

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

**Escuela de Postgrado**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN  
AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

**CONSERVACIÓN Y MANEJO DEL SISTEMA DE  
ANDENERÍA BAJO RIEGO EN LA ACTIVIDAD  
AGROPECUARIA DE LA COMUNIDAD DE  
HUANUARA, REGIÓN TACNA 2021**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**ELISBERTO REY VILLEGAS LIMA**

**Para Optar el Grado Académico de:**

**MAESTRO EN CIENCIAS (*MAGISTER SCIENTIAE*) CON MENCIÓN EN  
GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

**TACNA – PERÚ**

**2023**

**HOJA DE JURADO**

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

**Escuela de Postgrado**

**MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y  
DESARROLLO SOSTENIBLE**

**CONSERVACIÓN Y MANEJO DEL SISTEMA DE  
ANDENERÍA BAJO RIEGO EN LA ACTIVIDAD  
AGROPECUARIA DE LA COMUNIDAD DE  
HUANUARA, REGIÓN TACNA 2021**

Tesis sustentada y aprobada el 10 de abril del 2023; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE

  
: .....  
Dr. Martín Eloy Casilla García

SECRETARIO

  
: .....  
Dra. Rosario Elena Zegarra Vda. De Chávez

MIEMBRO

  
: .....  
Dr. Luis Freddy Vilcatoma Salas

ASESOR

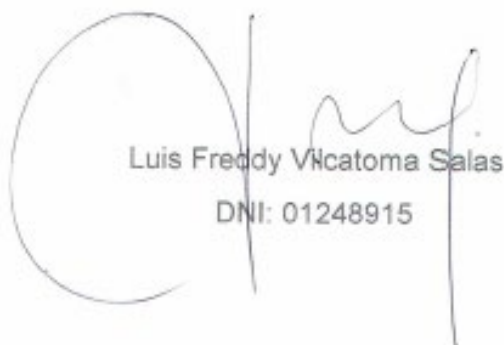
  
: .....  
Dr. Luis Freddy Vilcatoma Salas

## CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo Luis Freddy Vilcatoma Salas en mi condición de asesor acreditado por la Resolución de Postgrado N° 11134-2022-ESPG/UNJBG de la Tesis Titulado: "CONSERVACIÓN Y MANEJO DEL SISTEMA DE ANDENERÍA BAJO RIEGO DE LA ACTIVIDAD AGROPECUARIA EN LA COMUNIDAD DE HUANUARA, REGIÓN TACNA 2021", presentado por el egresado Elisberto Rey Villegas Lima para optar por el grado de Maestro en Ciencias (Magister Scientiae) con Mención en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajos de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual OID 23228-202452067 cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es 8%. Por lo que **CERTIFICO LA SIMILARIDAD** de la tesis, que está de acuerdo al nivel **PERMITIDO**, para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio Institucional**.

Se emite el presente certificado con fines de continuar con los trámites respectivos para su obtención del grado.



Luis Freddy Vilcatoma Salas  
DNI: 01248915

## **DEDICATORIA**

En primer lugar, a Dios, que siempre me guía mis pasos, mi familia y amistades.

Dedico a mi querida esposa Maximiliana F. Paco Bautista y a mis queridos hijos Abigail Milagros y Diego B. Villegas Paco, por su comprensión y apoyo en todo momento a seguir adelante.

A la comunidad milenaria de Huanuara, a sus hijos e hijas, que vieron la luz de la vida en la microcuenca de Huayñuma y dejaron material de mano escritos un legajo para la defensa del derecho de su territorio y no permitieron la intromisión y abuzo de los hacendados españoles; para ellos, gloria eterna a sus memorias que es una admiración e inspiración en mi vida.

A mis colegas y amistades por su constante apoyo y confianza.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios y a mi familia, Villegas Lima y Paco Bautista, que siempre están conmigo en las malas y buenas.

Al Dr. Luis Freddy Vilcatoma Salas, por su apoyo en el asesoramiento en este trabajo de investigación.

A los Sociólogos Pedro Eloy y Julio Valeriano Condori Cerdán, por su apoyo en el asesoramiento técnico socio-cultural del presente trabajo de investigación y al Magíster MVZ. Cesario Cruz Anchapure.

A los comuneros (a) de la Comunidad milenaria de Huanuara, por su participación directa en la ejecución del trabajo de investigación, en especial a Robert Ramos Mamani.

Al Proyecto Espacial Tacna (PET), por la información hídrica de la micro cuenca de Huayñuma de la Comunidad de Huanuara.

A la Dirección Regional de Agricultura Tacna, por la información estadística agropecuaria.

## CONTENIDO

	Pág.
PORTADA.....	i
HOJA DE JURADO .....	ii
CERTIFICADO DE SIMILITUD .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
CONTENIDO .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	3
1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	3
<i>1.1.1. Problema principal o general</i> .....	5
<i>1.1.2. Problemas específicos</i> .....	5
1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
<i>1.2.1. Objetivo general</i> .....	6
<i>1.2.2. Objetivos específicos</i> .....	6
1.3. HIPÓTESIS .....	7

1.3.1. <i>Hipótesis general</i> .....	7
1.3.2. <i>Hipótesis específicas</i> .....	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	8
2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO .....	8
2.1.1. <i>Antecedentes internacionales</i> .....	8
2.1.2. <i>Antecedentes nacionales</i> .....	11
2.1.3. <i>Antecedentes regionales y locales</i> .....	14
2.2. MARCO TEÓRICO - CONCEPTUAL .....	16
2.2.1. <i>Las prácticas agronómicas</i> .....	16
2.2.2. <i>Las prácticas mecánicas estructurales</i> .....	18
2.2.3. <i>Conservación del sistema de andenes</i> .....	20
2.2.4. <i>Manejo del sistema de andenes</i> .....	23
2.2.5. <i>Contaminación de los suelos</i> .....	26
2.2.6. <i>Ecosistema</i> .....	30
2.2.7. <i>Definición de términos</i> .....	32
CAPÍTULO III: MARCO FILOSÓFICO .....	34
CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO .....	35
4.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	35
4.2. ACCIONES Y ACTIVIDADES PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO.	35
4.3. LA POBLACIÓN Y/O LA MUESTRA DE ESTUDIO .....	35

4.4. MATERIALES Y/O INSTRUMENTOS.....	36
4.5. TRATAMIENTO DE DATOS (ANÁLISIS ESTADÍSTICO).....	36
CAPÍTULO V: RESULTADOS.....	37
5.1. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	37
5.2. LAS PRÁCTICAS AGRONÓMICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS..	40
5.2.1. <i>La rotación de cultivos</i> .....	41
5.2.2. <i>El sistema de riego</i> .....	43
5.2.3. <i>Los cultivos asociados</i> .....	44
5.3. LAS PRÁCTICAS MECÁNICAS ESTRUCTURALES.....	47
5.3.1. <i>Rehabilitación de andenes</i> .....	47
5.3.2. <i>Infraestructura hidráulica</i> .....	52
5.4. CONSERVACIÓN DEL SISTEMA DE ANDENERÍA .....	55
5.4.1. <i>Control de la erosión</i> .....	56
5.4.2. <i>Las consecuencias de la erosión de suelos</i> .....	57
5.5. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ANDENERÍA .....	59
5.5.1. <i>La fertilización del suelo en el sistema de andenería</i> .....	60
5.5.2. <i>Prácticas de preparación de suelos</i> .....	64
5.5.3. <i>Calidad de suelos en andenes</i> .....	65
5.5.4. <i>Elección de parámetros</i> .....	66
5.5.5. <i>Toma de muestras</i> .....	66

5.5.6. <i>Análisis en laboratorio</i> .....	67
5.5.7. <i>Contaminación de los suelos</i> .....	79
5.5.8. <i>Geogénicas naturales</i> .....	81
5.6. EL SISTEMA DE RIEGO .....	82
5.7. USO DEL AGUA PARA RIEGO.....	87
5.8. LA ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO.....	90
5.9. PRODUCCIÓN AGROPECUARIA.....	108
5.10. EL ECOSISTEMA DE LA MICROCUENCA HUAYÑUMA DE LA COMUNIDAD DE HUANUARA .....	122
CONCLUSIONES .....	126
RECOMENDACIONES.....	128
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	129
ANEXOS .....	138

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Los cultivos asociados en la comunidad de Huanuara .....	45
<b>Tabla 2.</b> Tiempo de rehabilitación de los andenes en la comunidad de Huanuara .....	48
<b>Tabla 3.</b> Infraestructura hidráulica de la comunidad de Huanuara .....	54
<b>Tabla 4.</b> Causas de la erosión de suelos en la comunidad .....	56
<b>Tabla 5.</b> Las consecuencias de la erosión de suelos de la comunidad de Huanuara.....	57
<b>Tabla 6.</b> El mantenimiento del sistema de andenería en la comunidad de Huanuara....	59
<b>Tabla 7.</b> Los productos agroquímicos empleados por los agricultores de Huanuara.....	62
<b>Tabla 8.</b> Percepciones sobre el uso de fertilizantes químicos en los Cultivos.....	63
<b>Tabla 9.</b> Lugar en las que se toma la muestra de suelos y coordenadas UTM .....	65
<b>Tabla 10.</b> Características de los suelos – color, estructura, textura y permeabilidad.....	67
<b>Tabla 11.</b> Resultados de análisis fisicoquímico del suelo de la comunidad de Huanuara .....	72
<b>Tabla 12.</b> Muestras de calidad de suelo de la comunidad de Huanuara .....	77
<b>Tabla 13.</b> Percepciones Sobre la contaminación del suelo de los productores.....	79
<b>Tabla 14.</b> Percepciones sobre la eficiencia del riego en la comunidad de Huanuara ....	86
<b>Tabla 15.</b> Los requerimientos de agua para los cultivos.....	89
<b>Tabla 16.</b> Muestra de agua microcuenca Huayñuma – Huanuara – Candarave 29/08/22 .....	94
<b>Tabla 17.</b> Resultado de medición de agua y ambiente in situ monitoreo de hidrometría y codificación de manantial en la comunidad de Huanuara, 2021 .....	97
<b>Tabla 18.</b> Percepciones de la población sobre calidad del agua de uso agrícola.....	102
<b>Tabla 19.</b> La calidad del agua de uso agrícola.....	104

<b>Tabla 20.</b> Características de las aguas superficiales de río Locumba y estándares de calidad ECA D.S. 004-2017 MINAM .....	105
<b>Tabla 21.</b> Consecuencias de la contaminación del agua en la microcuenca Huayñuma .....	106
<b>Tabla 22.</b> Superficie de principales cultivos en la comunidad de Huanuara .....	108
<b>Tabla 23.</b> Producción agrícola de la comunidad Huanuara .....	113
<b>Tabla 24.</b> Tenencia de ganados bovino y ovino en la comunidad de Huanuara.....	116
<b>Tabla 25.</b> Población pecuaria de la comunidad de Huanuara 1964 – 2020 .....	119

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Ubicación del ámbito de estudio en la comunidad de Huanuara .....	38
<b>Figura 2.</b> El esquema hídrico de la sub cuenca río Callazas.....	39
<b>Figura 3.</b> Los beneficios de las prácticas de rotación de cultivos.....	42
<b>Figura 4.</b> El sistema de riego en la comunidad de Huanuara.....	44
<b>Figura 5.</b> Los beneficios de los cultivos asociados en la comunidad .....	46
<b>Figura 6.</b> Partes principales de un andén .....	50
<b>Figura 7.</b> Fertilización de suelos en la comunidad de Huanuara. ....	61
<b>Figura 8.</b> Proceso de preparación de suelos y labores culturales.....	64
<b>Figura 9.</b> Proceso de toma de la muestra de suelos .....	68
<b>Figura 10.</b> El triángulo de textura .....	69
<b>Figura 11.</b> Influencia de pH en las plantas y la asimilación de nutrientes.....	70
<b>Figura 12.</b> Suelo con alto contenido de sales, M_02, Chaullani.....	74
<b>Figura 13.</b> Percepción de los agricultores sobre la contaminación de los suelos agrícolas .....	80
<b>Figura 14.</b> Percepción de los agricultores sobre contaminación natural .....	81
<b>Figura 15.</b> Sistema de riego por gravedad provoca erosión de suelos y pérdida de agua .....	83
<b>Figura 16.</b> Lugares de la toma de las muestras de agua.....	93
<b>Figura 17.</b> Ubicación de las fuentes de agua en la microcuenca Huayñuma - Huanuara .....	100
<b>Figura 18.</b> El cultivo de alfalfa y orégano en andenería en la comunidad de Huanuara .....	110

<b>Figura 19.</b> Tendencia del cultivo de papa en la comunidad de Huanuara .....	115
<b>Figura 20.</b> Producción de maíz amiláceo en la comunidad de Huanuara .....	115
<b>Figura 21.</b> Población pecuaria de la comunidad, el proceso de decrecimiento 1964 - 2020.....	117
<b>Figura 22.</b> Andenes abandonados en la comunidad.....	125

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación denominado *Conservación y manejo del sistema de andenería bajo riego en la actividad agropecuaria de la comunidad de Huanuara, región Tacna* tiene el objetivo general de establecer el estado de la conservación y manejo del sistema de andenería bajo riego en la actividad agropecuaria de la comunidad de Huanuara de la región Tacna. Se utilizó la siguiente metodología: El enfoque de la investigación es cuantitativo y cualitativo de diseño no experimental, transeccional, descriptivo de observación naturalista, se empleó las siguientes técnicas: La observación directa, las entrevistas semiestructuradas y estructuradas, empleando el cuestionario, la guía de análisis documentaria y la de recolección de estadísticas, para ambas variables. La población estuvo constituida por 258 familias de la comunidad Huanuara y la muestra fue de 88 jefes de familia. Se concluyó que el estado de conservación y manejo del sistema de andenería en la comunidad de Huanuara presenta limitaciones relacionadas con la calidad y cantidad del agua para uso agropecuaria que tiene concentraciones de metales pesados como arsénico, boro, sodio y otros, encontrándose en estado combinado y, principalmente, en forma de sales en detrimento de los elementos químicos y físicos de los suelos con incidencia en la producción y la productividad de los cultivos.

