (9,59 a 19,84 meq/g) y saturación de bases de 98%. En la comunidad de Luna, el suelo es de origen sedimentario con horizontes de acumulación y sepultados, presencia elevada de carbonatos, estructura de bloques subangulares sueltos muy permeables, texturas de franco arcillosos a arenosos con densidad aparente de 1.2 a 1.6 g/cm³, pH ligeramente básico de 9,27, no salinos, baja presencia de N, P, K, Ca y Mg, por lo que son suelos de muy baja fertilidad. En la comunidad de <u>Huancarami y Quelca Torre</u> se tienen suelos con texturas entre franco limoso a franco a partir de los 0,94 metros de profundidad, con una permeabilidad moderadamente lento, densidad aparente de 0,8 g/cm³ en el primer horizonte a 1,3 g/cm³ en el último horizonte y con ligera presencia de carbonatos, pH neutro a básico (6,83 – 8,84) a medida que aumenta la profundidad, suelos moderadamente salinos en todos sus horizontes y moderada presencia de fósforo (19,6 meq/g), altos valores de calcio (87,04 meq/g), alta capacidad de intercambio catiónico con valores hasta 91,55 meq/gr y alta saturación de bases 99,28%. En la comunidad de <u>Condor Amaya</u>, se tiene un suelo de origen sedimentario con horizontes de acumulación y sepultados con presencia ligera de carbonatos, de estructura de bloques subangulares sueltas permeables con texturas franco a franco limoso a los 1.35 m, densidad aparente de 1.1 a 1.6 g/cm³, pH ligeramente básico de 8.9, no salinos, con baja presencia de P, N, K y Mg y elevada de Ca con 28,23; por lo que presenta baja fertilidad. En la comunidad de <u>Auqui Amaya</u>, se tiene un suelo de origen sedimentario con horizontes de acumulación y sepultados con presencia ligera de carbonatos, de estructura de bloques subangulares sueltas permeables con texturas franco a franco limoso a los 1.35 m, densidad aparente de 1.1 a 1.6 g/cm³, pH ligeramente básico de 8.9, no salinos, con baja presencia de P, N, K y Mg y elevada de Ca con 28,23; por lo que presenta baja fertilidad. En la comunidad de <u>Acocata</u>, se presentan suelos de origen sedimentario calcáreo con elevada presencia de carbonatos en horizontes superiores, con presencia de horizontes sepultados de estructura de bloques subangulares ligeramente dura a friable de texturas Franco arcillosos con densidad aparente de 1.2 a 1.4 g/cm³, pH ligeramente básico de 8,6 no salinos baja presencia de N,P,K y Mg, pero elevada cantidad de Ca con 34,04 meq/g, por lo que son suelos de baja fertilidad. En la comunidad de Cala Cala, se presentan suelos de origen sedimentario calcáreo con horizontes discontinuos sepultados de estructura de bloques angulares de permeabilidad moderada, con presencia ligera de carbonatos en los dos primeros horizontes, con texturas de franco a franco arcilloso a los 1.7 m con densidad aparente de 1.1 a 1.3 g/cm³, pH básico de 9,27, no salino, con baja presencia de P, K y Mg y elevada de Ca con 24,72 meq/g, por lo que presenta baja fertilidad.



<p>Justificación</p>	<p>► Capacidad de uso de suelos. Comunidad de <u>Jerusalen</u>: VIIsec, suelos inapropiados para cultivos por la baja capacidad de intercambio catiónico lo que indica baja habilidad de retener nutrientes, pobre en materia orgánica, pendiente ondulada de 22,8%, presencia de severa erosión hídrica debido a un drenaje pobre y alta susceptibilidad a la erosión pluvial y con clima desfavorable. Por lo mismo, son suelos aptos para la producción forestal. Comunidad de <u>Luna</u>: VIIIsic, suelos con baja fertilidad, textura gruesa, limitaciones muy severas o extremas, lo que las hacen inapropiadas para fines agropecuarios, son de topografía plana, predominantemente sepultados; se encuentran bajo la influencia de una escorrentía muy rápida, y en consecuencia son muy susceptibles a la erosión hídrica y muy susceptible a inundaciones. Comunidad de <u>Huancarami y Quelca Torre</u>: VIIIswc, suelos con baja fertilidad, con textura gruesa, con limitaciones muy severas o extremas, lo que las hacen inapropiadas para fines agropecuarios, son de topografía plana, predominantemente superficiales; se encuentran bajo la influencia de una escorrentía muy rápida, y en consecuencia son muy susceptibles a la erosión pluvial, suelos pobremente drenados con superficies pantanosas o con napa freática muy próxima a la superficie. Comunidad de <u>Condor Amaya</u>: VIIIsic, suelos con baja fertilidad, con textura gruesa, con limitaciones muy severas o extremas, lo que las hacen inapropiadas para fines agropecuarios, son de topografía plana, predominantemente sepultados; se encuentran bajo la influencia de una escorrentía muy rápida, y en consecuencia son muy susceptibles a la erosión hídrica y muy susceptible a inundaciones. Comunidad de <u>Auqui Amaya</u>: VIIIsic, suelos con baja fertilidad, con textura gruesa, con limitaciones muy severas o extremas, lo que las hacen inapropiadas para fines agropecuarios, son de topografía plana, predominantemente sepultados; se encuentran bajo la influencia de una escorrentía muy rápida, y en consecuencia son muy susceptibles a la erosión hídrica y muy susceptible a inundaciones. Comunidad de <u>Acocata</u>: VIIIsic, suelos con baja fertilidad, con textura media, con limitaciones muy severas o extremas, lo que las hacen inapropiadas para fines agropecuarios, son de topografía plana, predominantemente sepultados; se encuentran bajo la influencia de una escorrentía muy rápida, y en consecuencia son muy susceptibles a la erosión hídrica y muy susceptible a inundaciones. Comunidad de <u>Cala Cala</u>: VIII sic, suelos con baja fertilidad, con textura media, con limitaciones muy severas o extremas, lo que las hacen inapropiadas para fines agropecuarios, son de topografía plana, predominantemente sepultados; se encuentran bajo la influencia de una escorrentía muy rápida, y en consecuencia son muy susceptibles a la erosión hídrica y muy susceptible a inundaciones.</p>													
<p>Ubicación geográfica</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Municipio Santiago de Machaca</th> <th>Municipio San Andrés de Machaca</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> Comunidad: Condor Amaya Coordenadas: Inicio: 482599.81; 8118070.10 Final: 482531.02; 8117999.65 </td> <td> Comunidad: Jerusalen Coordenadas: Inicio: 487966.16; 8125715.26 Final: 487906.51 8125699.67 </td> </tr> <tr> <td> Comunidad: Auqui Amaya Coordenadas: Inicio: 487964.22; 8111624.98 Final: 487625.32; 8110636.83 </td> <td> Comunidad: Huancarami Coordenadas: Inicio: 484105.51; 8120677.72 Final: 484037.78; 8120612.10 </td> </tr> <tr> <td> Comunidad: Cala Cala Coordenadas: Inicio: 491331.17; 8106407.80 Final: 491458.97; 8106100.62 </td> <td> Comunidad: Quelca Torre Coordenadas: Inicio: 483989.18; 8120630.94 Final: 483858.65; 8120559.68 </td> </tr> </tbody> </table>	Municipio Santiago de Machaca	Municipio San Andrés de Machaca	Comunidad: Condor Amaya Coordenadas: Inicio: 482599.81; 8118070.10 Final: 482531.02; 8117999.65	Comunidad: Jerusalen Coordenadas: Inicio: 487966.16; 8125715.26 Final: 487906.51 8125699.67	Comunidad: Auqui Amaya Coordenadas: Inicio: 487964.22; 8111624.98 Final: 487625.32; 8110636.83	Comunidad: Huancarami Coordenadas: Inicio: 484105.51; 8120677.72 Final: 484037.78; 8120612.10	Comunidad: Cala Cala Coordenadas: Inicio: 491331.17; 8106407.80 Final: 491458.97; 8106100.62	Comunidad: Quelca Torre Coordenadas: Inicio: 483989.18; 8120630.94 Final: 483858.65; 8120559.68	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Municipio Santiago de Machaca</th> <th>Municipio San Andrés de Machaca</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> Comunidad: Condor Amaya Longitud: 107.00 metros Altura: 1.40 metros Base: 5.75 metros Número de sacos o yutes: 200.00 unidades </td> <td> Comunidad: Jerusalen Longitud: 81.40 metros Altura: 1.25 metros Base: 3.00 metros Número de sacos o yutes: 350.00 unidades </td> </tr> </tbody> </table>	Municipio Santiago de Machaca	Municipio San Andrés de Machaca	Comunidad: Condor Amaya Longitud: 107.00 metros Altura: 1.40 metros Base: 5.75 metros Número de sacos o yutes: 200.00 unidades	Comunidad: Jerusalen Longitud: 81.40 metros Altura: 1.25 metros Base: 3.00 metros Número de sacos o yutes: 350.00 unidades
Municipio Santiago de Machaca	Municipio San Andrés de Machaca													
Comunidad: Condor Amaya Coordenadas: Inicio: 482599.81; 8118070.10 Final: 482531.02; 8117999.65	Comunidad: Jerusalen Coordenadas: Inicio: 487966.16; 8125715.26 Final: 487906.51 8125699.67													
Comunidad: Auqui Amaya Coordenadas: Inicio: 487964.22; 8111624.98 Final: 487625.32; 8110636.83	Comunidad: Huancarami Coordenadas: Inicio: 484105.51; 8120677.72 Final: 484037.78; 8120612.10													
Comunidad: Cala Cala Coordenadas: Inicio: 491331.17; 8106407.80 Final: 491458.97; 8106100.62	Comunidad: Quelca Torre Coordenadas: Inicio: 483989.18; 8120630.94 Final: 483858.65; 8120559.68													
Municipio Santiago de Machaca	Municipio San Andrés de Machaca													
Comunidad: Condor Amaya Longitud: 107.00 metros Altura: 1.40 metros Base: 5.75 metros Número de sacos o yutes: 200.00 unidades	Comunidad: Jerusalen Longitud: 81.40 metros Altura: 1.25 metros Base: 3.00 metros Número de sacos o yutes: 350.00 unidades													
<p>Superficie implementada</p>	<p>La implementación de los defensivos establece las siguientes dimensiones en metros lineales:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Municipio Santiago de Machaca</th> <th>Municipio San Andrés de Machaca</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> Comunidad: Condor Amaya Longitud: 107.00 metros Altura: 1.40 metros Base: 5.75 metros Número de sacos o yutes: 200.00 unidades </td> <td> Comunidad: Jerusalen Longitud: 81.40 metros Altura: 1.25 metros Base: 3.00 metros Número de sacos o yutes: 350.00 unidades </td> </tr> </tbody> </table>		Municipio Santiago de Machaca	Municipio San Andrés de Machaca	Comunidad: Condor Amaya Longitud: 107.00 metros Altura: 1.40 metros Base: 5.75 metros Número de sacos o yutes: 200.00 unidades	Comunidad: Jerusalen Longitud: 81.40 metros Altura: 1.25 metros Base: 3.00 metros Número de sacos o yutes: 350.00 unidades								
Municipio Santiago de Machaca	Municipio San Andrés de Machaca													
Comunidad: Condor Amaya Longitud: 107.00 metros Altura: 1.40 metros Base: 5.75 metros Número de sacos o yutes: 200.00 unidades	Comunidad: Jerusalen Longitud: 81.40 metros Altura: 1.25 metros Base: 3.00 metros Número de sacos o yutes: 350.00 unidades													