**Palabras clave:** Sistema de andenes bajo riego, en la actividad agropecuaria.

## ABSTRACT

The present research work called, Conservation and management of the terrace system under irrigation in the agricultural activity of the Community of Huanuara, Tacna region, has the general objective, to establish the state of conservation and management of the terrace system under irrigation in the agricultural activity of the community of Huanuara in the Tacna region. The following methodology was used, the research approach is quantitative and qualitative, of a non-experimental, transectional, descriptive design of naturalistic observation, the following techniques were used: direct observation, semi-structured and structured interviews, using the questionnaire, the guide of documentary analysis and the collection of statistics, for both variables, the population consisted of 258 families from the Huanuara community and the sample was 88 heads of family, the conclusion was the state of conservation and management of the terrace system in the Huanuara community is relatively adequate, presenting limitations related to the quality and quantity of water for agricultural use, which has concentrations of heavy metals such as arsenic, boron, sodium and others, found in a combined state and mainly in the form of salts, which to the detriment of the chemical and physical elements of the soils that have an incidence on the production and crop productivity.

**KEYWORD:** System of terraces under irrigation, in agricultural activity.

## INTRODUCCIÓN

La actividad agropecuaria logra una significancia importancia en la medida que es el sustento de las familias rurales aporta al Producto Bruto Interno (PBI), en términos de empleo da participación, a aproximadamente el 28 % del empleo total; sin embargo, enfrenta un conjunto de retos, como agua para uso agrícola, el cambio climático, mercado, precios, inversión pública en innovación, investigación, tecnificación, productividad, entre otros. La balanza comercial de los productos agropecuarios de la sierra y valles interandinos es deficiente, debido al abandono sistemático del Estado. En este contexto, los agricultores de la comunidad Huanuara no son ajenos a esta realidad, por lo que, en el presente trabajo de investigación, se incide en la posibilidad de mejorar las condiciones de vida de los pobladores.

La investigación está estructurada en cinco capítulos. El primero está dedicado a la descripción del problema, los objetivos, la operacionalización de las variables, las hipótesis y la justificación. El segundo capítulo está referido al marco teórico y marco conceptual, contiene los antecedentes, que son trabajos de investigaciones vinculados al tema y relacionado con las variables que son motivo de estudio; el marco teórico conceptual, las prácticas agronómicas, mecánicas estructurales, la conservación y manejo de los suelos del sistema de andenería, el ambiente del ecosistema y definiciones de términos relacionados al trabajo de investigación. En el tercer capítulo, está el marco filosófico, donde se describe sobre la confianza y la representación fiel, justificada y fehaciente sobre el fenómeno estudiado. El capítulo cuarto, Marco Metodológico, contiene el diseño de la investigación y los métodos utilizados describiéndose los procedimientos, centrándose en cómo se utilizan a lo largo del trabajo de laboratorio, donde se obtuvieron los resultados para evaluar las muestras de los suelos de andenes y el agua de riego que usan; se analiza y discuten los resultados y se comentan los hallazgos según la metodología de trabajo; los equipos, materiales que se utilizaron y los procedimientos de monitoreo, la comparación con la normativa nacional vigente y la complementación con la determinación del índice de calidad del suelo y agua. En el quinto capítulo, sobre los resultados del trabajo de investigación, se describe la situación actual del sistema de andenería bajo riego, con las informaciones de campo, las descripciones de las tres zonas muestreadas y el análisis de laboratorio, con su

interpretación y clasificación de los resultados, se tomaron muestras de suelo de las plataformas de andenes cultivados con alfalfa y del agua que es usada en el riego por gravedad, siendo las muestras homogéneas. Los resultados son comparados entre zonas (Sequia grande, Chaullani y Ollería), para ver las condiciones físicas y químicas del suelo y agua encontrándose una mínima diferencia entre las tres zonas y un mantenimiento y manejo muy regular de los andenes. Por último, se presentan las conclusiones, recomendaciones, las referencias y los anexos del trabajo de investigación.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

La Comunidad de Huanuara tiene como base económica la actividad agropecuaria que se desarrolla en un sistema de andenería bajo riego, con una infraestructura hidráulica captada del río Callazas en la bocatoma Coranchay y luego en el repartidor Marisol, donde se da una repartición proporcional del recurso hídrico para cuatro distritos: Candarave, Cairani, Quilahuani y Huanuara. Cada uno conduce sus aguas por canales principales a sus respectivos distritos y luego, en la microcuenca de Huayñuma – Huanuara, se dividen en canales secundarios formando secciones de riego en diferentes lugares, las mismas que construyeron nueve pequeños estanques. Otra captación de aguas es Chaullani a dos kilómetros aguas abajo de la bocatoma Coranchay que también cuenta con un Estanque y los Manantiales que nacen en la microcuenca Huayñuma – Huanuara, tributario del río Locumba, que tiene cuatro Estanques, donde se represa el agua por las noches y en el día se riega haciendo uso eficiente del agua.

La actividad agropecuaria se desarrolla en un sistema de andenería bajo riego, donde se visualiza un proceso de disminución de la actividad agropecuaria, debido a factores relacionados con el agua en cantidad y calidad, afectando directamente a la producción, la biodiversidad, el ambiente. En el pasado, los pobladores han sido conscientes de la importancia de los andenes, pese a tener un nivel educativo menor, aunque un mayor nivel de conciencia ambiental.

Los daños ambientales y la disminución de la producción agrícola están relacionados con la concesión de agua otorgada por el gobierno peruano a la empresa minera Southern Cooper Corporación (Toquepala-Cuajone). Según Geng (2018), esta concesión de aguas implicó la explotación del acuífero Huaytire-Gentilar y las lagunas de Vizcachas y Suches, lo que ha resultado en la degradación de estas fuentes de agua y otras (como manantiales y ríos) que son higrgeológicas (p. 5). Es decir, se utilizan las aguas superficiales y subterráneas de la cabecera de la cuenca Locumba, especialmente, de la sub cuenca del río Callazas, llevándose las aguas de las lagunas de Suches y

Vizcachas, con daños irreversibles de los bofedales. En cuanto a la laguna de Aricota, que es un medio de almacenamiento y regulación natural, tiene una capacidad de almacenamiento de aproximadamente 804 Hm<sup>3</sup> (ANA A.-S. , 2010). En agosto del 2010, se registró 146 Hm<sup>3</sup>, debido al uso de sus aguas para la generación de energía hidroeléctrica, afectando la actividad agropecuaria del distrito de Curibaya, y al valle de la comunidad de Huanuara, sectores de Tambillo, Tres Cruces, Huaycara, y Angostura.

La disminución del recurso hídrico incide en la mengua de la producción agrícola y pecuaria. En décadas pasadas, la producción de la alfalfa era de cinco cortes por año, con un crecimiento vegetativo de 95 cm. de altura; en la actualidad, a lo sumo, es de tres cortes por año, con un desarrollo vegetativo de 35 cm. como promedio.

Como ejemplo del proceso a gran escala del paisaje antropogénico para gestionar los riesgos climáticos y geofísicos; extender la frontera agrícola o contribuir a reducir la erosión del suelo y aumentar la eficiencia de los recursos hídricos al mismo tiempo que aumentan las oportunidades de producción, se citan los andenes y las terrazas según Kendall y Rodríguez (2009). Las culturas prehispánicas tardías eligieron las características que mejor se adaptaban a su construcción, pero se sabe poco sobre las prácticas estructurales mecánicas contra el daño potencial de la actividad cósmica, los terremotos y los huracanes. En la actividad agrícola, el uso del estiércol de ovino ha sido un abono orgánico excepcional por su alto contenido en nitrógeno, potasio, fósforo y materia orgánica; sin embargo, algunos productores habrían introducido fertilizantes químicos y plaguicidas en desmedro de la agricultura orgánica y la conservación del ambiente. Por otro lado, frente a la presencia de plagas era habitual utilizar la ceniza para controlar y como repelente, hasta servía como abono. El uso de productos de grado industrial modifica, tanto la lógica de la agricultura orgánica como la cosecha sostenible. Fonseca et al. (2019), desde la perspectiva del conservadurismo, buscan alternativas para aminorar el daño ambiental, que se produce especialmente por prácticas agropecuarias improcedentes.

El uso de productos fármaco industriales, estaría rompiendo la lógica de una agricultura orgánica y una ganadería ecológica. Albarracín, Fonseca y López (2019),

desde una perspectiva de la conservación, indagan opciones que disminuyen el impacto ecológico, causado principalmente por labores agropecuarias inadecuadas.

De no alcanzarse alternativas frente a este problema con el transcurrir de los años, todo el sistema de andenería habrá sucumbido en desmedro de la producción, la economía familiar y la conservación del ambiente, de ahí la importancia del estudio que se plantea.

Por todas estas consideraciones, se cree que fue un reto para la investigación encontrar los factores limitantes en la conservación y manejo del sistema de andenería bajo riego, como las causas del deterioro ambiental y la disminución de la producción y la productividad agropecuaria.

### ***1.1.1. Problema principal o general***

¿Cuál es el estado de la conservación y manejo del sistema de andenería bajo riego en la actividad agropecuaria de la comunidad de Huanuara de la región Tacna?

### ***1.1.2. Problemas específicos***

- A. ¿Cómo se desarrollan las prácticas agronómicas en las actividades agropecuarias en la comunidad de Huanuara?
- B. ¿Qué prácticas mecánicas estructurales se desarrollan en las labores de conservación y manejo del sistema de andenería bajo riego en la comunidad de Huanuara?
- C. ¿Los suelos del sistema de andenería en la comunidad de Huanuara para la actividad agropecuarias presenta degradación por uso de aguas contaminadas?
- D. ¿Qué características presenta el ecosistema en la comunidad de Huanuara?

## **1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El propósito del trabajo de investigación ha sido el de conocer sobre las características de la comunidad de Huanuara relacionadas con la poca actitud en la conservación y manejo del sistema de andenería bajo riego, la misma que afecta no solo

la producción agropecuaria, sino también lo ambiental, todo ello dentro del contexto del cambio climático y el calentamiento global.

A través de la investigación, se establece el estado de conservación y manejo del sistema de la andenería bajo riego, en las actividades agropecuarias en la comunidad de Huanuara. Se analiza el desarrollo de las prácticas agronómicas en las actividades agropecuaria, describiendo el manejo de suelos, la aplicación de medidas correctivas para mejorar la capacidad productiva y el manejo del agua de riego.

Con la investigación, se han identificado las prácticas mecánicas estructurales que se desarrollan en la conservación y manejo del sistema de andenería bajo riego, como las estructuras diseñadas para el control de la erosión, la reducción de la escorrentía superficial y las modificaciones en cuanto a la longitud, la inclinación de la pendiente de los suelos y otros aspectos.

A través del proceso de la investigación, se comprobó los niveles de la degradación de los suelos por el uso de aguas contaminadas, que han modificando el desarrollo del ciclo biogeoquímico elemento de la naturaleza, proceso que ha permitido describir las características del manejo de las aguas, suelos, la conservación y manejo del sistema de andenería bajo riego, teniendo en cuenta que, en un escenario tendencial, se ha incrementado la tasa de la emigración de la población rural a los centros urbanos, fenómeno que ha provocado la disminución significativa de la Población Económicamente Activa (PEA), situación que influye en la participación en la conservación y manejo del sistema de andenería bajo riego y en la baja producción y productividad.

### **1.2.1. *Objetivo general***

Establecer el estado de la conservación y manejo del sistema de andenería bajo riego en la actividad agropecuaria de la comunidad de Huanuara de la región Tacna.

### **1.2.2. *Objetivos específicos***

- A. Analizar el desarrollo de las prácticas agronómicas en las actividades agropecuaria en la comunidad de Huanuara.

- B. Identificar las prácticas mecánicas estructurales que se desarrollan en las labores de conservación y manejo del sistema de andenería bajo riego en la comunidad de Huanuara.
- C. Determinar si los suelos del sistema de andenería en las actividades agropecuarias presentan degradación por el uso de aguas contaminadas.
- D. Determinar las características del ecosistema de la comunidad Huanuara.

### **1.3. HIPÓTESIS**

#### ***1.3.1. Hipótesis general***

El estado de la conservación y manejo del sistema de andenería bajo riego es relativamente deficiente en las actividades agropecuarias de la comunidad de Huanuara de la región Tacna.

#### ***1.3.2. Hipótesis específicas***

- A. Las prácticas agronómicas en las actividades agropecuarias son relativamente deficientes a pesar de su importancia económica en la comunidad de Huanuara.
- B. Las prácticas mecánicas estructurales que se desarrollan en las labores de conservación y manejo del sistema de andenería bajo riego son diversas por el destino final de los productos en la comunidad de Huanuara.
- C. Existe contaminación de suelos en las actividades agropecuarias como producto del uso de las aguas degradadas.
- D. El ecosistema de la comunidad de Huanuara se encuentra en un proceso de deterioro.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

##### 2.1.1. *Antecedentes internacionales*

Pérez y Juan (2016) elaboró la tesis *Agricultura de terrazas en el cerro Tenismo, Toluca, México. Revista Terra Nueva Etapa. Universidad Central de Venezuela*. El objetivo fue caracterizar el sistema de terrazas del cerro Tenismo en Calixtlahuaca, Toluca, México, destacando sus componentes principales: Muros de contención, zanja, vegetación, cultivos. La investigación es cualitativa, a través de la observación directa y la descripción del agroecosistema. Se llegó a la conclusión: En México, uno de los sistemas agrícolas tradicionales y antiguos que ha sido poco estudiado son las terrazas. Los componentes que presentan las terrazas del Cerro Tenismo se relacionan con las condiciones geográficas, topográficas, ambientales y ecológicas peculiares de ese espacio geográfico. La configuración del paisaje agrícola está conformada por un sistema de terrazas escalonadas interconectadas entre sí. Los muros de contención, las zanjas y la vegetación son los elementos importantes que determinan la variedad de terrazas y su manejo.