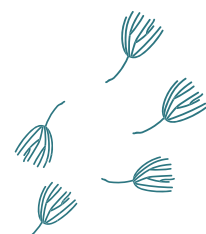


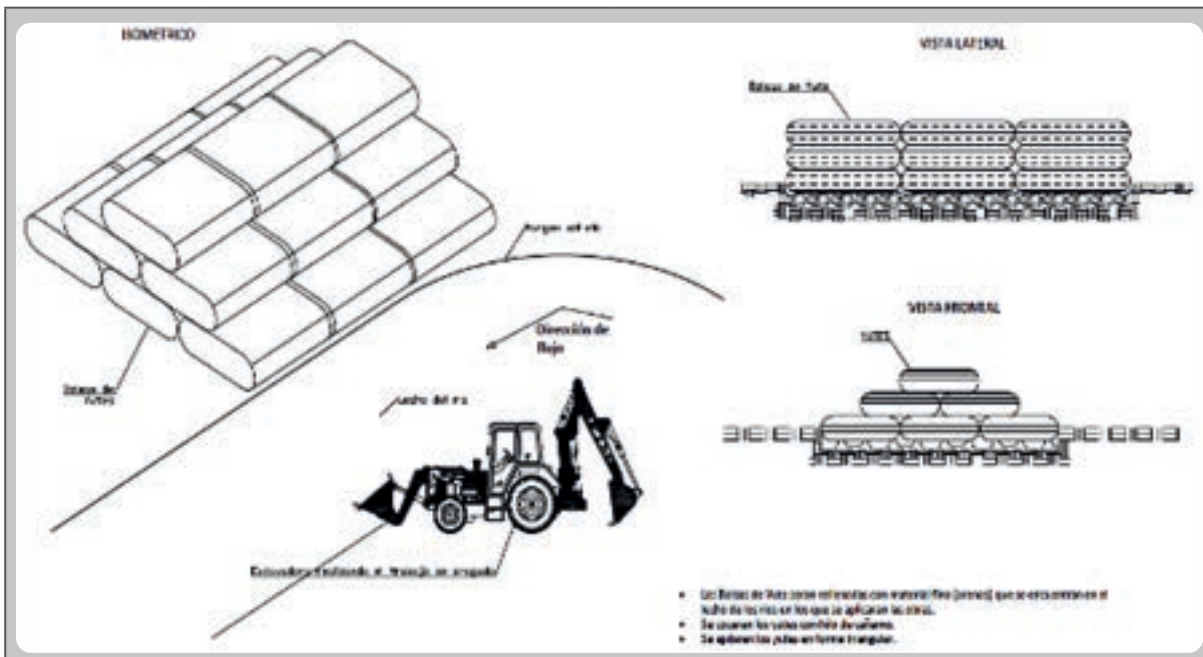
Superficie implementada	Municipio Santiago de Machaca	Municipio San Andrés de Machaca
	Comunidad: Auqui Amaya Longitud: 36.80 metros Altura: 1.20 metros Base: 3.30 metros Longitud: 61.80 metros Altura: 1.00 metros Base: 2.70 metros Longitud: 16.30 metros Altura: 0.95 metros Base: 2.80 metros Número de sacos o yutes: 200.00 unidades	Comunidad: Huancarami Longitud: 145.00 metros Altura: 1.50 metros Base: 3.10 metros Número de sacos o yutes: 350.00 unidades
	Comunidad: Cala Cala Longitud: 62.80 metros Altura: 1.10 metros Base: 0.70 metros Longitud: 94.80 metros Altura: 1.70 metros Base: 2.80 metros Número de sacos o yutes: 200.00 unidades	Comunidad: Quelca Torre Longitud: 151.00 metros Altura: 1.40 metros Base: 3.00 metros Número de sacos o yutes: 350.00 unidades

Presupuesto (detalle por comunidad)	Municipio Santiago de Machaca (Comunidad)	Precio Total (Bs)
	Condor Amaya	34341.73
	Auqui Amaya	20490.70
	Cala Cala	27927.84
	Municipio San Andrés de Machaca (Comunidad)	Precio Total (Bs)
	Jerusalen	23697.16
	Huancarami	33809.61
Quelca Torre	32711.76	

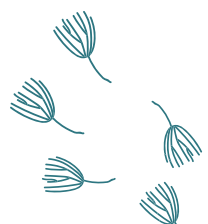
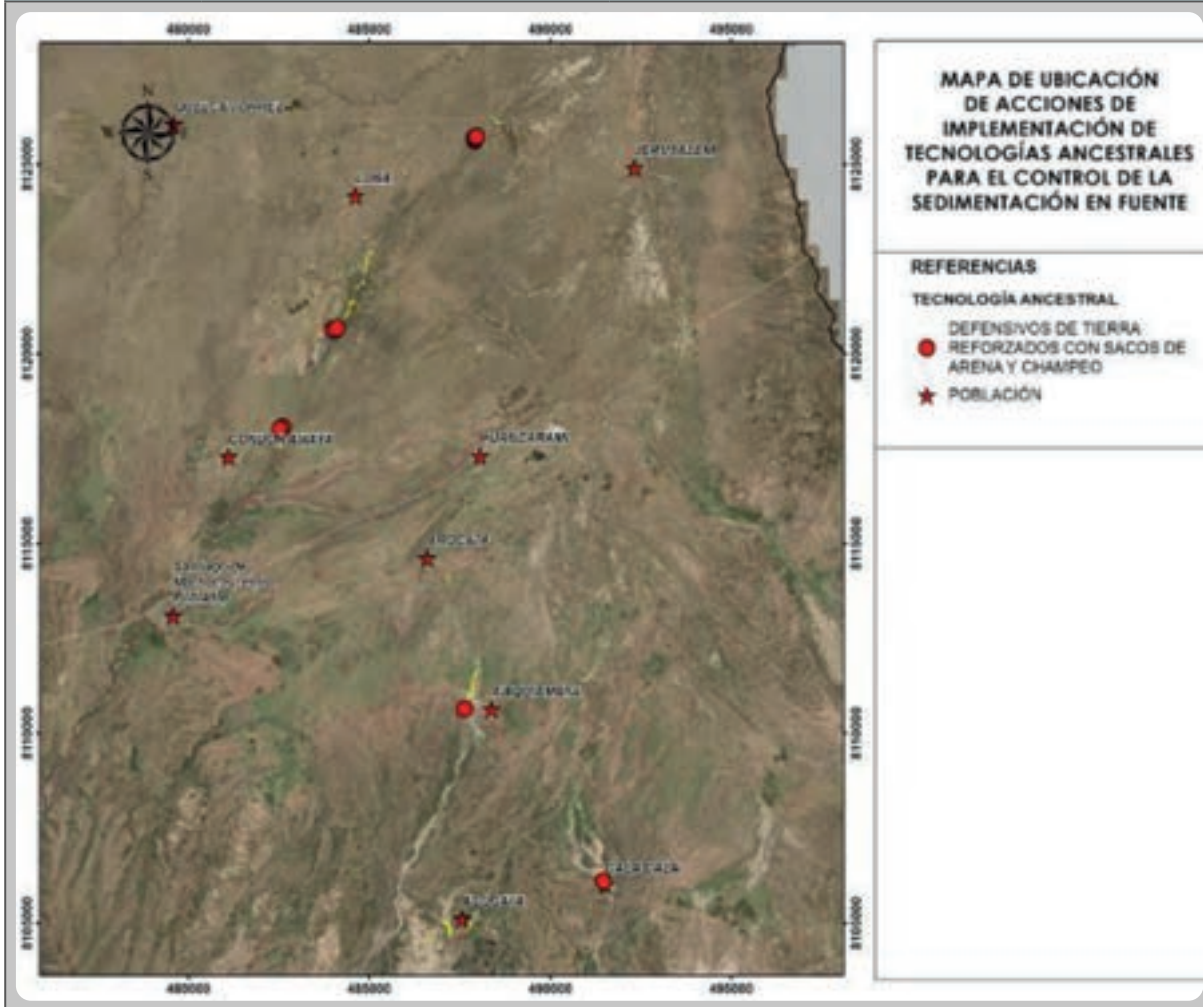
Tiempo de ejecución por comunidad	Municipio Santiago de Machaca	Municipio San Andrés de Machaca
	Comunidad Condor Amaya: 1 día	Comunidad Jerusalen: 1 día
	Comunidad Auqui Amaya: 1 día	Comunidad Huancarami: 1 día
	Comunidad Cala Cala: 2 día	Comunidad Quelca Torre: 1 día

Diseño de la práctica a implementarse (plano constructivo)