Cajas (2015) realizó investigación *La realidad agro productiva y su relación con las potencialidades agroecológicas en la comunidad San Jacinto, Parroquia Unión Milagreña*, tesis para optar Maestría en Agroecología y Ambiente, Universidad Técnica de Ambato – Ecuador. El objetivo del trabajo fue determinar la realidad agro productiva en la comunidad San Jacinto de la Parroquia Unión Milagreña, y su relación con las potencialidades agroecológicas con el fin de diseñar un modelo teórico de finca agroecológica aplicable al mejoramiento de la productividad del sector. El enfoque fue cuantitativo y cualitativo por la revisión bibliográfica y el tipo de investigación es descriptivo. El autor llegó a la siguiente conclusión: La realidad agro productiva en la comunidad San Jacinto de la Parroquia Unión Milagreña, ha cambiado con el pasar de los años, por un lado las fincas se caracterizan por una baja productividad, debido a que los cultivos son antiguos, poco productivos y no cuentan con mantenimiento por la crisis en

el sector agropecuario, pese a que Petroamazonas EP, a través de Plan Relaciones Comunitarias PRC, ha entregado soporte en el área de Autogestión / Proyectos Productivos con el fin de incidir positivamente en la comunidad tomando en cuenta las condiciones socioculturales de la zona. Por otro lado, a esta situación se debe sumar la variabilidad de los precios del mercado y la decreciente demanda para ciertos productos agrícolas.

Dobronski y Chango, (2014) realizaron la investigación *Evaluación del avance agroecológico mediante indicadores de sustentabilidad en las fincas de la unión de organizaciones productoras agroecológicas y comercialización asociativa PACAT*, tesis de Maestría en Agroecología y Ambiente, Universidad Técnica de Ambato - Ecuador. El objetivo del estudio fue establecer de forma participativa la evaluación del avance agroecológico mediante indicadores de sustentabilidad en las fincas de la Unión de organizaciones productoras agroecológicas y comercialización asociativa PACAT. El enfoque fue mixto tanto cualitativo como cuantitativo y el tipo de investigación es de carácter descriptivo. El autor llegó a la siguiente conclusión: Se puede identificar un cambio en la tecnología de producción. No hay información formal sobre el total de tierra en la que incide el proyecto, pero se considerará una media de 1.2 ha por familia, dividida en 4 a 5 lotes, así como también la participación de cuatro a cinco miembros en cada familia con la participación de 92 fincas en la investigación, la PACAT apoya la producción agroecológica de 100 distribuidas en las tres zonas donde predominan los diez componentes con calificaciones diferentes.

Herrera y Alí. (2009) publicaron Paisajes del Desarrollo: La ecología de las tecnologías andinas, Revista Antípoda de la Universidad de los Andes UNIANDÉS, Bogotá, Colombia. El objetivo fue aprender de los errores del pasado, a la vez que replantear la recuperación de tecnologías indígenas como una estrategia efectiva para articular propuestas viables que sirvan de alternativas a las comunidades de la región en los campos agrícola, pastoril y agroforestal. Es un artículo analítico y descriptivo de las experiencias de casos localizados en Argentina, Bolivia, Ecuador y Perú. Una de sus conclusiones es relevante al manifestar que el éxito de las tecnologías agrícolas y pastoriles surgidas en el continente americano es evidente, en cuanto permitieron soportar densas poblaciones en ambientes hoy considerados inhóspitos u hostiles y dieron lugar a

la domesticación de decenas de familias de plantas y animales, algunos de los cuales forman la base de la alimentación mundial, todo ello sin necesidad de hierro, concreto, agroquímicos ni microprocesadores. Sin embargo, las posiciones facilistas chocan con el recurrente fracaso de los esfuerzos de implementación desplegados a lo largo de tres décadas en el campo de la recuperación de tecnologías indígenas “marginadas” o incluso “perdidas”.

Nolasco y Ramirez (2011) realizaron el estudio *Diseño de la automatización del sistema de riego en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zacatenco*, tesis para optar el título en Ingeniería en Control y Automatización, Instituto Politécnico Nacional, México. La investigación tuvo como objetivo automatizar y controlar el sistema de riego para evitar el desperdicio de agua mediante el uso de un controlador lógico programable y dispositivos de control. El enfoque de investigación es de carácter cuantitativo y cualitativo y tiene el diseño de investigación experimental. Desarrolla el controlador lógico programable con los diferentes elementos o dispositivos de campo, así también se presenta la programación que incluye el diseño de un programa que ayuda para monitorear y controlar el proceso del sistema de riego. y tiene como conclusión la siguiente: Con la automatización del riego se puede obtener un gran ahorro de agua y energía a la vez. Esto se logra mediante la programación que se implementó, ya que el tiempo de riego es corto y así mismo al terminar de regar se apaga todo el sistema para ahorrar energía.

Juárez (2008) realizó la investigación *Efecto de tecnologías de conservación de suelos, Agroforestería y diversificación de cultivos, implementadas por el PAES, en Tenancingo y Guazapa*, tesis para optar el Título Maestro en Ciencias en Agricultura Sostenible, Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas Programa de Postgrado en Agronomía Tropical Sostenible. El objetivo es la identificación de tecnologías de mayor aceptación, preferencia y con mayor adopción potencial, el efecto de los incentivos en la incorporación de las mismas a nivel de finca y el aporte de la estrategia de extensión y la capacitación para la incorporación de tecnologías en fincas de productores. La metodología ha consistido en la recolección de información mediante encuestas y registros de la base de datos de los productores encuestados. Las encuestas se codificaron y se analizaron mediante el programa SAS. También se utilizó la prueba de

“t” de Student. El autor llega a la siguiente conclusión: Las prácticas y obras de conservación de suelos y agua, fueron aceptadas por el 99% de los productores involucrados en el estudio, siendo incorporadas en sus fincas entre tres a cuatro tecnologías principalmente: barreras vivas, manejo de rastrojos, terrazas individuales y acequias de ladera.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Benites (2016) realizó el estudio *Influencia del proyecto recuperación de andenes en el Mejoramiento de la calidad de vida en la comunidad barrio bajo, Matucana*, tesis para optar el título de Magíster en Gestión Pública, Universidad César Vallejo. El objetivo general fue determinar la influencia del proyecto recuperación de andenes en el mejoramiento de la calidad de vida en la Comunidad Barrio Bajo – Matucana – Periodo 2010 – 2013. La metodología se basó en la investigación básica de diseño cuasi experimental con un enfoque cuantitativo. El autor llegó a la siguiente conclusión: Existe evidencia significativa para afirmar que el grupo experimental obtuvo resultados gratificantes en relación al grupo control. Además, las mediciones antes y después de la aplicación de la intervención del Proyecto Recuperación de Andenes, tanto en el grupo experimental como en el grupo control fueron significativas.

Mayorga (2014) realizó la investigación *Recuperación del sistema de andenería en el ámbito de la microcuenca Chucumayo, distrito de Matucana, Provincia de Huarochirí, Departamento de Lima*, Artículo de investigación de la Revista del Instituto de Investigación (RIIGEO), FIGMMG – UNMSM. Tuvo como objetivo determinar que la recuperación de los andenes es una alternativa para el desarrollo rural sostenible en la microcuenca Chucumayo. La conveniencia del uso de los andenes no se restringe solamente a convertir las laderas en tierras cultivables y ampliar el área del suelo, sino también a proteger el medio ambiente, la gestión del agua, la reducción del riesgo de heladas y controlar la erosión. Es un artículo de enfoque cualitativo y de tipo descriptivo. Una de sus conclusiones precisa que casi la totalidad de la andenería existente en las comunidades de la microcuenca Chucumayo se construyó en tiempos prehispánicos y se observa la presencia de instituciones estatales y privadas que fomentan la conservación y puesta en uso de este capital físico-natural.

Yakabi (2014) realizó el *Estudio de las propiedades edáficas que determinan la fertilidad del suelo en el sistema de andenería de la comunidad campesina San Pedro de Laraos, Provincia de Huarochirí, Lima*, tesis para optar el título de Licenciada en Geografía y Medio Ambiente, Pontificia Universidad Católica del Perú. El objetivo fue evaluar los parámetros físicos y químicos que determinan la fertilidad del suelo en el sistema de andenería de la CC.CC. San Pedro de Laraos, con la finalidad de revalorar e incentivar el reaprovechamiento de dicha tecnología por parte del campesino andino, y así garantizar la seguridad alimentaria de la población local. El enfoque de investigación fue mixto, es decir cuantitativo y cualitativo y tiene un método descriptivo, analítico y cartográfico y tiene como conclusión de que: Los sistemas de andenería son una tecnología prehispánica con varios aspectos para ser estudiados. Hay ciencias que ya han producido conocimiento sobre ellos, como la arqueología, dando a conocer su origen, uso y funciones que tuvo en el Perú antiguo; la antropología, explorando el papel actual de los andenes en las comunidades andinas; y la ingeniería, tratando de entender y replicar esta tecnología tradicional. Sin embargo, quedan vacíos en la producción de información, como es en la ciencia de la Edafología. En el Perú, no existen estudios sobre el suelo de los andenes a pesar de ser un recurso cultural que persiste y abunda en los Andes. Esta investigación pretende ser una contribución al conocimiento sobre los suelos de andenes.

Ruiz (2016) realizó el *Estudio Físicoquímico del suelo del sistema de andenería del centro poblado Caca, Provincia de Yauyos, Lima*, tesis para optar el grado de Magister en Química, Pontificia Universidad Católica del Perú. El objetivo del trabajo consistió en evaluar la fertilidad de los suelos agrícolas en el sistema de andenería del centro poblado de Caca, provincia de Yauyos, región Lima con el fin de contribuir con el desarrollo socioeconómico de los pueblos rurales. La investigación tuvo un carácter mixto es decir es cuantitativo y cualitativo y utiliza la metodología aplicada. Como conclusión sobre andenería sostuvo que se diseñó y se ejecutó con éxito el plan de monitoreo de suelo en el sistema de andenería del centro poblado, recabando información de los indicadores físicoquímicos de la calidad de suelo.

Kendall y Rodríguez (2009) realizaron el estudio *Desarrollo y perspectivas de los sistemas de andenería de los andes centrales del Perú. Investigación auspiciada por el Institut Francais d'études andinos*. El objetivo de este libro fue presentar un análisis

amplio y actualizado de los sistemas de andenería y terrazas prehispánicas. Se busca comprender cuáles son las funciones y características que conforman un capital ambiental y cultural que pueda contribuir al desarrollo rural andino en el siglo XXI. Entre sus conclusiones de estudio sostuvo que los sistemas de andenería en los Andes centrales contribuyeron a la seguridad alimentaria y al desarrollo de las civilizaciones andinas prehispánicas. Actualmente el tejido socioeconómico andino está empobrecido, con escasa cohesión y falta de políticas coherentes que promuevan un desarrollo sustentable.

Quispe (2010) realizó la investigación *Planteamiento del sistema de riego presurizado en andenería en la microcuenca Huacaccara Cotahuasi – Arequipa*, tesis para optar el título de Ingeniero Agrícola, Universidad Nacional del Altiplano Puno. Tuvo como objetivo general plantear un sistema de riego presurizado en andenería para la micro-cuenca Huacaccara, rescatando la infraestructura actual y la estructura organizacional existente en la zona que consideramos positivos para lograr el objetivo. El enfoque de la investigación fue cualitativo y tiene un método descriptivo - deductivo, de tipo aplicado y se ha implementado una secuencia de actividades de gabinete - campo y laboratorio. Este estudio llegó a la siguiente conclusión: Desde el punto de vista suelos, se concluye el 33 % de la extensión estudiada que cubre una superficie de 444.36 Has., de suelos agrícolas, presenta condiciones aptas para implementar un sistema de riego presurizado, es decir presenta buenas características, edáficas, fisiográficas, topográficas, posibilitando la tecnificación del sistema de riego actual.

Chirinos (2017) en *Efecto de la dosis de riego en el consumo y eficiencia del uso de agua de un ecotipo local de quinua (Chenopodium Quinoa Willd) en milímetros de drenaje en la comunidad de Ccaje – Juli – Chucuito – Puno, campaña 2015 – 2016*, Tesis para optar el grado académico de Magíster Scientiae en Ingeniería de Recursos Hídricos, Universidad Nacional del Altiplano Puno, tuvo como objetivo general determinar el efecto de la dosis de riego en el consumo de agua y la eficiencia de uso del agua de un ecotipo local de quinua (Chenopodium quinoa Willd) en milímetros de drenaje en la Comunidad de Ccaje - Juli - Chucuito - Puno, Campaña 2015 – 2016. Es una investigación experimental de tipo analítico, explicativo, prospectivo y longitudinal. Llegó siguiente a la conclusión: Las diferentes dosis de riego tienen un efecto directo, pero en distinta proporción, en el rendimiento, altura de planta, diámetro del tallo, peso de la biomasa y

longitud de la panoja; lo cual básicamente se debe a que la mayor evapotranspiración de la planta produce más biomasa, que se traduce en mayor producto y mayor desarrollo de dichos parámetros.