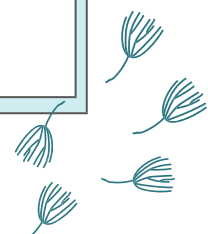


Mapa de ubicación

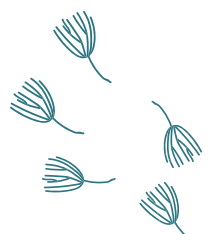


ENCAUZAMIENTO DE RÍO

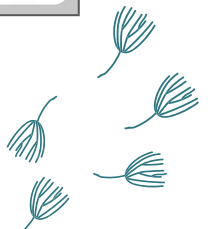
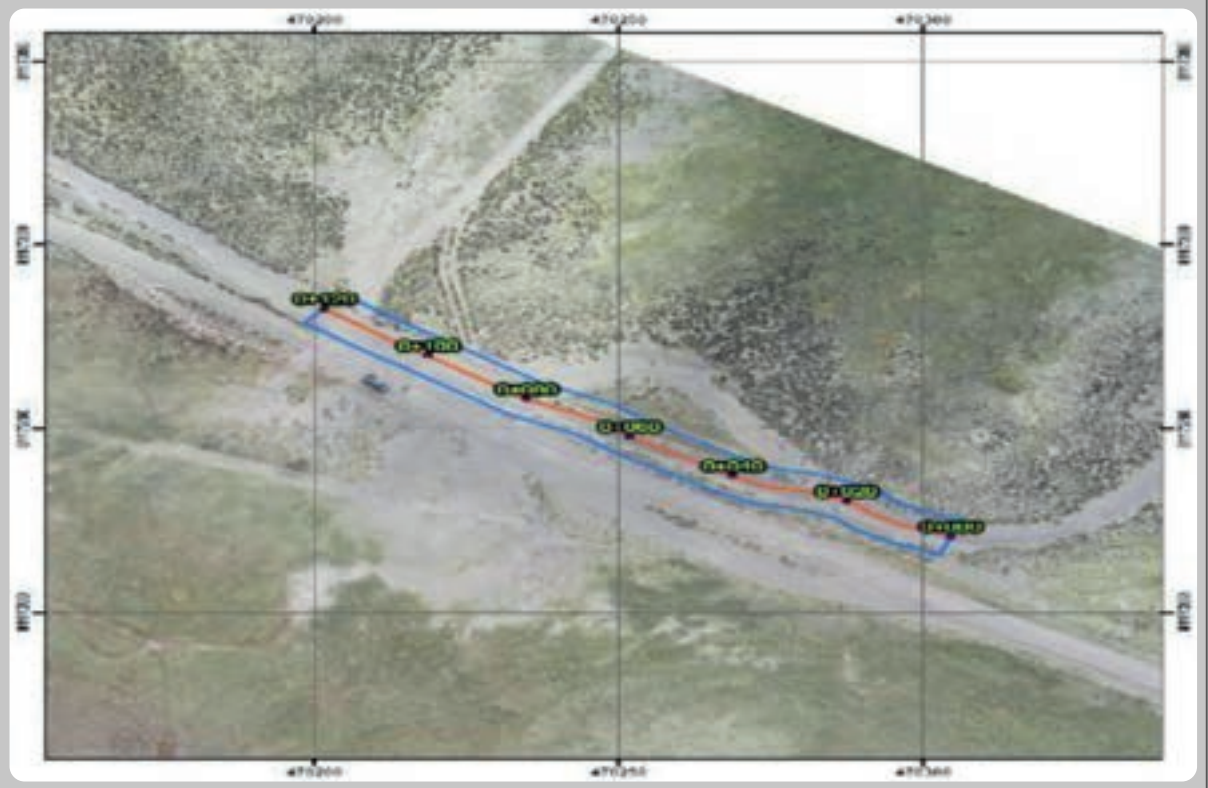
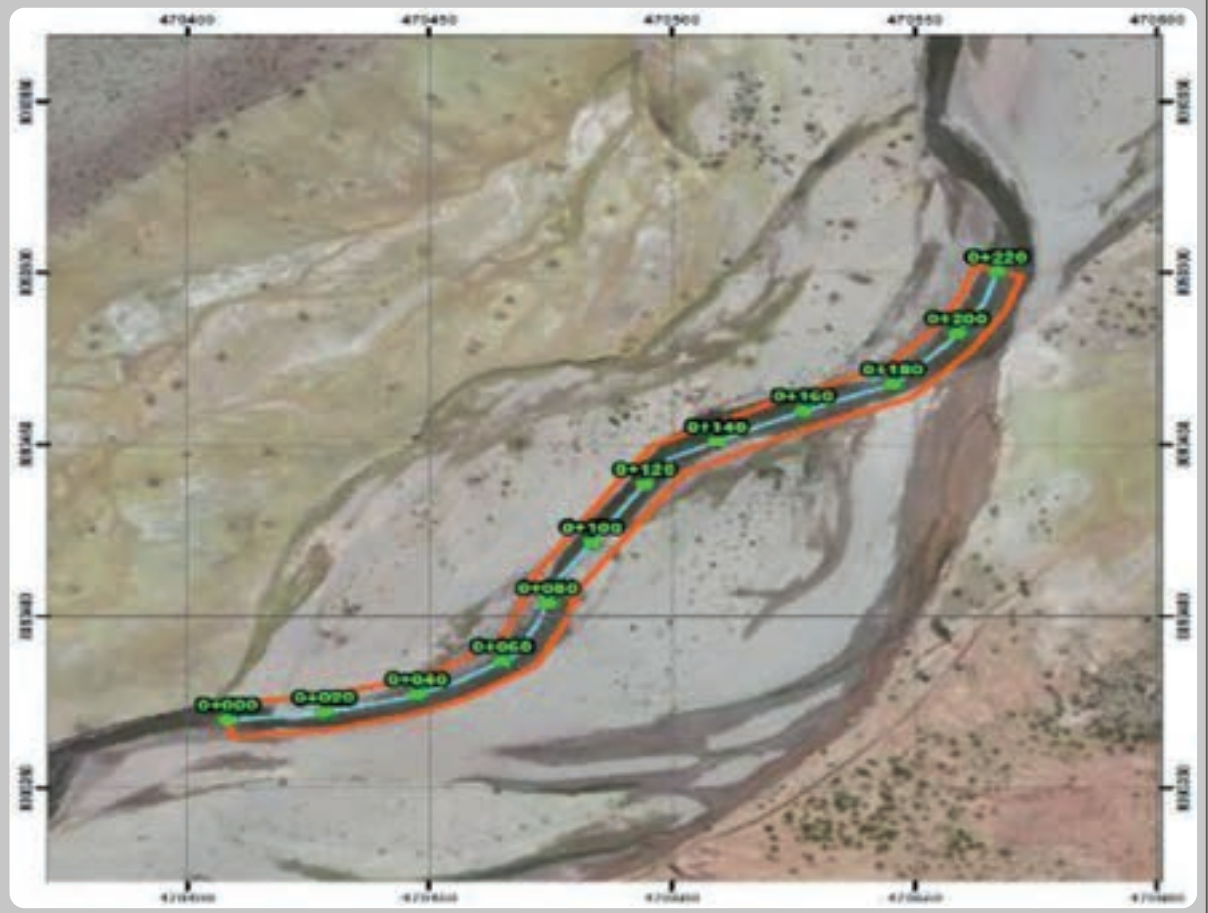
Descripción	<p>Los ríos presentan problemas debido al transporte de sedimentos que ocasiona la elevación del fondo del cauce y la vegetación que influye en la forma y dimensiones del cauce principal, por lo que el encauce permitirá la circulación normal del agua y prevendrá las inundaciones y la erosión de las orillas de los ríos.</p>										
Justificación	<p>En base a:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Diagnóstico. Se priorizó la implementación del encauce de los ríos para el control tanto de las inundaciones como de la socavación de sus márgenes, para dar cumplimiento a las acciones mencionadas, los comunarios se comprometieron a apoyar con mano de obra de local para el encauzamiento de los ríos. ▶ Estudio hidrológico y toma de muestra de sedimentos. En base al modelo hidrológico de la cuenca se obtuvieron los caudales, para diferentes periodos de retorno, en los puntos donde se realizarán las acciones en las comunidades y junto al análisis en laboratorio de los sedimentos obtenidos de los lechos de los ríos de la cuenca, servirán para el análisis de zonas inundables y la modelación de transporte de sedimentos. ▶ Caracterización de suelos. En la comunidad de <u>Tiquitiquini</u>, el suelo presenta textura entre franco, franco arenoso a franco arcillo arenoso, presencia de arcilla a una profundidad de 0,46 a 0,7m, con bajas densidades aparentes debido a la presencia de materia orgánica de 1 a 1,5 g/cm³, presencia de carbonatos además de no tener presencia de salinidad, elevada cantidad de fósforo (34,2 meq/g) y calcio (5,46 – 14,18 meq/g), baja capacidad de intercambio catiónico de 8,89 a 21,45 meq/g, saturación de bases de 98,83 %. En la comunidad de <u>Ancoamaya</u>, el suelo es de origen sedimentario con horizontes de acumulación y sepultados con presencia ligera de carbonatos, de estructura de bloques subangulares sueltas permeables con texturas franco a franco limoso a 1.35 m, densidad aparente de 1.1 a 1.6 g/cm³, pH ligeramente básico de 8.9, no salinos, con baja presencia de P, N, K y Mg y elevada de Ca con 28,23; por lo que presenta baja fertilidad. ▶ Capacidad de uso de suelos. Comunidad de <u>Tiquitiquini</u>: VIIsec, la zona alta presenta suelos inapropiados para cultivos, resultado de la baja capacidad de intercambio catiónico que nos indica baja habilidad de retener nutrientes, pobre en materia orgánica, pendiente ondulada de 22,8%, presencia de severa erosión hídrica debido a un drenaje pobre y problemas de inundación severa con alta susceptibilidad a la erosión pluvial y con clima desfavorable. Por lo mismo, son suelos aptos para la producción forestal. Comunidad de <u>Ancoamaya</u>: VIIIsec, suelos con baja fertilidad, con textura gruesa, con limitaciones muy severas o extremas, lo que las hacen inapropiadas para fines agropecuarios, son de topografía plana, predominantemente sepultados; se encuentran bajo la influencia de una escorrentía muy rápida, y en consecuencia son muy susceptibles a la erosión hídrica y muy susceptible a inundaciones. 										
Ubicación geográfica	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #003366; color: white; text-align: center;">Municipio Santiago de Machaca</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #e6f2ff;">Comunidad: Condor Amaya</td> <td>Coordenadas: Inicio: 482615.05; 8118060.24 Final: 482578.82; 8118017.76</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #e6f2ff;">Comunidad: Auqui Amaya</td> <td>Coordenadas: Inicio: 487964.22; 8111624.98 Final: 487625.32; 8110636.83</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #e6f2ff;">Comunidad: Cala Cala</td> <td>Coordenadas: Inicio: 491331.17; 8106407.80 Final: 491458.97; 8106100.62</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #e6f2ff;">Comunidad: Acocata</td> <td>Coordenadas: Inicio: 487237.45; 8104686.61 Final: 487025.47; 8105055.70</td> </tr> </tbody> </table>	Municipio Santiago de Machaca		Comunidad: Condor Amaya	Coordenadas: Inicio: 482615.05; 8118060.24 Final: 482578.82; 8118017.76	Comunidad: Auqui Amaya	Coordenadas: Inicio: 487964.22; 8111624.98 Final: 487625.32; 8110636.83	Comunidad: Cala Cala	Coordenadas: Inicio: 491331.17; 8106407.80 Final: 491458.97; 8106100.62	Comunidad: Acocata	Coordenadas: Inicio: 487237.45; 8104686.61 Final: 487025.47; 8105055.70
Municipio Santiago de Machaca											
Comunidad: Condor Amaya	Coordenadas: Inicio: 482615.05; 8118060.24 Final: 482578.82; 8118017.76										
Comunidad: Auqui Amaya	Coordenadas: Inicio: 487964.22; 8111624.98 Final: 487625.32; 8110636.83										
Comunidad: Cala Cala	Coordenadas: Inicio: 491331.17; 8106407.80 Final: 491458.97; 8106100.62										
Comunidad: Acocata	Coordenadas: Inicio: 487237.45; 8104686.61 Final: 487025.47; 8105055.70										



Ubicación geográfica	Comunidad: Ichucata Coordenadas: Inicio: 467776.37; 8101805.39 Final: 467924.62; 8101843.26	
	Comunidad: Tiquitiquini Coordenadas: Inicio: 470474.45; 8093402.48 Final: 470330.49; 8093304.05	
Superficie implementada	La implementación de los dragados y encauces establece las siguientes dimensiones en metros lineales:	
	Comunidad: Condor Amaya Longitud: 57.00 metros	
	Comunidad: Auqui Amaya Longitud: 667.00 metros	
	Comunidad: Cala Cala Longitud: 345.10 metros	
	Comunidad: Acocata Longitud: 394.70 metros	
	Comunidad: Ichucata Longitud: 205.90 metros	
Comunidad: Tiquitiquini Longitud: 255.14 metros		
Presupuesto (detalle por comunidad)	Municipio Santiago de Machaca (Comunidad)	Precio Total (Bs)
	Condor Amaya	11868.99
	Auqui Amaya	47297.18
	Cala Cala	18272.76
	Acocata	19652.82
	Ichucata	27034.47
	Tiquitiquini	20544.54
Tiempo de ejecución por comunidad	Municipio Santiago de Machaca	
	Comunidad Condor Amaya: 1 día	
	Comunidad Auqui Amaya: 2 días	
	Comunidad Cala Cala: 3 días	
	Comunidad Acocata: 2 días	
	Comunidad Ichucata: 3 días	
	Comunidad Tiquitiquini: 2 días	

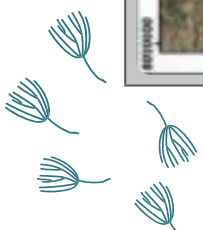
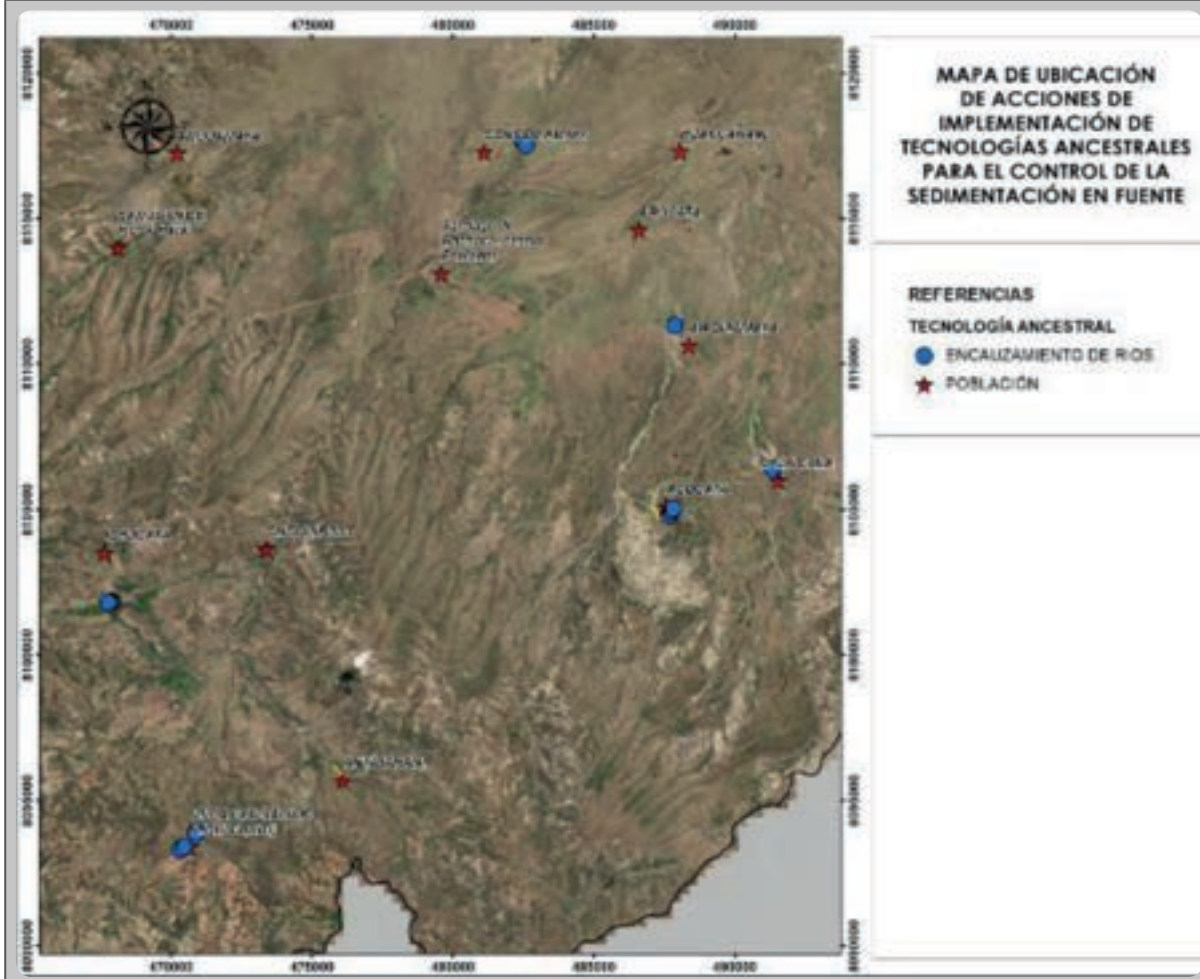


Diseño de la práctica a implementarse (plano constructivo)



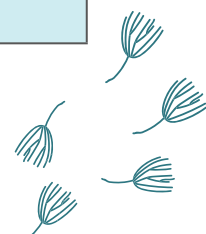


Mapa de ubicación



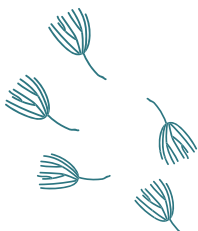
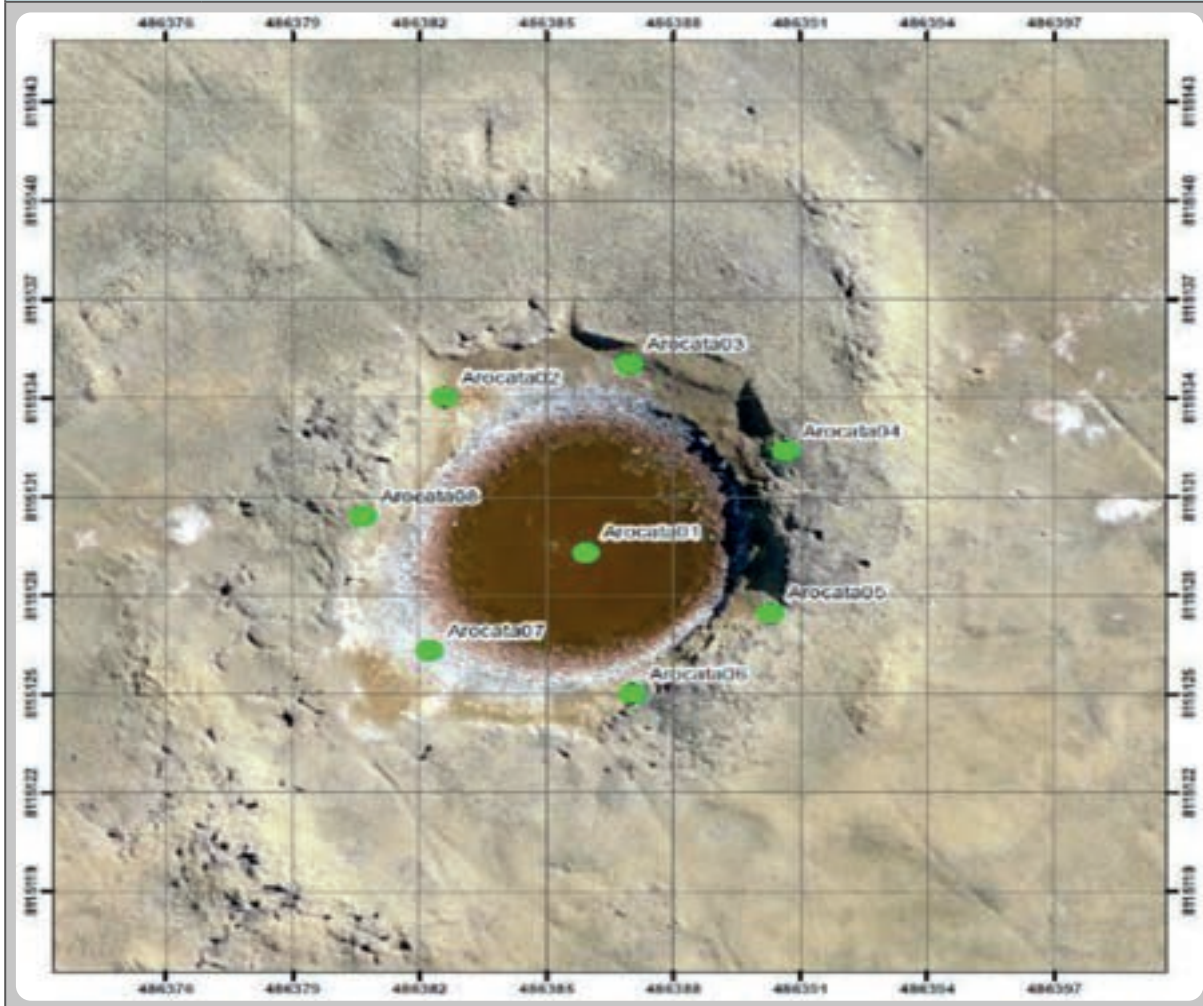
LIMPIEZA Y REHABILITACIÓN DE Q'OTAÑAS