Vilca (2013) realizó el estudio *Propuesta de mejoramiento del sistema de riego por aspersión en andenes del sector Sahuarani de la comunidad de Quiaca ayllu – Sandia*, tesis para optar el título de Ingeniero Agrícola, Universidad Nacional del Altiplano – Puno. El objetivo del trabajo de investigación fue la de proponer una propuesta de mejoramiento del sistema de riego por aspersión en andenes. Es una investigación cualitativa y con una metodología referencial. En este estudio se llegó a la siguiente conclusión: Con base a los resultados del diagnóstico realizado y la propuesta de mejoramiento del sistema de riego por aspersión en andenes se ha llegado a concluir en lo siguiente: Realizada la evaluación de aplicación del agua se obtiene un coeficiente de Uniformidad de riego de 42,70 % y una eficiencia de Aplicación de 38,40 %. Dichos datos están muy por debajo del valor dado de Efa. 75 % en Bibliografías.

### **2.1.3. Antecedentes regionales y locales**

Zuñiga (2018), en su estudio *Gobierno de los recursos de uso común: Una historia de la regulación del agua en la cuenca alta de Locumba, 1950 – 2015*, Tesis para optar el título de Licenciada en Economía, Pontificia Universidad Católica del Perú tuvo como objetivo documentar las reglas o instituciones, formales que han operado en la gestión del agua de una cuenca de la vertiente del pacífico. El enfoque de la investigación es cualitativo y es de tipo deductivo – inductivo, y tiene como conclusión: Desde la década de 1950, las licencias de uso de agua para fines mineros, enmarcadas en el Código de aguas de 1902, el Código de minería de 1950 y Ley de Aguas 1969, no se otorgaron bajo información completa del recurso hídrico y de su extensión espacial 69. A la vez, las autoridades de aguas de los dos últimos regímenes de agua no pusieron en práctica mecanismos de supervisión del cumplimiento de la licencia (acuerdo) para uso minero. La credibilidad en el sistema de regulación no es construida por los agentes a lo largo del tiempo, lo cual aporta a la formación del conflicto social del 2011 y una serie de intentos de auto-organización mediante Mesas de Trabajo.

Uscamayta (2011), en su *trabajo Clasificación de tierras del distrito de Locumba por capacidad de uso mayor*, tesis presentada a la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, tuvo como objetivo realizar un mapa básico de suelos según su capacidad de uso mayor semidetallado del distrito de Locumba, con su leyenda descriptiva. La investigación es "descriptivo y analítico", busca cualificar la susceptibilidad del uso actual de la tierra confrontada con la capacidad de uso mayor de la tierra. Su conclusión es: La obtención del mapa por capacidad de uso mayor de tierras adquiere mayor confiabilidad, cuanto mayor es el número de variables analizadas, dentro de una confrontación de mapas temáticos en el marco de un análisis matricial. Siendo que a mayor integración de mapas temáticos existe una mayor precisión de la capacidad de uso del recurso tierra, -99- especialmente con el mapa de pendientes. Es por ello que se utilizó el mapa geológico, mapa fisiográfico, mapa de zonas de vida, mapa de pendientes, y el mapa climático.

Yufra y Villegas (1990) realizaron el estudio *Evaluación parasitaria y características productivas de bovino y ovinos, en el área Candarave de la Microrregión de Tarata – Tacna*, tesis para optar el Título de Médico Veterinario y Zootecnista. Universidad Nacional del Altiplano Puno. Tuvo como objetivo general: Determinar la prevalencia de parásitos internos, externos y la estructura de los rebaños, los factores que caracterizan la ganadería en el área Candarave de bovinos y ovinos en los distritos de Huanuara, Quilahuani, Cairani y Candarave. La investigación ha tenido un enfoque cuantitativo y cualitativo y ha sido de tipo exploratorio y descriptivo. El estudio llega a la conclusión siguiente: La población de bovinos de los 04 distritos es de 9,850 y de 10,530 ovinos y se trabajó con el 10 % para la toma de muestras. y se aplicó encuestas semi estructuradas. La prevalencia general de parasitismo endo y ectoparásitos, en la especie bovina es de 45,47 % y en ovinos de 31,37 %. La estructura de los rebaños conformados como promedio de 11 bovinos sistema de crianza extensiva la producción de leche por campaña de 5,9 litros en 211 días, procesados en quesos frescos artesanal de un kilo aproximado y el peso carcasa promedio de 250 kilos; en el caso de ovinos cada productor campesino, tiene 12 de ovinos como promedio de crianza semi extensiva, durante las noches los traen a sus corales que se ubican en su domicilio y en el día los pastorean en sus respectivos potreros junto con los bovinos, el peso promedio de la

carcasa es de 40 kilos, la esquila la realizan cada año con un peso promedio de 3,5 kilos y el estiércol es utilizado como fertilizante de los cultivos especialmente las papas y maíz.

Gordillo (1984), en su trabajo *Desarrollo Regional Tardío y Ocupación Inca en la pre – cordillera de Tacna*, artículo de investigación arqueológica en el ámbito regional de Tacna publicado en la Revista Ciencia y Desarrollo, tuvo como objetivo hacer un trabajo de reconocimiento y exploraciones arqueológicas en los valles pre - cordilleranos de Sitajara, Yabroco y Susapaya (provincia de Tarata). El artículo es de un enfoque cualitativo y de tipo descriptivo. Se sostiene que: Los trabajos de investigación arqueológica realizados en Tacna, para los períodos culturales planteados en el presente escrito se desarrollaron fundamentalmente en el litoral y los valles costeros hasta tocar algunos espacios de las primeras estribaciones cordilleranas tacneñas. Los registros nos "hablan" de la presencia de varios sitios que identifican a poblaciones con conocimiento amplio de la cerámica, textilera, agricultura, domesticación de animales, pesca, arte rupestre y arquitectura.

## **2.2. MARCO TEÓRICO - CONCEPTUAL**

### **2.2.1. Las prácticas agronómicas**

Sobre las tecnologías de conservación de recursos naturales, la Cooperación Técnica Alemana GTZ, (s.f.) considera que:

Las prácticas agronómicas y culturales se encuentran relacionados al manejo de los cultivos y los suelos, el uso de enmiendas para aumentar el potencial de rendimiento de los cultivos, el uso de vegetación (agrosilvicultura) y el manejo de aguas superficiales para el riego (p. 17)

Las prácticas agronómicas serán eficientes cuando “con las técnicas de conservación de suelos se reduce o elimina el arrastre y la pérdida por acción de la lluvia y el viento” (Castillo y Ceballos, 2016, p. 21) y, en cuanto a las prácticas mecánicas estructurales, son “necesarias para el control de los procesos erosivos, pero deben complementarse con las prácticas agronómicas, para asegurar una eficiente y duradera conservación del suelo” (AGRORURAL, 2014, p. 10).

**La rotación de cultivos.** Rotación de cultivos, según Studdert, (2006) son la “siembra sucesiva de diferentes cultivos sobre la misma porción de terreno” (p. 4). Otros autores prefieren hacer una diferenciación en la secuencia y rotación de cultivos. La primera se define como la sucesión de cultivos sistemáticos en el tiempo cuando se siembra en una misma superficie, mientras que la rotación de cultivos se refiere a las situaciones en que la secuencia de cultivos cuando es repetida.

En cuanto a la rotación de cultivos, Escandón (2012) señala lo siguiente: “En contraste, el monocultivo es la siembra repetida de una misma especie en el mismo campo, año tras año” (p. 49). La programación de un ciclo de rotación es un tema complejo, porque se debe tener en cuenta el estado de los suelos después de la cosecha, si resulta apropiada para la siguiente campaña de cultivos, que se pretende sembrar.

**Manejo de riego.** Uno de los recursos necesarios para el desarrollo de las actividades agrícolas es el agua. Al respecto, Taboada (2011) dice que el “abandono de andenes respondía en un 80 % a la escasez de agua para riego” (p. 8) y, en cuanto al manejo del agua de riego, desde la posesión de pronamachcs (2004), tiene que ver con lo siguiente:

La reposición exacta del agua y su almacenamiento en la zona de las raíces de las plantas que han sido consumidas por factores del poder evaporativo de la atmósfera, entre dos eventos inmediatas de riego, evitando como resultado condiciones restringidas de disponibilidad. (p. 424)

La necesidad del agua de riego, según Pronamachcs (2004), está en lo siguiente:

Considera la eficiencia del uso del agua de riego y necesidades adicionales para el lavado de sales, si fuere necesario. Si las plantas reciben agua de otras fuentes, como la lluvia, agua depositada en el subsuelo, el requerimiento de riego puede considerarse mínimo que la de evapotranspiración (p. 426)

Sobre el manejo inadecua de las aguas para riego, Vásquez et al. (2016) argumentan:

Procesos de riego inadecuados en zonas bajas provocan inundaciones y un inadecuado manejo del agua provocando pérdidas por percolación profunda, lo que se traduce en severos problemas de encharcamiento y salinización de suelos productivos y el abandono o reducción de la productividad de esas superficies. (p. 169)

**Los cultivos asociados.** La agricultura tradicional y respetuosa con el medio ambiente utiliza la asociación de cultivos como método de manejo de los cultivos, lo que constituye una de las técnicas más efectivas de la agricultura ecológica en cuanto a la instalación de plantas de distintas especies en una superficie. Esta es una práctica que consiste en la instalación de dos o más cultivos en la misma superficie, los cultivos se alternan en el mismo surco o en surcos contiguos, según la GTZ:

La finalidad de los cultivos asociados es conservar las propiedades del suelo y proteger de las enfermedades y plagas, es una práctica desde la perspectiva de la conservación, consiste en ofrecer al suelo la mayor cobertura vegetal, para protegerlo del impacto destructivo de la lluvia; además de conservar la productividad de los suelos. (GTZ, s.f., p. 18)

La combinación de especies de cultivares que extraen o proporcionan varios tipos de nutrientes podría aumentar la viabilidad económica de los cultivares asociados en relación con los monocultivos que crecen en condiciones similares. Además, disminuye los riesgos de condiciones de crecimiento adversas causadas por factores relacionados con el cambio climático.

### **2.2.2. *Las prácticas mecánicas estructurales.***

Las prácticas mecánico-estructurales constituyen el desarrollo de estructuras diseñadas para controlar la erosión de los suelos a través de modificaciones en la inclinación de la pendiente y la longitud del suelo. Según la Cooperación Técnica Alemana GTZ (s.f.), ocurre cuando “la vegetación ha sido reducida y eliminada, la erosión hídrica es inevitable; haciéndose necesarias prácticas mecánico – estructurales para desviar, reducir la velocidad, almacenar o deshacerse del agua de escorrentía de manera segura, reduciendo al mínimo el transporte de sedimentos” (p. 75). Estas acciones

serán complementadas con prácticas agronómicas y vegetativas, para el control eficiente de la erosión y mejoramiento de los suelos, diseñados con base a principios de ingeniería y conocimiento de hidráulica, estructuras, mecánicas de suelos y meteorología, para la construcción de obras hidráulicas como: pozas de captación de agua de escorrentía, drenaje, canales de evacuación y desvíos, entre otras. Estos procedimientos se utilizan para disminuir la energía y controlar la descarga de la masa de agua con mezcla de lodo.

**La rehabilitación de andenes.** La rehabilitación del sistema de andenes son el conjunto de técnicas y procedimientos para restablecer y recuperar su funcionamiento del andén. Kendall y Rodríguez (2009) sustentan que:

La reparación de andenes constituye una intervención encaminada a restituir la estructura física a su estado original a través de obras civiles de restauración con las mismas técnicas, incluyendo acequias desde la captación hasta los andenes. La restauración significa restaurar la funcionalidad original, es decir, usar la infraestructura para lo que fue construida el andén. En otras palabras, la restauración es el objetivo de la restablecer la organización de desarrollo rural, ello significa reponer la función agrícola del andén. Para el Instituto Nacional de Cultura (INC), parece tratarse de preservar y presentar la historia, no dándole una función agrícola, sino turística. En esta perspectiva se dice de patrimonio cultural, mientras que el otro se trata de un patrimonio vivo. (Capítulo 6. Experiencias de proyectos de desarrollo rural en sistemas de andenería, párr. 2)

**Infraestructura hidráulica.** Consiste en una obra de ingeniería, que cumple con el aprovechamiento hídrico y afectación de un bien natural relacionada al agua. Existen infraestructuras hidráulicas de diversas magnitudes y características. Al respecto, Melgarejo (2015) describe que:

La Infraestructura hidráulica mayor, son estructuras de mayor dimensión en su construcción, operación y mantenimiento, como trasvase, regulación, medición, captación, drenaje principal, entre otros. La clase A los volúmenes mayores a 180 mmc, la clase B tiene volúmenes de 20 a 180 mmc, la clase C son las obras de trasvase de sistema permanente.

La infraestructura hidráulica menor son pequeñas estructura empleadas para facilitar servicios de distribución y abastecimiento de agua desde el punto de captación de la principal infraestructura de agua o fuente natural de agua hasta su entrega final a una persona menor de 20 mm., son instalación de instrumentos de medición y la ejecución de obras mínimas tales como colocación de muros de piedra, mantenimiento de canales y obras similares que no alteren los cursos de agua o cuerpos naturales, la cantidad o calidad del agua, se puede ejecutar con autorización previa. No requieren instrumentación ambiental y se construyen utilizando informes de inspección sin observación. Incluyendo badenes, sistemas de alcantarillado (para carreteras), cruces temporales, zanjas y otras obras. (sección concetos, párrafos 8, 9 y 10).

### **2.2.3. *Conservación del sistema de andenes***

Según Vásquez et al. (2016), “los andenes son realmente terrazas que son construidas en forma de escaleras con la finalidad de cortar la pendiente de las laderas, transformándolas en plataformas de terreno horizontal, sostenidas por muros de piedra ligeramente inclinados hacia adentro” (p. 54). A demás, se puede cultivar en secano, es decir, con aguas de las lluvias o bajo riego. Al respecto, León (2014) sustenta que “los andenes tienen varios componentes: reservorios, canales, muros de contención y plataformas de cultivo. También hay andenes de secano, que sólo se abastecen de la lluvia. Son de gran importancia en el contexto del cambio climático” (párr. 2). Los andenes y las terrazas no solo permiten el control de la erosión, sino que optimizan y retienen el uso del agua, así como dicen que contrarrestan los efectos de las bajas temperatura. Además, como servicios ambientales, cumplen fines estéticos que posibilitan el desarrollo del turismo.

Para Hurtado, (1999), respecto a las acciones de conservación del sistema de andenes, manifiesta:

Cuando se trata de agricultura, es deseable un uso más intensivo de la tierra, especialmente cuando se realizan esfuerzos de conservación para preservar los

humedales. Por otro lado, un mayor uso de la tierra resultará en una degradación ambiental y una mayor carga para sus habitantes. (p. 18)

**Control de la erosión.** La reducción de la fertilidad del suelo y la productividad de la tierra debido a la erosión es un problema, factor que contribuye a mayor empobrecimiento de los campesinos, aun cuando las tierras agrícolas son escasas.

Como afirma Tolmos (2004), “el problema es más severo en alturas mayores, que son las zonas donde los agricultores más pobres se ven obligados a trabajar tierras que no son apropiadas para el uso agropecuario” (p. 14). Se conoce como erosión a un proceso de degradación y arrastre del suelo provocado por la acción del agua o del viento.

En el proceso de la erosión de suelos, según opina León (2001):

Implica la presencia de dos participantes activos en el proceso: el agua, el viento, o su participación alterna; la vegetación, en cambio, actúa como regulador de las interacciones entre los dos elementos. La erosión es entendida desde una perspectiva geomórfica y de formación del paisaje como parte del proceso de morfología, que modifica y moldea la superficie terrestre. La relación entre este proceso geomorfológico y factores internos y externos como el clima y la topografía. (p. 27)

En efecto, se puede decir que la actividad humana ha causado o contribuido a la erosión antrópica al destruir la vegetación protectora e introducir otros usos humanos que alteran el equilibrio natural. Sobre esto Díaz (2011) dice que:

Entre las tecnologías utilizadas para mitigar la erosión se encuentra la bioingeniería, que utiliza mayoritariamente pastas, vetiver, bambo guadua y árboles; proyectos de gestión de agua mediante cortacorrientes; y otros métodos, los cauces pedregosos y en concreto, los torrentes; barreras vegetales, colocación de suelos orgánicos, revegetación con fibra de cabuya, así como el uso de bambú con malla metálica, taludes reforzados con geotextiles; los gaviones de piedra, bolsas de arena y otras medidas. Los principios de ingeniería son aspectos básicos que intervienen en el control de la erosión, como la vegetación que es uno material

adecuado para el control de erosión; pero, en la última década, los geosintéticos producidos para el control de erosión han cambiado significativamente. (p. 82)

**Mantenimiento.** La necesidad de un uso sostenible del suelo en andenes ha surgido en respuesta a una serie de cuestiones, incluida la cantidad y calidad de las tierras agrícolas adecuadas, a través de las buenas prácticas como la gestión adecuada de la función agrícola. Su “funcionamiento como agrosistema óptimo implica evitar la saturación profunda del suelo y el flujo libre de agua sobre el muro, como la prevención de derrumbes, el mantenimiento del nivel de su plataforma y la pronta reparación de muros deteriorados” (Llerena et al., 2004, p. 23). Con el derrumbe de los muros, se desequilibran gradualmente, mientras que los derrumbes durante periodos de lluvias se pueden presentar de forma violenta.

Las prácticas de mantenimiento de los andenes deben considerar en el diseño programas adaptables a las prácticas culturales y puedan ampliar o recuperar. Al respecto, Benavidez (2004) dice lo siguiente: “En el pasado andino, las terrazas representaban una forma altamente desarrollada de manejo de tierras, debido a contextos ecológicos y/o económicos que requerían de que los agricultores invirtiesen en la agricultura con riego permanente” (p. 58). Pero, el contexto social y económica en la actualidad es diferente al del pasado, pero, podrían igualmente sustentar la agricultura en andenes y terrazas.

Por su parte, Molina (2004) dice: “La mejor protección de un sistema de andenerías es el manejo inteligente del agua en su conjunto: es decir, tanto durante su conducción hacia las chacras como durante su aplicación a los cultivos como riego” (p.110).

**Fertilización del suelo.** La fertilidad del suelo, se refiere a su capacidad para el desarrollo de las plantas y optimizar la producción de los sembríos. Al respecto, Alvarez y Rinski (2016) explican:

Los nutrientes se encuentran en el suelo, pero no llegan a las plantas por varios aspectos, como: la acidez, sodicidad, salinidad, hidromorfismo, capacidad de almacenamiento de agua. Estas limitaciones son difíciles de superar y exigen importantes inversiones, lo que dificulta la elección de alternativas productivas.

A pesar de ello, son fácilmente subsanables y pueden gestionarse. La capacidad de un sistema agrícola para continuar operando indefinidamente sin causar daño ambiental o agotar los recursos permite el mantenimiento del entorno socioeconómico asociado. (p. 5)

La capacidad del suelo que sirve para afirmar el desarrollo de las plantas y mejorar la productividad de los cultivos se conoce como la fertilidad del suelo; por lo que la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ambiental de los sistemas agrícolas requieren un enfoque integral para el manejo de la fertilidad del suelo que minimice la degradación de las propiedades físicas y químicas.

#### **2.2.4. Manejo del sistema de andenes.**

Un sistema de andenería es el conjunto de medios integrados a través del manejo de agua proveniente, tanto de la lluvia como de riego, evitando los efectos dañinos, el deterioro de su estructura; así como se manifiesta en AGRO RURAL (2021):

Las tecnologías tradicionales y apropiadas orientadas a la producción agroecológica deben ser incluidas la rehabilitación de andenes dentro del enfoque de gestión de cuencas. En cambio, el sistema andenes es un patrimonio cultural vivo que preserva la identidad de las comunidades y genera servicios para el medio ambiente, la hidrología, la educación y el paisaje que deben ser tomados en cuenta para el cuantificar de los beneficios. (p. 58)

En lugares con pocas tierras de cultivo, la población se ve obligada a cuidar sus suelos y desarrollar proyectos de conservación y construcción de andenes y terrazas de absorción y recuperación de andenes, especialmente en áreas con bajas tasas de disponibilidad de suelo agrícola, “los suelos cumplen con importantes funciones de las cuales se derivan servicios ambientales indispensables para el sostenimiento tanto el ecosistema como de la vida humana. La función más conocida es la de soporte y suministro de nutrientes a las plantas” (Cotler et al., 2007, p. 5). En esta dimensión, los andenes son sistemas integrados de manejo y conservación de suelos y el agua.

**Sistema de riego.** La agricultura es la actividad económica que se encuentra sujeta a factores vinculados a territorio, geografía, ecología, etc. En este contexto, “la

actividad de riego en el Perú es un factor determinante en el incremento de la seguridad alimentaria, el crecimiento agrícola y productivo y el desarrollo humano de las zonas rurales” (Ministerio de Agricultura y Riego, 2013, p. 28).

La agricultura como actividad económica, según Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego et al. (2021):

Uno de los problemas que enfrenta la agricultura en la región andina es la falta de agua. Los antiguos peruanos superaron este problema utilizando ríos, lagos, lagunas y aguas subterráneas en un esquema de gestión de recursos que le dio a los andenes un papel central, haciendo más eficiente el uso del agua a través de los andenes, que son plataformas de tierra firme sustentadas por muros de piedra que reciben agua, para el cultivo de una amplia gama de productos, el sistema todavía está vigente, esta ayuda a mantener el nivel actual de agrobiodiversidad. Los factores topográficos de altitud y pendiente, así como la variable climática, el uso de andenes se plantea como una estrategia técnico-productiva que mejora las condiciones de los agricultores que se encuentran en zonas áridas, de difícil acceso y con pendientes pronunciadas, al reducir la erosión del suelo, mejorar el control de las lluvias y ampliar la frontera agrícola. (pp. 16 y 30)

**Uso del agua de riego.** Los pueblos en la zona andina han hecho uso de una variedad de tecnologías y sistemas de gestión de recursos naturales, utilizando el agua, suelos y otros recursos de manera sostenible. La Comunidad Andina (2010) afirma que las técnicas tuvieron el “propósito de utilizar el agua de manera racional y hacer frente a su variabilidad temporal a fin de asegurar su disponibilidad para la producción de alimentos. Lograron disminuir la vulnerabilidad frente a eventos extremos de abundancia y escasez de agua” (p. 5), a través de un manejo adecuado mantiene una relación armónica con la Tierra.

Las prácticas de gestión del agua en la agricultura, según Castro et al. (2015), son:

Las prácticas adecuadas se entienden como el manejo de los recursos hídricos, suelo y plantas. La causa directa se justifica por el desconocimiento de los productores de las características físicas del recurso suelo en relación con el agua

y su inadecuada selección de los sistemas de riego. Aunque existe varios factores para tomar una decisión sobre un sistema. (p. 36)

La evapotranspiración es conceptualizada por (José María, 2017) en la siguiente forma:

Lo primero se refiere a evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>), Segundo, evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ET<sub>c</sub>), y en cultivo bajo condiciones no estándar (ET<sub>c aj</sub>). ET<sub>o</sub>, es un parámetro relacionado con el clima que expresa el poder evaporativo de la atmósfera. ET<sub>c</sub> se refiere a la evapotranspiración óptima que ocurre en parcelas con excelente manejo del agua y máxima producción bajo condiciones climáticas. ET<sub>c</sub> se refiere a que se requiere un ajuste, cuando no existe un manejo óptimo y existen restricciones ambientales que limitan el crecimiento de las plantas y la evapotranspiración. (p. 22)

El proceso de la gestión de los recursos hídricos debe estar orientado a nivel de cuenca, porque integra diferentes componentes comunes como lo económico, lo social, el territorio y otros; por estas consideraciones, es importante considerar a la microcuenca. Sobre ello, la FAO sustenta:

Utilizando una perspectiva social, económica y operativa además de las tradicionales territoriales y antropológicas, el término "microcuenca" se refiere a una pequeña área geográfica donde varias familias viven y manejan los recursos, principalmente suelo, agua y vegetación. Hablando operativamente, una microcuenca puede planificar cómo usar los recursos locales e incluir un número de familias que pueden ser tratadas como una red social con intereses compartidos.

Los conceptos de las microcuencas integran unidades territoriales y comunidades manejables desde el punto de vista hidrográfico. Al respecto, Ordoñez (2012) dice:

El agua se convierte en responsabilidad de todos en las microcuencas. Dado que el agua es un bien compartido, no solo debemos respetarlo y cuidarlo, sino también participar en su gestión dentro de una organización. Utilizar este recurso es algo que todo el mundo debe hacer. (p.37)

**Cédula de cultivos.** Desde la posesión de Hurtado (1999), “la cédula de cultivos es la cuantificación en valores absolutos y porcentuales de la ocupación de tierras por los cultivos en el ámbito de planificación” (p.14). Para determinar la cédula de cultivos, se debe tener acceso a materiales y herramientas que puedan servir para su elaboración, como información sobre la superficie cultivable, cultivos anuales, superficie ocupada por cultivos estacionales, entre otros; luego, se pondera las áreas ocupadas por los cultivos mediante un mapeo utilizando la carta nacional; también se aplica una encuesta para calcular áreas ocupada por cada cultivo y para ámbitos extensos se puede utilizar imagen satelital, para determinar una información detallada.

### **2.2.5. Contaminación de los suelos**

Los suelos agrícolas son los recursos más importantes para la producción de alimentos para la humanidad y en la explotación agropecuaria y forestal. Proveen nutrientes esenciales y es el sostén para las raíces de “las plantas destinadas a la producción de alimentos que necesitan para crecer y florecer. Además, cumplen una función de amortiguación al proteger las delicadas raíces de las plantas de las fluctuaciones de temperatura” (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2015, párr. 2). Sin embargo, existen suelos degradando por varios factores como la erosión y otro es la contaminación. Al respecto, Rodríguez, McLaughlin y Pennack (2019) dicen:

El suelo se contamina cuando la concentración de una sustancia o producto químico es más alta de lo que sería naturalmente sin causar daño necesariamente. La contaminación del suelo se refiere a la presencia de una sustancia o producto químico que no se produce de forma natural y está presente en concentraciones superiores a las normales y tiene efectos adversos en cualquier organismo que no sea su objetivo. (p.3)

**Sustancias agroquímicas.** La contaminación del suelo se debe tanto a tratamientos específicos, como a contagios provenientes de tratamientos al caer al suelo el excedente de los agroquímicos, o ser arrastradas por las lluvias las partículas depositadas en las plantas.

La contaminación del suelo se debe tanto a métodos de tratamiento específicos como a los excedentes de los agroquímicos o cuando arrastran por las partículas depositadas en las plantas. Según Ramírez (2018), “los agroquímicos son productos utilizados en la agricultura que pueden ser altamente tóxicos y perjudiciales en diferentes aspectos. Los elementos que contienen dentro de su estructura química al ser aplicados continuamente y en forma excesiva a los cultivos” (p. 41), también tienen impacto en el ecosistema.

El uso de agroquímicos, como las pesticidas empleados en la agricultura, no son aprovechadas por las plantas y estas contribuyen en la contaminación de los ecosistemas. Ramírez (2018) manifiesta que “es así que cerca del 98 % de los insecticidas y el 95 % de los herbicidas utilizados no cumplen el objetivo de llegar a la planta y son dispersados a través del viento y el agua” (p. 42).

Los componentes tóxicos pueden viajar largas distancias en forma de residuos vaporizados que ingresan a la atmósfera y regresan con la lluvia a nuevas áreas, o pueden ingresar al suelo a través de fuentes de agua superficiales y subterráneas.