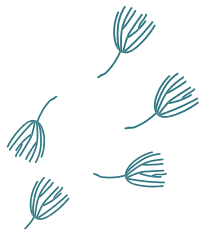
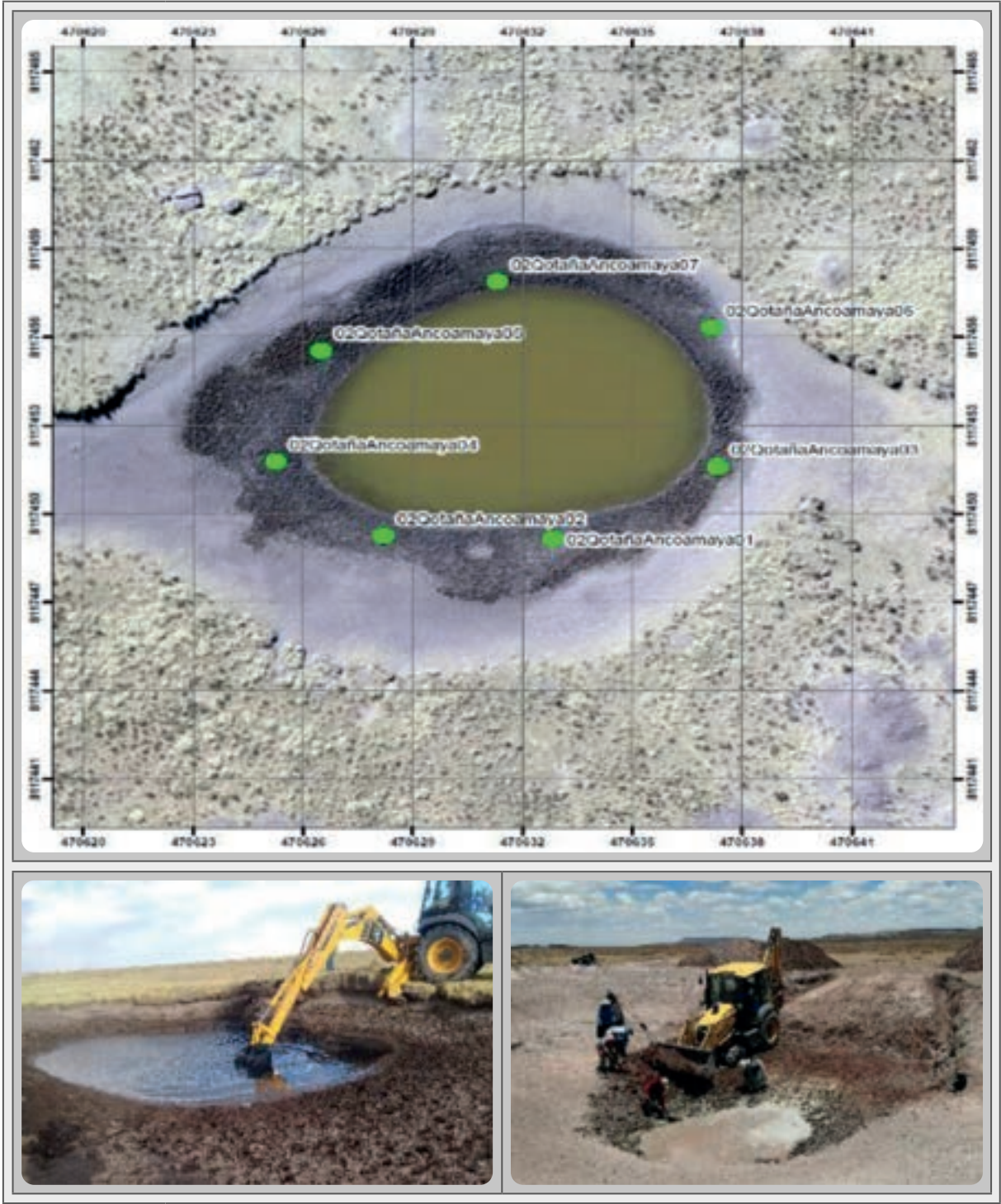
Descripción	<p>Las q'otañas, en la cuenca, sirven como reservorios para suministrar agua a los ganados durante gran parte del año. Así también, constituye en un espacio de retención de sedimentos en lugares donde las q'otañas tienen conexión con los cursos de agua. La apertura o limpieza de q'otañas puede ser manual o también mecanizada con la ayuda de maquinaria.</p>								
Justificación	<p>En base a:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Diagnóstico. En base a los talleres de diagnóstico y los recorridos de campo realizados, para identificar las zonas de escasez de agua, debido al déficit de precipitaciones en la región, en las comunidades del municipio de Santiago de Machaca. Se priorizó la limpieza, rehabilitación y apertura de q'otañas, el uso de las q'otañas es colectivo por lo que se reducirá el gasto de energía y el cansancio de los animales en traslados desde grandes distancias; esta práctica es una forma de gestionar el riesgo de disponibilidad de agua, aplicando el principio de cosecha de agua de lluvia y se constituye como una alternativa tecnológica práctica, accesible y adecuada al contexto local. Para dar cumplimiento a las acciones mencionadas, los comunarios se comprometieron a apoyar con mano de obra de local para la limpieza, rehabilitación y apertura de las q'otañas afinando los trabajos realizados por la maquinaria. ▶ Estudio hidrológico y toma de muestra de sedimentos. En base al modelo hidrológico de la cuenca se obtuvieron los caudales, para diferentes periodos de retorno, en los puntos donde se realizarán las acciones en las comunidades y junto al análisis en laboratorio de los sedimentos obtenidos de los lechos de los ríos de la cuenca, servirán para el análisis de zonas inundables y la modelación de transporte de sedimentos. ▶ Caracterización de suelos. Suelo de origen sedimentario con horizontes de acumulación y sepultados con presencia ligera de carbonatos, de estructura de bloques subangulares sueltas permeables con texturas franco a franco limoso a los 1.35 m, densidad aparente de 1.1 a 1.6 g/cm³, pH ligeramente básico de 8.9, no salinos, con baja presencia de P, N, K y Mg y elevada de Ca con 28,23; por lo que presenta baja fertilidad. ▶ Capacidad de uso de suelos. Villic, suelos con baja fertilidad, con textura gruesa, con limitaciones muy severas o extremas, lo que las hacen inapropiadas para fines agropecuarios, son de topografía plana, predominantemente sepultados; se encuentran bajo la influencia de una escorrentía muy rápida, y en consecuencia son muy susceptibles a la erosión hídrica y muy susceptible a inundaciones. 								
Ubicación geográfica	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #003366; color: white; text-align: center;">Municipio Santiago de Machaca</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #e6f2ff;">Comunidad: Arocata</td> <td>Coordenadas: 486638.02; 8114392.69</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #e6f2ff;">Comunidad: Ancoamaya</td> <td>Coordenadas: 470633.02; 8116960.39 Coordenadas: 470353.13; 8117201.72 Coordenadas: 470649.04; 8117921.95 Coordenadas: 470091.43; 8118476.31 Coordenadas: 469974.43; 8118546.02</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #e6f2ff;">Comunidad: Antajarani</td> <td>Coordenadas: 475842.16; 8096224.48 Coordenadas: 476544.80; 8095716.22</td> </tr> </tbody> </table>	Municipio Santiago de Machaca		Comunidad: Arocata	Coordenadas: 486638.02; 8114392.69	Comunidad: Ancoamaya	Coordenadas: 470633.02; 8116960.39 Coordenadas: 470353.13; 8117201.72 Coordenadas: 470649.04; 8117921.95 Coordenadas: 470091.43; 8118476.31 Coordenadas: 469974.43; 8118546.02	Comunidad: Antajarani	Coordenadas: 475842.16; 8096224.48 Coordenadas: 476544.80; 8095716.22
Municipio Santiago de Machaca									
Comunidad: Arocata	Coordenadas: 486638.02; 8114392.69								
Comunidad: Ancoamaya	Coordenadas: 470633.02; 8116960.39 Coordenadas: 470353.13; 8117201.72 Coordenadas: 470649.04; 8117921.95 Coordenadas: 470091.43; 8118476.31 Coordenadas: 469974.43; 8118546.02								
Comunidad: Antajarani	Coordenadas: 475842.16; 8096224.48 Coordenadas: 476544.80; 8095716.22								
Superficie implementada	<p>Las q'otañas presentan las siguientes dimensiones tipo en metros lineales:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="background-color: #e6f2ff;">Comunidad: Arocata</td> <td>Diámetro aproximado: 7.00 metros Altura aproximada: 2.00 metros</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #e6f2ff;">Comunidad: Ancoamaya</td> <td>Diámetro aproximado: 11.00 metros Altura aproximada: 4.00 metros</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #e6f2ff;">Comunidad: Ancoamaya</td> <td>Diámetro aproximado: 5.00 metros Altura aproximada: 2.50 metros</td> </tr> </tbody> </table>	Comunidad: Arocata	Diámetro aproximado: 7.00 metros Altura aproximada: 2.00 metros	Comunidad: Ancoamaya	Diámetro aproximado: 11.00 metros Altura aproximada: 4.00 metros	Comunidad: Ancoamaya	Diámetro aproximado: 5.00 metros Altura aproximada: 2.50 metros		
Comunidad: Arocata	Diámetro aproximado: 7.00 metros Altura aproximada: 2.00 metros								
Comunidad: Ancoamaya	Diámetro aproximado: 11.00 metros Altura aproximada: 4.00 metros								
Comunidad: Ancoamaya	Diámetro aproximado: 5.00 metros Altura aproximada: 2.50 metros								