La contaminación en el suelo se da a través de productos químicos. Al respecto Del Puerto, Suarez y Palacio (2014) afirman lo siguiente:

La mayoría de las herbicidas, derivados fosforados y carbonatos sufren degradación microbiológica y sus restos desaparecen en un período de tiempo relativamente corto. El tipo de suelo tiene un efecto en la acumulación de residuos de plaguicidas; los suelos arcillosos y orgánicos retienen más residuos que los suelos arenosos. Los mayores riesgos surgen del uso de ciertos plaguicidas organoclorados, que son más difíciles de eliminar y duran más en la superficie. Debido a que pueden propagarse a los alimentos, es extremadamente importante evaluar el nivel de contaminación del suelo por plagas. Algunos pueden persistir por periodos de 5 a 30 años como el DDT. En el caso de la ganadera, los residuos de plaguicidas pasan del suelo al forraje y luego a los animales, concentrándose en la grasa. Como resultado, aumenta la concentración de residuos en la carne y la leche. (p. 380)

El término "contaminantes emergentes" (CE) trata de una gran cantidad de sustancias químicas que son sintéticas o naturales y que recientemente han aparecido en el ambiente y no están siendo monitoreadas. Geissen et al. (como se citó en Rodríguez, McLaughlin y Pennack, 2019) expresan que “tienen el potencial de ingresar al medio ambiente y producir efectos adversos, conocidos o presuntos, sobre la ecología o la salud humana. Los contaminantes emergentes bien podrían convertirse en contaminantes de preocupación emergente” (p. 32). Los contaminantes químicos, como productos farmacéuticos, disruptores hormonales endógenos, toxinas y otros, así como contaminantes biológicos, incluyendo bacteria y virus se encuentran entre los contaminantes emergentes.

**Las geogénicas naturales.** Las fuentes de contaminación natural son aquellas que no resultan directamente de la actividad humana, como los elementos traza del suelo, que pueden ser de origen antropogénicos. Galán y Romero (2008) argumentan que “los elementos traza están presentes en relativamente bajas concentraciones (mg.kg-1) en la corteza de la Tierra, suelos y plantas. Muchos de ellos son esenciales para el crecimiento y desarrollo de plantas, animales y seres humanos” (p. 49), aunque otros elementos pueden ser tóxicos si superan ciertos umbrales, en general todas las sustancias tóxicas son aquellas que se pueden consumir o inhalar en cantidades suficientes y durante largos períodos de tiempo.

Elementos con un amplio margen (del orden de una poca ppm) entre los niveles tóxicos y carenciales son el selenio, el flúor y el molibdeno. Sobre las fuentes de contaminación del suelo, Rodríguez et al. (2019) afirman que:

Las concentraciones en el fondo de los suelos están estrechamente relacionadas con la fractura pedo-geoquímica y la dinámica medial que resultó en la formación del suelo. Por lo tanto, no es adecuado utilizar promedios globales para determinar los niveles de fondo a escala local o regional.

Numerosos materiales en el suelo son de origen natural de algunos metales pesados y otros elementos, como los radionúclidos, y estos podrían representar un riesgo para el medio ambiente y la salud humana en altas concentraciones. Uno

de los problemas ambientales más importantes del mundo es la contaminación del medio ambiente por arsénico (As). (p.6)

**Calidad del agua.** La contaminación es uno de los problemas más importantes que afectan al ambiente, influye en la calidad del aire, agua y los suelos. “El agua natural es un sistema de cierta complejidad, no homogéneo, que puede estar constituido por una fase acuosa, una gaseosa y una o más fases sólidas” (García, 2015, p. 5). La denominación de calidad del agua se le da a la composición química de este sistema en función de su uso. Desde la posición de Villalobos et al. (2017) se expone lo siguiente:

El crecimiento de la agricultura y la producción de alimentos ha dependido de la disponibilidad de agua desde la antigüedad; por ello, las superficies agrícolas de regadío han aumentado entre 1800 y 1990. Hasta 1990, el crecimiento fue alrededor de cinco veces en el siglo XIX. Sin embargo, luego de ese aumento, comenzó a declinar vertiginosamente, alcanzando niveles por debajo del uno por ciento en los años siguientes. (p. 10)

El agua es un recurso de crucial importancia para el crecimiento de las actividades agrícolas, económicas e industriales que apoyan el desarrollo y la sostenibilidad de la sociedad. Los contaminantes más comunes del agua incluyen materiales orgánicos, bacterias y desechos industriales, entre otros. Como resultado “determinar la calidad sanitaria de estos cuerpos de agua proporciona herramientas indispensables para la toma de decisiones en relación al control de los vertimientos, tratamiento de las aguas y conservación del ecosistema” (Sardiñas et al., 2006, p. 202). Si bien la contaminación geológica del agua es el resultado de fuentes geológicas, como las interacciones entre el agua subterránea y las rocas del acuífero que “conducen a la liberación de sustancias de la roca acuífero o sedimentos en el agua. pero si una determinada sustancia se libera en cantidades que son lo suficientemente altas como para tener un efecto perjudicial sobre las formas de vida” (Aroa, 2019, p. 17). Sobre la evaluación físico – químico y microbiológicos, Sardiñas et al., (2006) indican que “los parámetros físicos-químicos y microbiológicos son utilizados como indicadores para determinar la calidad del agua en dependencia de su uso, así como para establecer si ha tenido contribución antropogénica” (p. 204).

### 2.2.6. *Ecosistema*

Un ecosistema es un sistema natural formado por un conjunto de seres vivos y el medio físico donde se relacionan. Es una unidad compuesta de organismos interdependientes que comparten el mismo hábitat.

Un ecosistema es un sistema natural formado por un grupo de seres vivos y el medio físico en el que interactúan. Es una unidad formada por organismos interdependientes que comparten un hábitat. Para Smith y Smith (2007), consta de componentes que interactúan funcionando como una unidad. En términos generales, el ecosistema está formado por dos componentes básicos que interactúan el componente vivo, o biótico y el físico, o abiótico (p. 4).

**Ecosistemas terrestres.** Es una comunidad de organismos y su entorno. El Ministerio del Ambiente (2018) expone lo siguiente sobre el particular: “Un sistema funcionalmente complejo formado por seres vivos y su entorno se conoce como ecosistema, y puede ser reconocido y definido por las características de los factores biológicos y físicos que interactúan entre sí y pueden ser medibles” (p. 24).

Para el ecosistema terrestre Villalobos (2006), “es la comunidad en la relación con el ambiente inanimado que actúan como un conjunto. El componente biótico se ha añadido el componente abiótico del ambiente externo, lo cual produce un sistema relativamente autoestable” (p. 14). Por su parte, Stavros y Sigmar (2008) argumenta que es “la capacidad de recuperación de los ecosistemas, tanto naturales como modificados por la acción humana, se ve afectada por muchas de las políticas que utilizamos” (p. 15). Estos ecosistemas son más vulnerables a la contaminación y al impacto de las actividades humanas, como la expansión urbana y la acumulación de desechos exclusivamente humanos.

**Ecosistemas de aguas continentales.** El término "ecosistemas continentales acuáticos" se refiere a aquellos que existen dentro de los cuerpos de agua. “Estos pueden presentar corrientes, como en los ríos, o tener aguas detenidas, como en los lagos, humedales y salares” (Ministerio del Medio Ambiente, 2018, p. 39). Los humedales, también conocidos como bofedales, almacenan agua de lluvia, derretimiento de glaciares

y, en su mayoría, de plantas acuáticas subterráneas. Estos ecosistemas tienen una variedad única de especies de plantas y animales. Como tal, Mohammad et al. (2007) indican que “la compleja terrestre ha creado una accidentada orografía que, en combinación con la diversidad de climas, permite la existencia de una rica variedad de cuerpos de aguas continentales, sus aguas pueden ser estacionales o permanentes, dulces o salobres” (p. 22). Los beneficios que brindan los ecosistemas a la sociedad son amplios e incluyen desde el agua que bebemos, pasando por la agricultura y la industria, hasta muchos tipos diferentes de alimentos, plantas medicinales, combustibles y materiales de construcción, entre otros.

Los servicios ambientales se destacan como particularmente significativos en lo siguiente: La preservación de la biodiversidad, estabilidad climática, mitigación de inundaciones, asimilación y eliminación de contaminantes, reciclaje de nutrientes, restauración de la fertilidad del suelo y reposición de acuíferos. La mayor parte de la energía eléctrica que alimenta hoy a la población mundial es producida por embalses que aprovechan las corrientes de agua.

**El clima y ecosistema.** Los elementos que componen las comunidades se encuentran relacionadas a “las variaciones geográficas del clima, principalmente de las temperaturas y las precipitaciones, determinan la distribución a gran escala de la vegetación y, por consiguiente, de la naturaleza de los ecosistemas terrestres” (Smith y Smith, 2006, p. 46). Por su parte, Díaz (2012) dice:

Los cambios en el nivel del mar, los efectos de las nubes, las emisiones de aerosoles a la atmósfera y los aumentos en las emisiones de dióxido de carbono, gas metano e hidrato de metano son factores que tienen un impacto en los cambios en la temperatura terrestre promedio y el cambio climático. (p. 231)

Los cambios en los ángulos de reflexión terrestre y los cambios en el campo magnético externo también son cambios. Otros factores incluyen la contaminación del aire, el contenido de vapor de agua, los cambios que se producen en el casquete polar, la cantidad de nubes y la cantidad de energía solar que llega a la Tierra. Por su parte, Smith y Smith (2007) afirman:

Muchos compuestos químicos que se encuentran en la atmósfera terrestre, especialmente el vapor de agua, el dióxido de carbono y el ozono, absorben la radiación térmica emitida por la superficie y la atmósfera del planeta. Este mecanismo hace que la atmósfera se caliente, lo que hace que genere radiación térmica y utilice una parte importante de su energía para calentar la superficie de la atmósfera y la atmósfera inferior. La temperatura media del aire en la superficie de la tierra es unos 30°C más alta de lo que sería sin la absorción atmosférica y la re-radiación de energía térmica. (p. 654)

### **2.2.7. Definición de términos**

**Cultivos orgánicos.** Los cultivos orgánicos son un “sistema de producción, que se caracteriza por no utilizar la aplicación de algunos productos químicos (fertilizantes, plaguicidas, fungicidas, herbicidas e insecticidas). Se desarrolla bajo un sistema de insumos naturales y bajo buenas prácticas agrícolas que protegen al medio ambiente” (Ochoa, 2010, p. 5), en la que se podrían emplear en los cultivos el compost elaborado a partir de desechos vegetales, los abonos verdes, control biológico de plagas, repelentes naturales, rotación de cultivos y otras técnicas.

**Ganadería o crianza ecológica.** La ganadería ecológica es “un sistema de producción animal basada en la no utilización de productos químicos de síntesis (abonos químicos, herbicidas, piensos con aditivos, etc.), en el bienestar animal, y en el respeto al medio ambiente” (Moreno, s.f., p. 3). Los sistemas de producción ganaderos, vinculados a las actividades agrícolas, como el uso de pastizales y áreas naturales.

**Andenes.** El sistema de andenes es una estrategia técnica de producción que mejora las condiciones de trabajo de los agricultores ubicados en zonas áridas, de difícil acceso y con pendientes pronunciadas, se define como “plataformas de tierra apoyadas en muros de piedra que reciben agua de sistemas de riego para el cultivo de un abanico amplio de productos” (AGRO RURAL, 2021, p. 16). Son bancos o terrazas escalonadas construidas en las laderas de las montañas andinas donde se cultivan muchas variedades de especies, una de cuyas funciones es evitar la erosión de los suelos y permitir aprovechar mejor el agua.

El Congreso de la República presentó un proyecto de Ley en donde define varios conceptos relacionados con el ecosistema, biodiversidad, etc. (Bazan, 2021). Las definiciones de términos que utilizamos en el desarrollo del proyecto de investigación se encuentran resumidas en el proyecto.

## CAPÍTULO III

### MARCO FILOSÓFICO

El presente estudio *Conservación y manejo del sistema de andenería bajo riego en la actividad agropecuaria de la Comunidad de Huanuara, región Tacna* se enmarca en el método mixto. En general, todos los problemas y cuestiones científicas actuales son tan complejos y variados que un único enfoque, tanto cuantitativo como cualitativo, no es capaz de hacer frente a esta complejidad de la realidad, por lo cual se requiere del uso de métodos mixtos. La investigación moderna requiere un trabajo interdisciplinario, lo que ayuda a reforzar la necesidad de diseños multimodales al reunir a personas con diferentes intereses y filosofías metodológicas.

El enfoque mixto ofrece una variedad de beneficios o perspectivas, que permite obtener una comprensión más profunda y amplia del fenómeno. Nuestra comprensión de él es más completa, global y holística en este sentido. Se establece que los diseños de métodos mixtos y multimétodo difieren en que las preguntas de investigación se abordan utilizando dos procedimientos de recolección de datos (por ejemplo, observación participante e historias orales).

Crece la confianza de que estos tipos de investigación o los estudios son una representación verdadera, genuina y fiel de lo que ocurre con el fenómeno estudiado y analizado de forma holística y global. El problema de estudio se explora en varios niveles utilizando un enfoque mixto. Además, es posible evaluar más a fondo las dificultades y problemas de las investigaciones situándolos a lo largo de todo el proceso y en cada una de sus etapas.

## CAPÍTULO IV

### MARCO METODOLÓGICO

#### 4.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

No experimental, transeccional, descriptivo de observación naturalista.

#### 4.2. ACCIONES Y ACTIVIDADES PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

En cuanto a las acciones y actividades para la ejecución del proyecto, se emplearon técnicas e instrumentos de recolección de la información, se hizo uso de entrevistas, la observación y el análisis de documentos, recolección de estadísticas; para ello, se construyó la guía de la observación, guía de análisis documentarios y de las entrevistas.