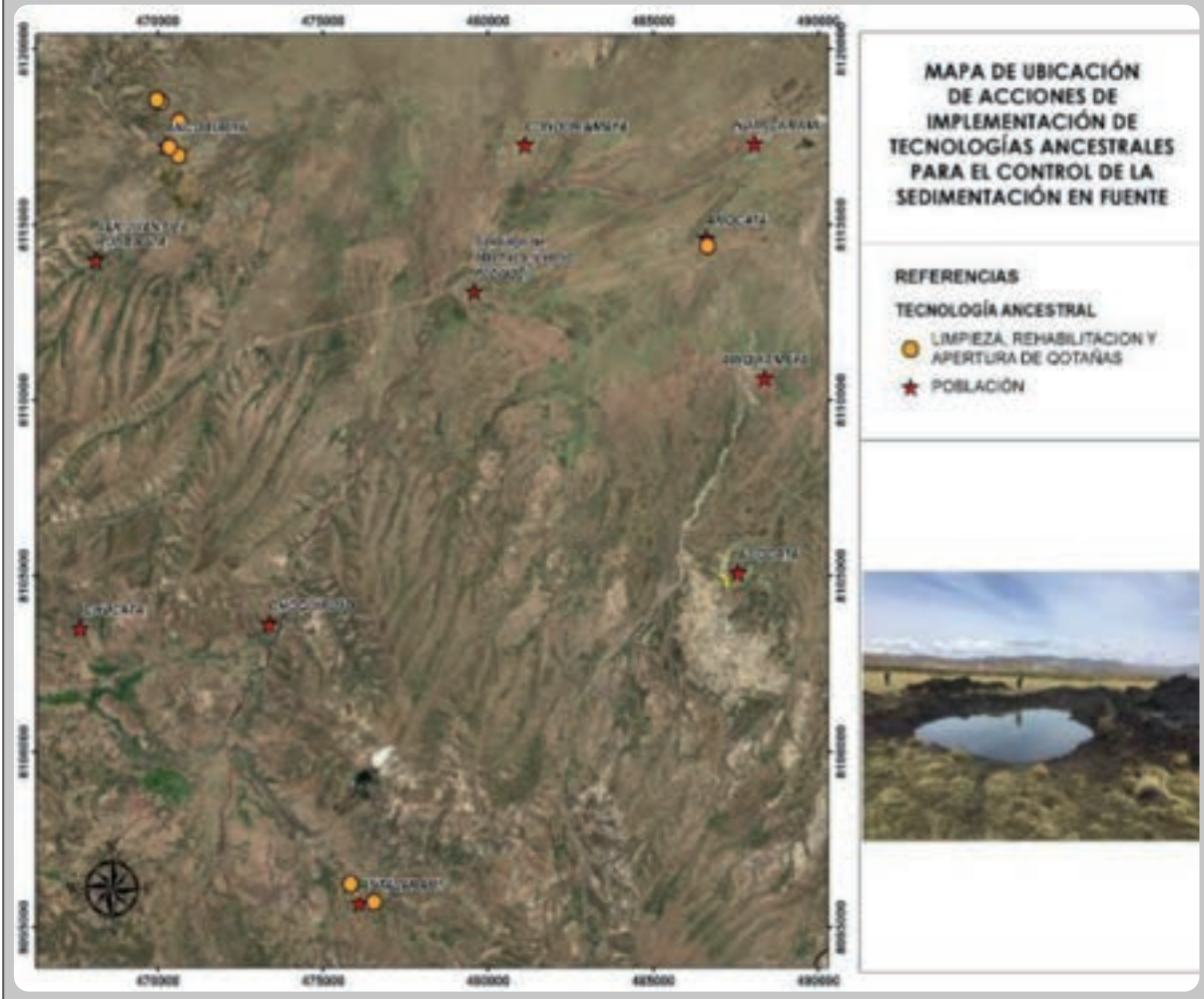
Presupuesto (detalle por comunidad)	Municipio Santiago de Machaca (Comunidad)	Precio Total (Bs)
	Arocata	14717.48
	Ancoamaya	39287.42
	Antajarani	3858.70
Tiempo de ejecución por comunidad	Municipio Santiago de Machaca	
	Comunidad Arocata: 2 días	
	Comunidad Ancoamaya: 3 días	
	Comunidad Antajarani: 1 día	

Diseño de la práctica a implementarse (plano constructivo)



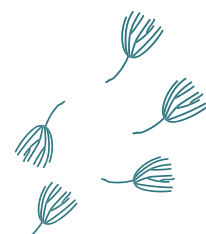


Mapa de ubicación



LIMPIEZA DE SEDIMENTOS ACUMULADO (LAMA) EN RÍOS

Descripción	Debido a los altos volúmenes de sedimentos que se acumulan en el fondo de los ríos, por el transporte de los mismos en suspensión, entonces se realizara la extracción parcial en algunos ríos con el apoyo de la maquinaria pesada (retroexcavadora).	
Justificación	<p>En base a:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Diagnóstico. En base a los talleres de diagnóstico y los recorridos de campo realizados, para identificar las zonas de inundación y la acumulación de sedimentos en el fondo de los ríos, en las comunidades de San Andrés de Machaca y Santiago de Machaca. Se prioriz[o la limpieza del sedimento acumulado (lama) en los ríos para el control de las sedimentaciones en el fondo de los cauces, para dar cumplimiento a las acciones mencionadas, los comunarios se comprometieron a apoyar con mano de obra de local para la limpieza de la lama acumulada en los ríos. ▶ Estudio hidrológico y toma de muestra de sedimentos. En base al modelo hidrológico de la cuenca se obtuvieron los caudales, para diferentes periodos de retorno, en los puntos donde se realizarán las acciones en las comunidades y junto al análisis en laboratorio de los sedimentos obtenidos de los lechos de los ríos de la cuenca, servirán para el análisis de zonas inundables y la modelación de transporte de sedimentos. ▶ Caracterización de suelos. Al respecto, es importante mencionar que el suelo presenta textura entre franco, franco arenoso a franco arcillo Arenoso, el cual es importante considerar la importancia de tener la presencia de arcilla a una profundidad de 0,46 a 0,7m, con bajas densidades aparentes debido a la presencia de materia orgánica que van de 1 a 1,5 g/cm³, con presencia de carbonatos además de no tener presencia de salinidad y, elevada cantidad de fósforo (34,2 meq/g) y calcio (5,46 – 14,18 meq/g), con baja Capacidad de Intercambio Catiónico que va de 8,89 a 21,45 meq/g, con una saturación de bases de 98,83 %. ▶ Capacidad de uso de suelos. VIIsec, La cuenca alta presenta suelos inapropiados para cultivos, el cual es resultado a la baja capacidad de intercambio catiónico lo que nos indica baja habilidad de retener nutrientes, pobre en materia orgánica, pendiente ondulada de 22,8%, con presencia de severa erosión hídrica debido a un drenaje pobre y problemas de inundación severa con alta susceptibilidad a la erosión pluvial y con clima desfavorable. Por lo mismo, son suelos aptos para la producción forestal. 	
Ubicación geográfica	Municipio Santiago de Machaca	Municipio San Andrés de Machaca
	Comunidad: Condor Amaya Coordenadas: Inicio: 482601.84; 8118062.89 Final: 482531.02; 8117999.65	Comunidad: Quelca Torre Coordenadas: Inicio: 483989.18; 8120630.94 Final: 483858.65; 8120559.68
	Comunidad: Auqui Amaya Coordenadas: Inicio: 487964.22; 8111624.98 Final: 487625.32; 8110636.83	
	Comunidad: Cala Cala Coordenadas: Inicio: 491331.17; 8106407.80 Final: 491458.97; 8106100.62	
	Comunidad: Acocata Coordenadas: Inicio: 487237.45; 8104686.61 Final: 487025.47; 8105055.70	
	Comunidad: Antajarani Coordenadas: Inicio: 476089.91; 8095893.81 Final: 475766.52; 8096205.40	



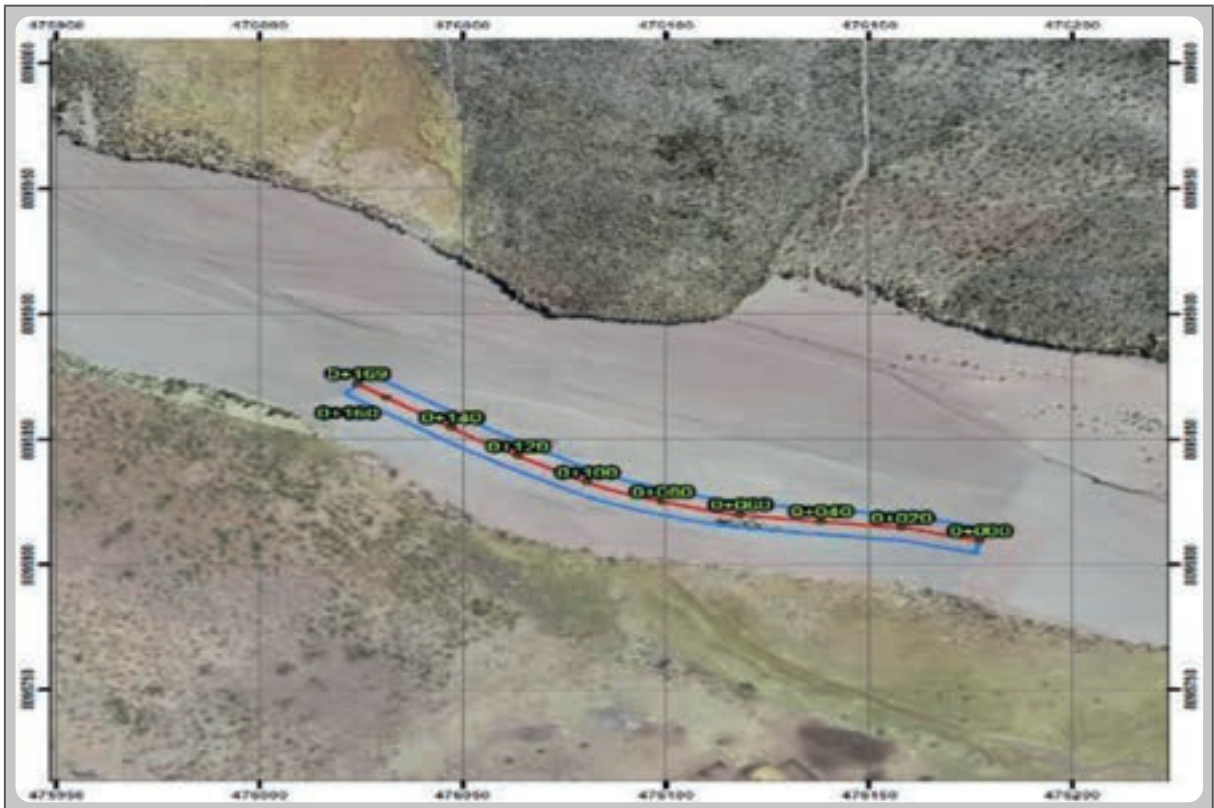
Superficie implementada	La implementación de los dragados y encauces establece las siguientes dimensiones en metros lineales:	
	Municipio Santiago de Machaca	Municipio San Andrés de Machaca
	Comunidad: Condor Amaya Longitud: 164.00 metros	Comunidad: Quelca Torre Longitud: 151.00 metros
	Comunidad: Auqui Amaya Longitud: 781.90 metros	
	Comunidad: Cala Cala Longitud: 345.10 metros	
	Comunidad: Acocata Longitud: 529.70 metros	
	Comunidad: Antajarani Longitud: 311.00 metros	

Presupuesto (detalle por comunidad)	Municipio Santiago de Machaca (Comunidad)	Precio Total (Bs)
	Condor Amaya	27963.76
	Auqui Amaya	66218.61
	Cala Cala	25670.34
	Acocata	30909.24
	Antajarani	35454.84
	Municipio San Andrés de Machaca (Comunidad)	Precio Total (Bs)
	Quelca Torre	13959.07

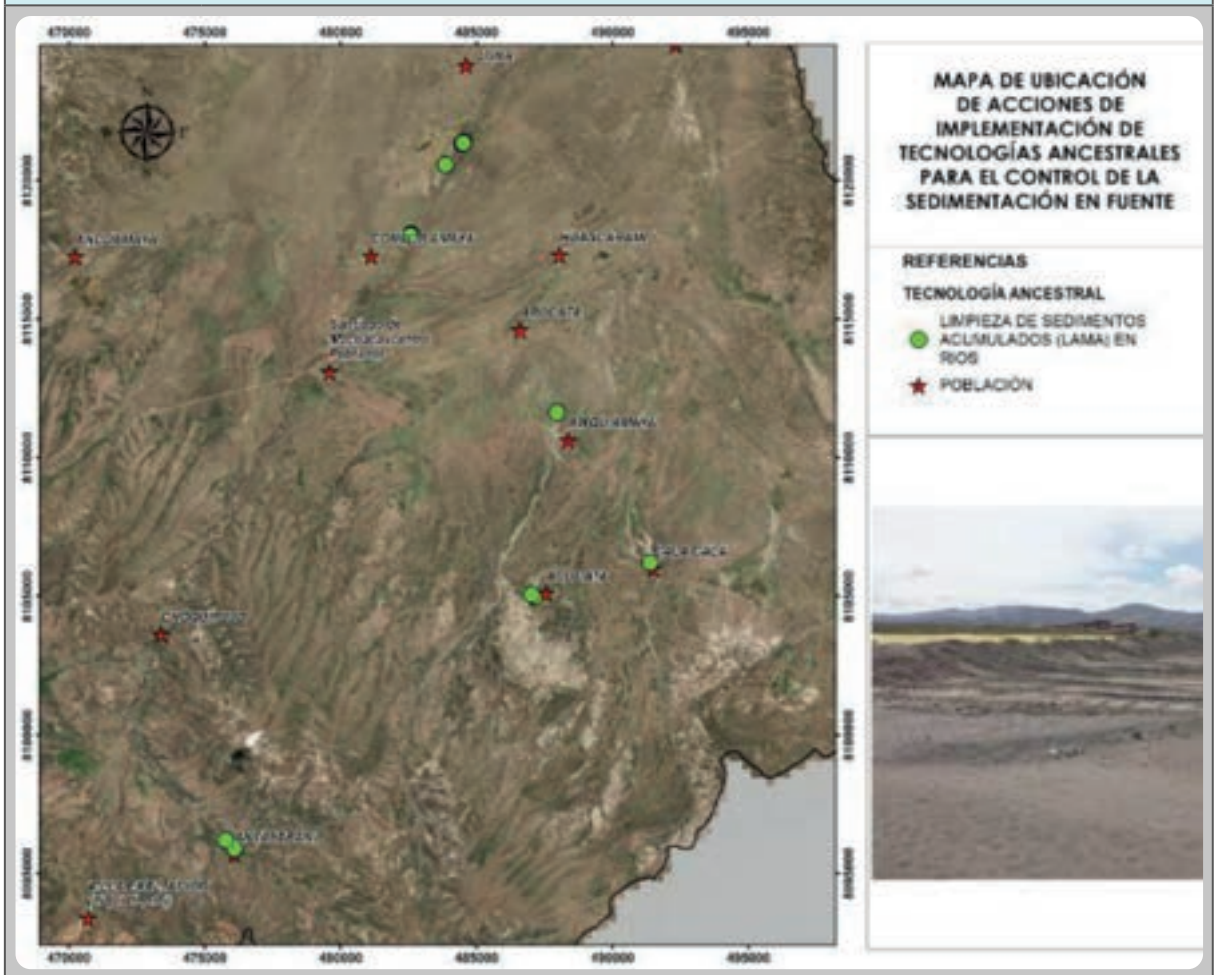
Tiempo de ejecución por comunidad	Municipio Santiago de Machaca	Municipio San Andrés de Machaca
	Comunidad Condor Amaya: 1 día	Comunidad Quelca Torre: 1 día
	Comunidad Auqui Amaya: 3 días	
	Comunidad Cala Cala: 3 días	
	Comunidad Acocata: 2 días	
	Comunidad Antajarani: 2 días	

Diseño de la práctica a implementarse (plano constructivo)