#### 4.3. LA POBLACIÓN Y/O LA MUESTRA DE ESTUDIO.

La población de la comunidad de Huanuara es de 258 familias, y para determinar la muestra se empleó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{4N p . q}{E^2(N-1)+4p.q}$$

Donde:

4 = Coeficiente de confiabilidad para el 96 % de nivel de confianza.

p.q = Probabilidad de éxito y/o fracaso.

E = Error seleccionado es 5 %.

N = Población (número de familias).

$$n = \frac{4(258) (25) (25)}{5^2 (258 -1) + 4(25) (25)}$$

1770000

n= -----  
20175

n= 88 productores 12,39 % de familias.

#### 4.4. MATERIALES Y/O INSTRUMENTOS

Se utilizó una cámara fotográfica, un GPS., un altímetro, una filmadora para evidenciar los hechos, se empleó los manuales e instrumentos necesarios para la toma de las muestras, el traslado y entrega a los laboratorios, y se alquiló una unidad móvil para el desplazamiento hacia de comunidad de Huanuara desde la ciudad de Tacna. Se emplearon además instrumentos de investigación como: Observación directa, las entrevistas semiestructuradas y estructuradas, empleando la guía de análisis documentaria y la de recolección de estadísticas.

#### 4.5. TRATAMIENTO DE DATOS (ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

**Análisis de los datos.** Para la interpretación de la información recopilada, se describieron, analizaron e interpretaron las variables en base a la información recopilada y tomando en cuenta los objetivos de la investigación.

En la operacionalización, se utilizó el método deductivo e inductivo, que consiste en analizar la información dentro de la lógica de lo particular a lo general.

La información se procesó utilizando el paquete estadístico en Excel que permitió obtener tablas estadísticas y figuras, para su interpretación y análisis. Luego, se organizó en tablas y figuras correspondientes para ser explicado las causas y los efectos del tema que se desarrolló, se analizó de forma detallada y por cada objetivo.

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS**

#### **5.1. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

La comunidad de Huanara se encuentra ubicado en la región Tacna, provincia de Candarave, distrito de Huanuara, localizada en 3,223 msnm. Entre las coordenadas, latitud Sur 17° 18' 49", Longitud Oeste 70° 19' 20".

El territorio del distrito de Huanuara limita con los siguientes lugares:

Por el Norte y Oeste: con el distrito de Cairani,

Por Noreste: con el distrito de Candarave,

Por el Sur: con el distrito de Curibaya,

Por Suroeste con el distrito de Ilabaya (provincia de Jorge Basadre) y

Por el Este: con el distrito de Quilahuani.

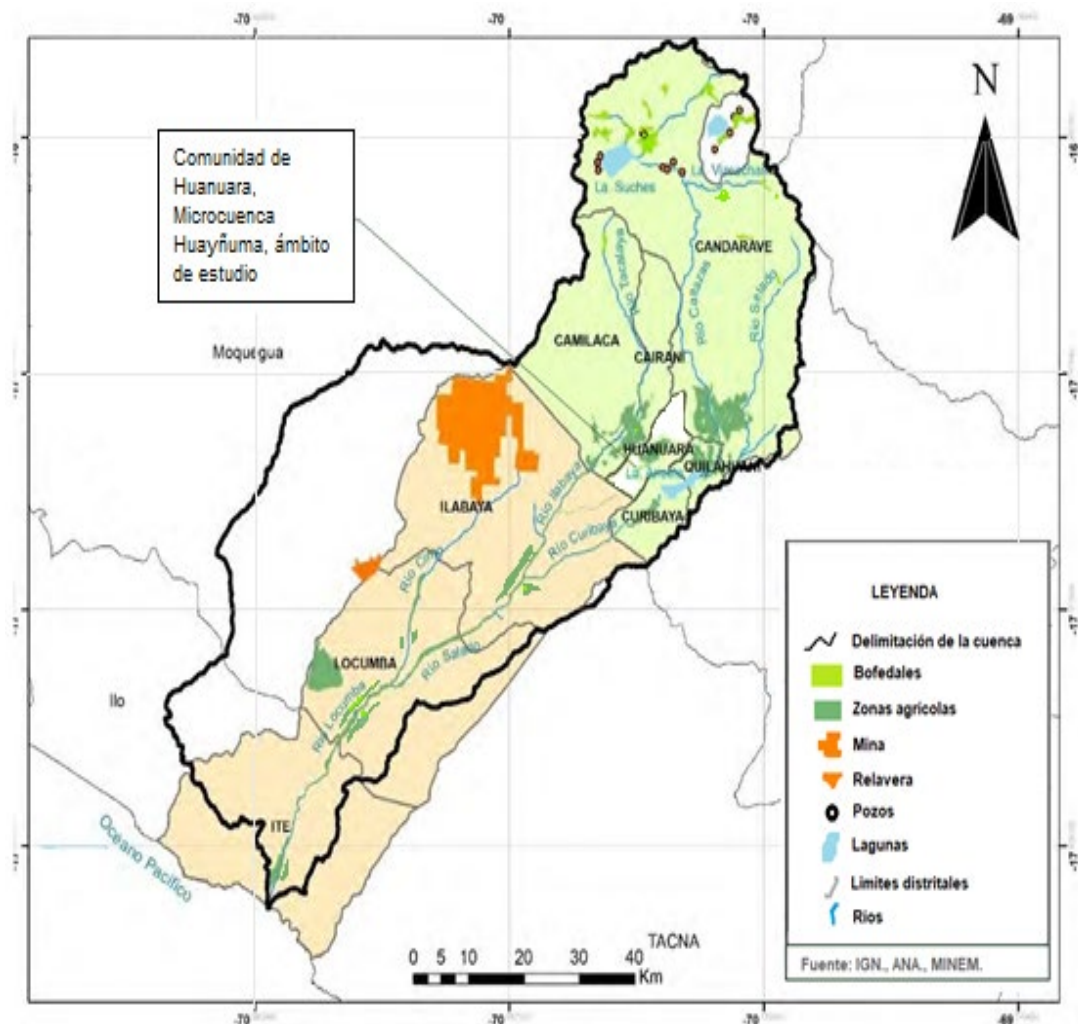
La microcuenca Huayñuma (ámbito del estudio) se encuentra localizada en el territorio del distrito de Huanuara, es parte de la comunidad de Huanuara y de la cuenca del río Locumba; es un sistema completo que está abierto donde ocurre el ciclo hidrológico y cuyos elementos ecológicos, sociales, económicos, políticos e institucionales dependen del tiempo y tienen relación interna y externa.

La microcuenca Huayñuma forma parte de las zonas habitables de la Formación Desierto Montano de baja altura, con elevaciones de hasta 2500 msnm., con un clima cálido y seco entre 16 y 12 grados centígrados. Tiene pocas áreas de producción a lo largo de la ribera, que abarca la parte baja de la comunidad. La otra zona de la microcuenca forma parte del Matorral Desértico Montano Bajo, y se sitúa entre los 3100 y 3800 metros sobre el nivel del mar. Tiene un clima frío semiárido con hasta 12 milímetros de precipitación anual. con una temperatura promedio de 11°C. En esta zona, se pueden encontrar forrajeros y cultivares temporales. La parte alta de la microcuenca corresponde

a la Estepa Montano Formación: 3600 y 3900 m.s.n.m. Posee un clima frío y subhúmedo ideal para el desarrollo de pastos naturales y existen fofedales.

**Figura 1**

*Ubicación del ámbito de estudio en la comunidad de Huanuara*

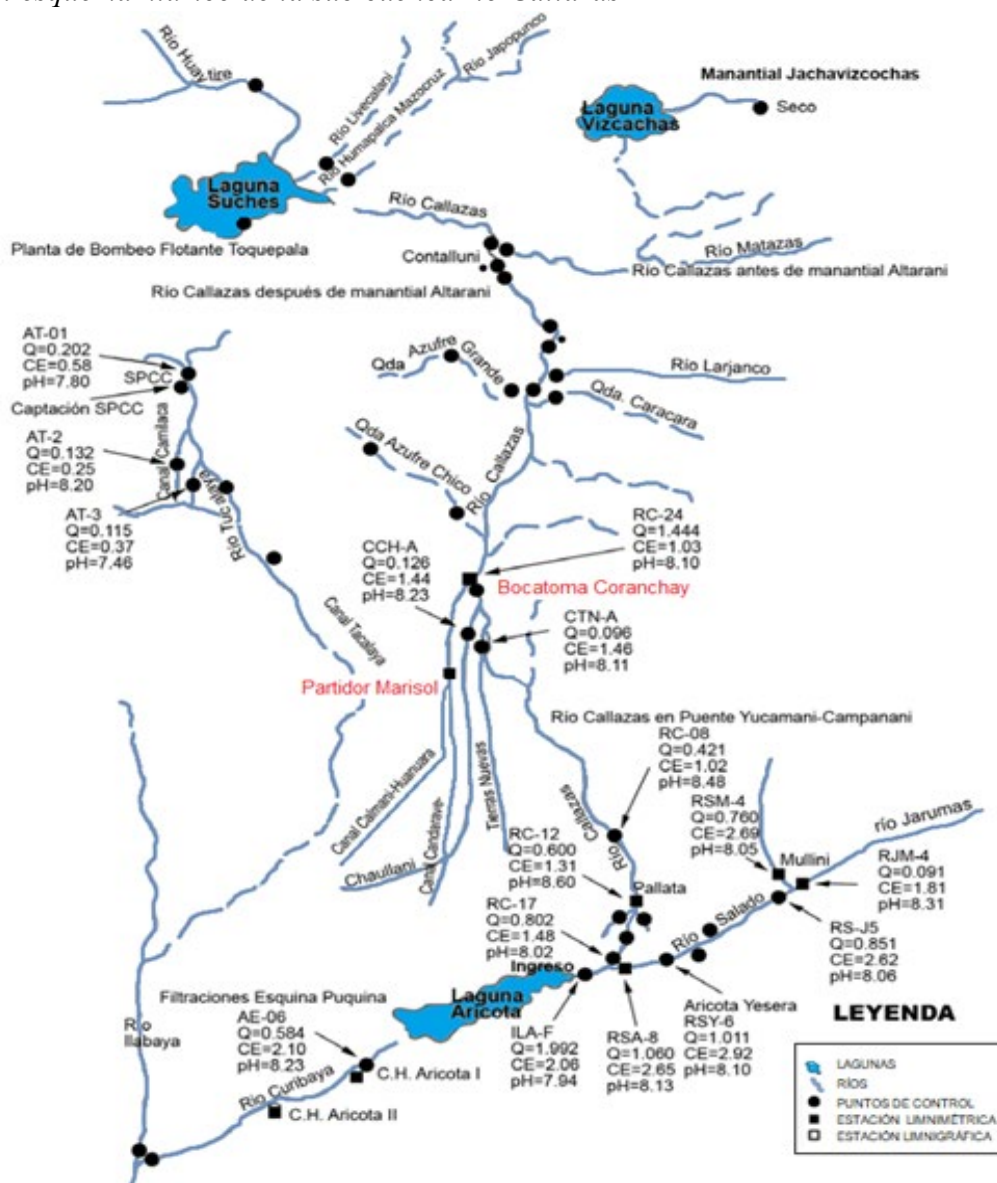


Las principales actividades económicas de la población de la comunidad de Huanuara es la agricultura y la ganadería que se desarrolla en sistema de andenes bajo riego, con una infraestructura hidráulica captada del río Callazas en la bocatoma de Coranchay, conducida por el canal de 2.3 kilómetros hasta el repartidor Marisol, que distribuye de forma proporcional el recurso hídrico para los distritos de: Candarave, Cairani, Quilahuani y Huanuara, conducidas por el canal principal y luego se distribuye en canales secundarios formando secciones de riego en diferentes lugares de producción.

Otra de las captaciones de agua es la bocatoma Chaullani, ubicada aproximadamente a dos kilómetros aguas abajo de la captación Coranchay, conducida por el canal principal y distribuida a las zonas de producción, la comunidad también tiene otras fuentes de agua (los manantiales), de la microcuenca Huayñuma destinados para la producción agropecuaria y consumo humano.

**Figura 2**

*El esquema hídrico de la sub cuenca río Callazas*



Fuente: Elaborado en base a la información de Autoridad Nacional del Agua, Plan de gestión de recursos hídricos de la Cuenca Caplina – Locumba.

## **5.2. LAS PRÁCTICAS AGRONÓMICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS**

La superficie terrestre está ocupada por sustancias sólidas, líquidas y gaseosas, y el suelo es la capa delgada que se ha formado a lo largo de mucho tiempo como resultado de la lenta desintegración de las rocas de la superficie causada por el agua, los cambios de temperatura, el viento, y tiempo.

La degradación ambiental del suelo se traduce en una reducción de la fertilidad física, química y biológica del suelo, lo que repercute directamente en la seguridad alimentaria de la población. La degradación de este recurso se debe tanto al manejo inadecuado de las unidades productivas como a los efectos de otras actividades humanas, como la deforestación, el sobrepastoreo, el manejo inapropiado del recurso hídrico genera erosión, la salinización, la expansión de centros urbanos a dispendios de las áreas rurales, la minería y otros.

Desde hace mucho tiempo, se han priorizado los esfuerzos para preservar el suelo y el agua. Estos esfuerzos están enfocados a frenar la degradación física mediante la ejecución de proyectos de preservación física, para evitar la degradación del suelo provocadas por la inadecuada conducción de las unidades de producción agropecuarias, mediante el uso de fertilizantes sintéticos, la deforestación y sobrepastoreo. El enfoque de conservación del suelo no ha reconocido lo importante las acciones de prevención que aseguren la vida del suelo y mejoren su fertilidad biológica.