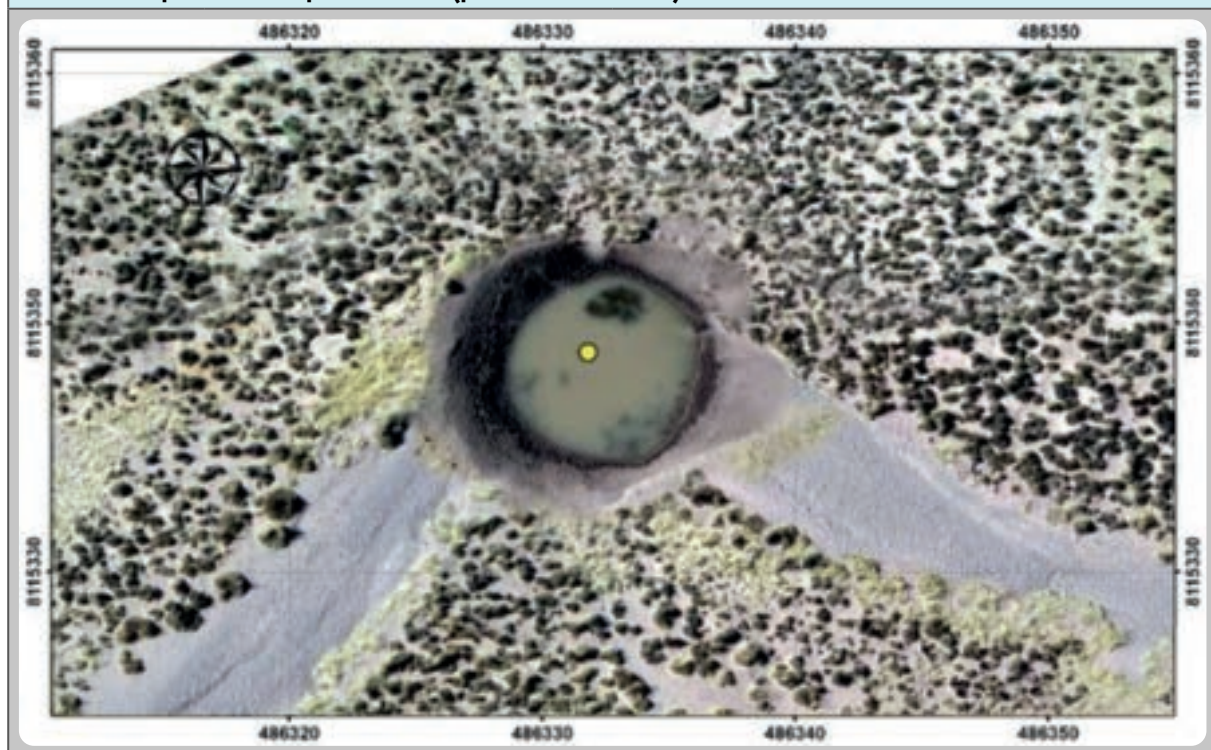
Mapa de ubicación



TRAMPAS DE SEDIMENTO EN CURSOS DE RÍO

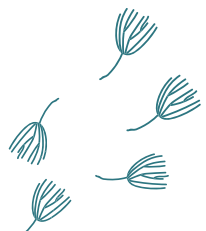
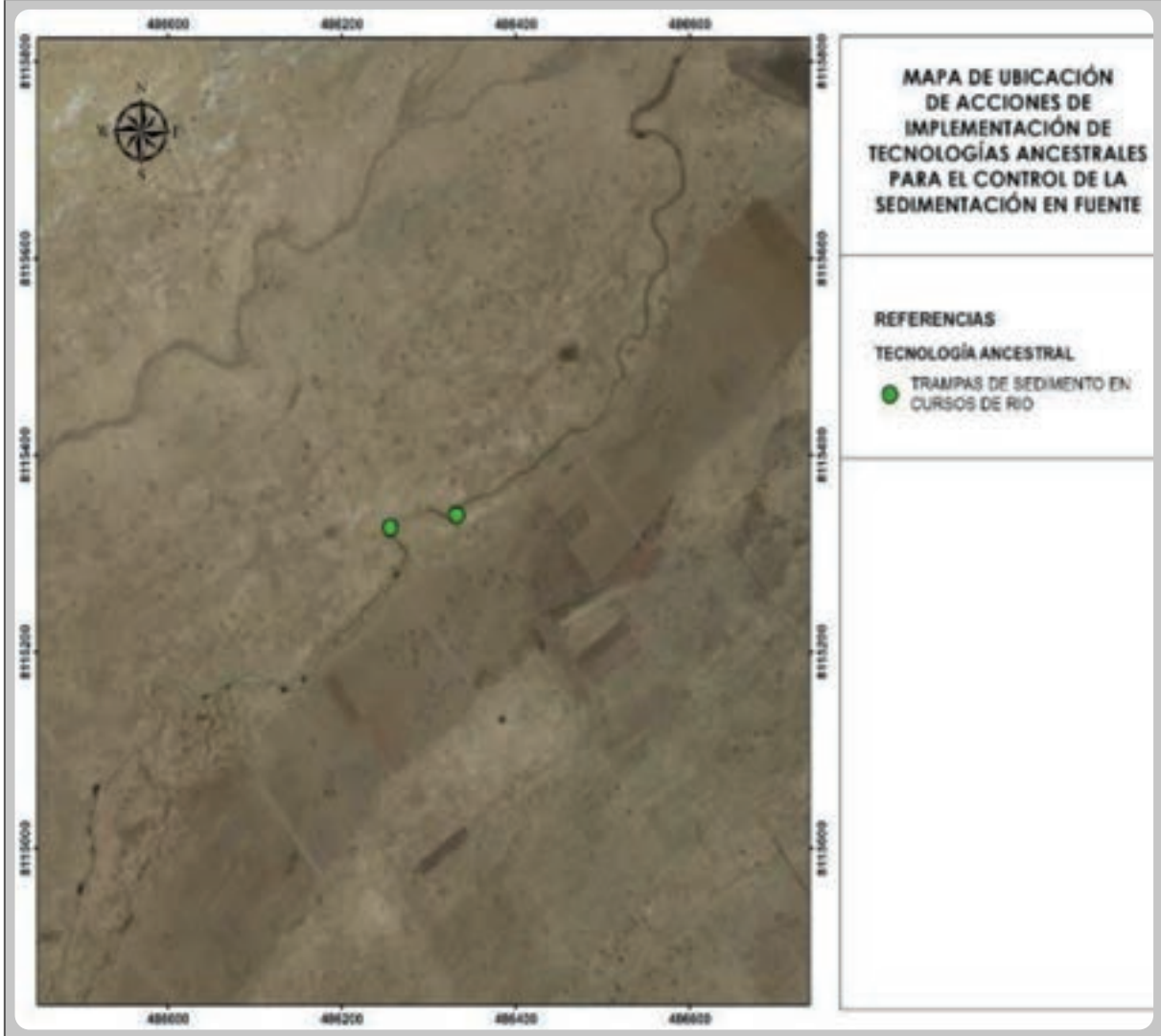
Descripción	Las trampas de sedimentos son contenedores naturales donde se depositan los sedimentos transportados por el curso de agua. Estas trampas se utilizan en cursos de agua pequeños y los sedimentos que se acumulen en el tiempo deben ser removidos periódicamente, ya sea manualmente o mecanizada con la ayuda de maquinaria, para que de esta manera se regenere el volumen necesario para almacenar una nueva cantidad de sedimentos transportados por el río o por una crecida.
Justificación	En base a: <ul style="list-style-type: none"> ► Diagnóstico. En base a los talleres de diagnóstico y los recorridos de campo realizados, para identificar las zonas de escasez de agua, debido al déficit de precipitaciones en la región, en las comunidades del municipio de Santiago de Machaca. ► Estudio hidrológico y toma de muestra de sedimentos. En base al modelo hidrológico de la cuenca se obtuvieron los caudales, para diferentes periodos de retorno, en los puntos donde se realizarán las acciones en las comunidades y junto al análisis en laboratorio de los sedimentos obtenidos de los lechos de los ríos de la cuenca, servirán para el análisis de zonas inundables y la modelación de transporte de sedimentos.
Ubicación geográfica	<p style="text-align: center;">Municipio Santiago de Machaca</p> <p>Comunidad: Arocata Coordenadas: 486331.8; 8115338.79</p>
Superficie implementada	Las Qhotañas presentan las siguientes dimensiones tipo en metros lineales: <p style="text-align: center;">Municipio Santiago de Machaca</p> <p>Comunidad: Arocata Diámetro aproximado: 5.50 metros Altura aproximada: 2.00 metros</p>
Presupuesto	Bs. 1255.05
Tiempo de ejecución	1 día

Diseño de la práctica a implementarse (plano constructivo)



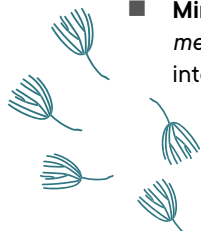


Mapa de ubicación

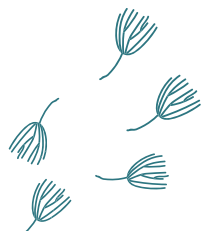


REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca (ALT) y Engevix Engenharia e Projetos. (2020).** *Resumen ejecutivo. Estudio integral para el control de la erosión y arrastre de sedimentos en el río Desaguadero.* Recuperado de: <http://alt-perubolivia.org/web/estudio-de-erosion-y-sedimentos/>
- **Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca (ALT) y Engevix Engenharia e Projetos. (2020).** *Diagnóstico del problema de erosión y transporte de sedimentos. Estudio integral para el control de la erosión y arrastre de sedimentos en el río Desaguadero.* Recuperado de: <http://alt-perubolivia.org/web/estudio-de-erosion-y-sedimentos/>
- **Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca (ALT) y Engevix Engenharia e Projetos. (2020).** *Propuesta de las medidas estructurales para el control de erosión. Estudio integral para el control de la erosión y arrastre de sedimentos en el río Desaguadero.* Recuperado de: <http://alt-perubolivia.org/web/estudio-de-erosion-y-sedimentos/>
- **Cassin, J., Locatelli, B. (2022).** *Guía para la Evaluación de Intervenciones en Infraestructura Natural para la Seguridad Hídrica. Escala de Efectividad, Equidad y Sostenibilidad.* Lima, Perú: Forest Trends Association. Proyecto Infraestructura Natural para la Seguridad Hídrica.
- **Centro de Investigación y Tecnología del Agua (CITA) y Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC). (2021).** *Recomendaciones técnicas para el monitoreo de sedimentos en ríos de las cuencas andino-amazónicas.* Lima, Perú. CITA-UTEC. 1ra edición
- **Chu, X. y Steinman, A. (2009).** *Event and Continuous Hydrologic Modeling with HEC-HMS. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 135, 119-124.*
- **Fondo de Inversión Productiva y Social (FPS). (2011).** *Guía técnica-didáctica para la aplicación de principios de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos.* La Paz, Bolivia: Programa Agua Potable y Alcantarillado Sanitario en Pequeñas y Medianas Ciudades GTZ/PROAPAC.
- **Harry, L. (2014).** *Análisis de pérdida de suelos por erosión hídrica en la subcuenca Conduriri mediante la metodología Rusle, periodo 1980 – 2014* Tesis de pregrado. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- **Hellin, J. (2004).** De erosión de suelos a suelos de calidad. *Revista Agroecológica LEISA, N.º 19(4): 70-71.*
- **Hill, J; Hostert, P; Tsiourlis, G; Kasapidis, P; Udelhoven, TH; Diemer, C. (1998).** Monitoring 20 years of increased grazing impacto on the greek island of crete with earth observation satellites. *Journal of Arid Environments. N.º 39: 165 – 178.*
- **Ministerio de Medio Ambiente y Agua y Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego. (2018).** *Guía para el funcionamiento de los Organismos de Gestión de Cuencas (OGC).* La Paz, Bolivia: Proyecto Gestión integral del agua de la Cooperación Suiza en Bolivia, implementado por HELVETAS Swiss Intercooperation, y PROAGRO/GIZ de la Cooperación Alemana en Bolivia.
- **Ministerio de Medio Ambiente y Agua y Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego. (2018).** *Guía metodológica para la elaboración del Plan de Gestión Local de Microcuencas.* La Paz, Bolivia: Proyecto Gestión integral del agua de la Cooperación Suiza en Bolivia, implementado por HELVETAS Swiss Intercooperation.



- **Ministerio de Medio Ambiente y Agua y Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego. (2018).** *Cuencas sostenibles: Fundamentos y recomendaciones.* La Paz, Bolivia: Proyecto Gestión integral del agua de la Cooperación Suiza en Bolivia, implementado por HELVETAS Swiss Intercooperation.
- **Ministerio de Medio Ambiente y Agua y Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego. (2018).** *La experiencia de los Organismos de Gestión de Cuencas en Bolivia.* La Paz, Bolivia: Proyecto Gestión integral del agua de la Cooperación Suiza en Bolivia, implementado por HELVETAS Swiss Intercooperation.
- **Ministerio de Medio Ambiente y Agua y Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego. (2017).** *Programa Plurianual de Gestión Integrada de Recursos Hídricos y Manejo Integral de Cuencas 2017-2020.* La Paz, Bolivia.
- **Ministerio de Medio Ambiente y Agua. (2020).** *Guía para la Elaboración de Proyectos del Programa Intercultural de Cuencas Pedagógicas.* La Paz, Bolivia: Programa Intercultural de Cuencas Pedagógicas.
- **Ministerio de Medio Ambiente y Agua. (2006).** *Plan Nacional de Cuencas.* Recuperado de: <http://siarh.gob.bo/cuencas/>
- **Morgan, RPC. (2005).** *Soil erosion and conservation*, 3ra ed., pág. 299. Maiden, US.: Blackwell Publishing Ltd.
- **Ocampo, R., Medina, C., Lovatón, G. (1996).** *Programa de conservación de suelos y forestación. Manual de conservación de suelos.* Cusco, Perú: Asociación Aariwa.
- **Ochoa-Tocachi, B., Cuadros, J., Arapa, E., Aste, N., Ochoa-Tocachi, Erick y Bonnesoeur, V. (2022).** *Guía de modelación hidrológica Infraestructura Natural para la Seguridad Hídrica para la infraestructura natural.* Lima, Perú: Forest Trends Association. Proyecto Infraestructura Natural para la Seguridad Hídrica.
- **Practical Action. (2021 – 2022).** Informes y documentos internos del proyecto piloto.
- **Programa Nacional de Lucha contra la Desertificación (PRONALDES). (1996).** *Mapa preliminar de erosión de suelos: región árida, semiárida y subhúmeda de Bolivia.* La Paz, Bolivia: Centro de Información para el Desarrollo (CID).
- **Rodríguez, M., Florentino, A., Gallardo, J., García, R. (2004).** Sistemas de Información geográfica en la evaluación de la erosión hídrica en Badajoz-España aplicando la metodología USLE. *Agronomía Tropical* v. 54 n. 4, 391-410.
- **Saavedra, C. (2018).** *Cuencas sostenibles: Fundamentos y recomendaciones.* Proyecto gestión integral del agua de la Cooperación Suiza en Bolivia. HELVETAS Swiss Intercooperation, 44 pág.
- **Suárez, J. (2001).** *Control de erosión en zonas tropicales.* Bucaramanga, Colombia: División Editorial Universidad Industrial de Santander.
- **Tamburini, L. (9 de mayo de 2022).** *El Mundo Indígena 2022: Bolivia.* International Work Group for Indigenous Affairs (IWGIA). Recuperado de: <https://www.iwgia.org/es/bolivia/4782-mi-2022-bolivia.html>



Practical
ACTION
Soluciones Prácticas



**Practical
ACTION**
Soluciones Prácticas