La conservación de suelos agrícolas comprende un conjunto de actividades y, tiene el propósito de mejorar y mantener la capacidad productiva del suelo, hacer sostenible la agricultura. El uso y manejo del recurso suelo tiene el fin de mantener la capacidad productiva en función de sus aptitudes y potencialidades, es decir, es para evitar su degradación.

Las prácticas agronómicas de conservación de suelos trascienden más allá de los trabajos de control de la erosión. Estas prácticas constituyen varias actividades, como la rotación de cultivos, manejo de riego en parcelas, manejo de riego en surcos y en fajas de contorno, asociación de cultivos, enmiendas orgánicas y químicas, cultivo de cobertura, labranza conservacionista y otras.

El suelo se define como la sustancia mineral y orgánica no consolidada que constituye la capa superior de la tierra y actúa como un medio de crecimiento natural para las plantas terrestres. Este material está expuesto a factores ambientales como el clima, macro y micro organismos, los cuales han estado activos sobre la roca madre por un tiempo predeterminado, para producir una superficie con propiedades físicas, químicas, biológicas y morfológicas.

Los recursos más importantes para garantizar la seguridad alimentaria y la generación de ingresos es el suelo. La productividad del suelo depende de los niveles de fertilidad natural y de las prácticas de manejo. A pesar de la importancia, el suelo presenta más dificultades en el deterioro de todos los recursos.

Las prácticas de conservación es prevenir el deterioro del suelo productivo. Estas actividades incluyen el manejo del suelo y cultivos, en la aplicación de enmiendas para aumentar la capacidad de producción, el aprovechamiento de la vegetación y el manejo del agua de riego. Las prácticas agronómicas se refieren a todas las acciones realizadas durante el ciclo productivo para asegurar la producción agrícola en condiciones apropiadas, tales como las relacionadas con la calidad e inocuidad del producto, el bienestar social y la sostenibilidad ambiental.

### **5.2.1. *La rotación de cultivos***

La rotación de cultivos son opciones económicas y sociales del agricultor, implica la sucesión regular de cultivos en el mismo terreno. Se pretende disponer los diversos cultivos del agricultor de modo que cada uno crezca secuencialmente, en la misma parcela, en las diversas campañas agrícolas.

La rotación de cultivos es una práctica agronómica que contribuye a la conservación de nutrientes naturales de los suelos, reduce los niveles de erosión y otros beneficios, como se observa en el contenido de la figura 3.

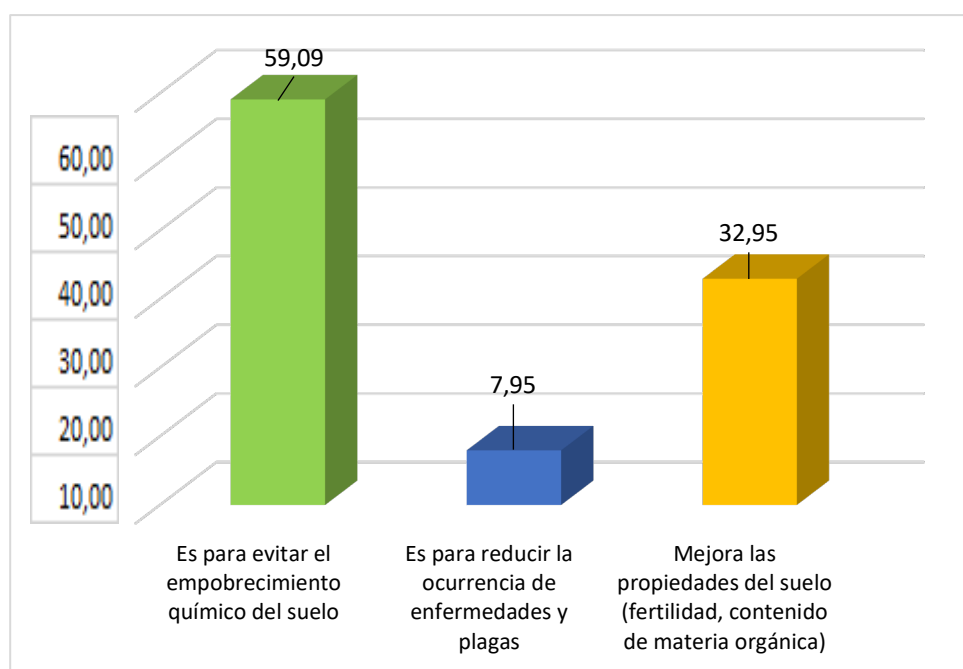
El 59,09 % de los productores manifiestan que las prácticas de rotación de cultivos evitan el empobrecimiento químico del suelo; el 32,95 % del otro grupo de productores dicen que la rotación de cultivos es para mejorar las propiedades del suelo y el 7,95 % es para reducir las ocurrencias de enfermedades y plagas.

La rotación de los cultivos es una práctica ancestral se realiza con el propósito de evitar el agotamiento de la fertilidad del suelo y alterar el hábitat de reproducción de plagas, la rotación de cultivos es esencial. Esto significa no plantar el mismo cultivo en el mismo lugar

Una buena rotación de cultivos depende del manejo adecuado en el tiempo y la selección de especies como leguminosas y gramíneas tiene los propósitos de mantener las propiedades del suelo agrícola, es decir, es considerada como una práctica de protección contra la erosión y la degradación.

### Figura 3

*Los beneficios de las prácticas de rotación de cultivos*



Fuente: Encuesta socioeconómica aplicada en agosto 2022.

La rotación de cultivos se refiere a la renovación periódica de cultivos en el mismo suelo al mismo tiempo. Es una práctica muy antigua, que permite conservar la productividad de los suelos, controlando la erosión del suelo. Una buena rotación reduce el riesgo del deterioro, al incluir especies con diferentes exigencias, esto permite el equilibrio, como las necesidades de agua, nutrientes y protección del suelo que aumentan los ingresos de los agricultores.

El 92 % de los agricultores de la comunidad de Huanuara cultiva alfalfa (forraje para la crianza de bovinos y ovinos principalmente) por un periodo de 10 a más años, luego se siembra papa, muchos agricultores vuelven a sembrar papa, maíz con haba y se vuelve a cultivar alfalfa.

El 8 % de agricultores realiza siembra de orégano, papa, haba con maíz, o maíz con zapallo. Esta forma es desarrollada por productores ubicadas en la parte baja de la microcuenca, en la zona de Tres Cruces; sin embargo, no existe esquemas o estándares de rotación de cultivos. Esta se hace práctica de acuerdo a la racionalidad de los productores.

La lógica de la rotación de cultivos se explica, en que ciertas especies de plantas requieren ciertos tipos de nutrientes y otras fijan nitrógeno atmosférico, también liberan potasio, hierro, nitrógeno, fosforo y otros.

El beneficio de esta práctica depende de la elección de los cultivos que rotan y del éxito que continúen en su siembra, como gramíneas y leguminosas por períodos más o menos largos, cultivando pastos como la alfalfa.

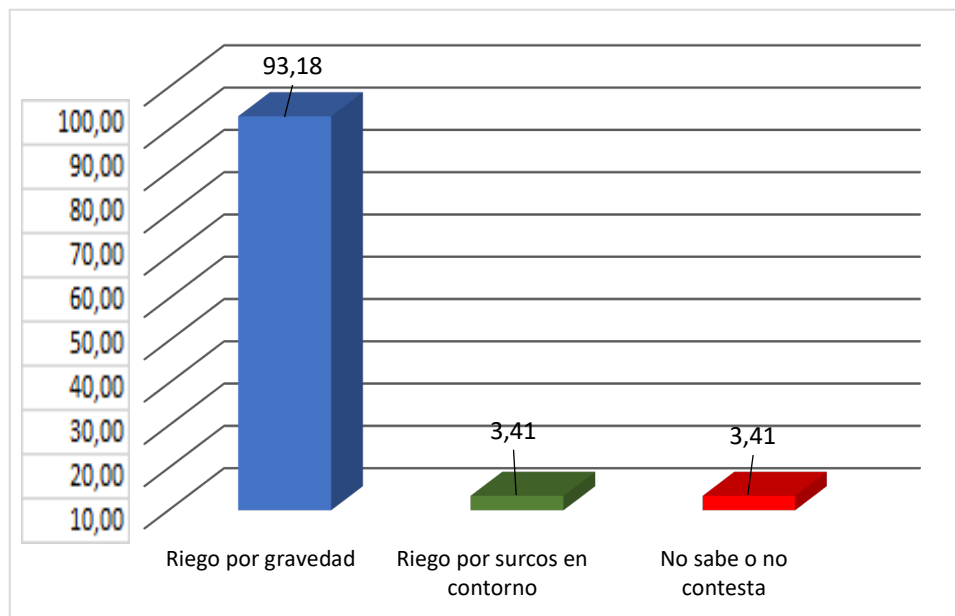
El beneficio de esta práctica depende de la elección de los cultivares que rotarán y de la sucesión que continúen en su siembra, como especies pertenecientes a gramíneas, leguminosas, y por más o menos tiempo, en cultivo de pastos.

### **5.2.2. *El sistema de riego***

La clasificación más común de las técnicas de riego está determinada por la forma en que se distribuye el agua sobre el suelo, dependiendo de las características topográficas, tipos de cultivos, disponibilidad de recursos hídricos, costos y accesibilidad a tecnologías de alto requerimiento, entre otras cosas. El riego es apropiado con la humedad en la zona radicular de la planta, esto asegura a situación de déficit o humedad excesiva, con ello permite que no sucumban las plantas.

**Figura 4**

*El sistema de riego en la comunidad de Huanuara*



El 93,18 % de los integrantes de la comunidad de Huanuara expresa emplear sistema de riego por gravedad, el 3,41 % dice que el sistema de riego que aplica en sus cultivos es por surcos en contorno y el otro grupo del 3,41 % de los entrevistado no sabe, qué sistemas de riego se emplean en los cultivos en la comunidad. El uso eficiente y racional del agua tiene relación a la aplicación oportuna y uniforme de agua a la zona de raíces de las plantas, y es para reponer el agua. El riego apropiado es aquel que moja debidamente la zona radicular. Por otro lado, la aplicación es oportuna para que las plantas no sufran la falta de agua o demasiada humedad. Como resultado, la cantidad de agua agregada al perfil del suelo debe coincidir con la cantidad utilizada por el cultivo.

### **5.2.3. Los cultivos asociados**

Las prácticas conocidas como cultivares asociados o policultivos consisten en plantar dos o más especies de plantas muy juntas y provocando competencia y complementariedad entre ellas. Técnica de agricultura tradicional y ecológica.

**Tabla 1***Los cultivos asociados en la comunidad de Huanuara*

Descripción Sobre Cultivos Asociados	% de entrevistados
Realiza práctica de asociación de cultivos	40,91
No se realiza los cultivos asociados	43,18
No sabe	15,91
Total	100,00

Fuente: Encuesta socioeconómica aplicada en agosto 2022.

El 40,91 % de las personas entrevistadas sobre esta técnica dice que sí hace prácticas en sus parcelas; el 43,18 % de los entrevistados sostiene que no hace cultivos asociados y el 15,91 % manifiesta que no sabe sobre esta técnica.

A través del cultivo de dos o más especies diferentes en una misma superficie de suelos, con el fin de que una se beneficie sin perjudicar a la otra, la asociación de cultivos introduce biodiversidad en la zona. Para ello, los agricultores eligen especies de distintas familias, con la finalidad de lograr la complementariedad en el aprovechamiento de la luz, el agua, protección de las enfermedades, como soporte de especies como los guisantes que no podrá mantenerse erguido debido a la debilidad del vástago y de los nutrientes principalmente.

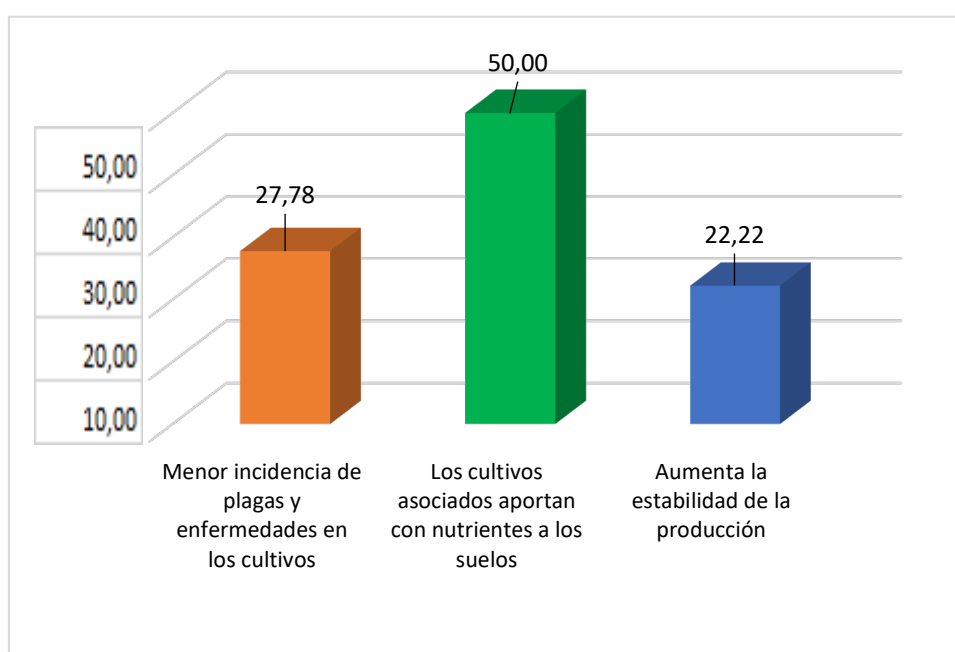
El 27,78 % de los agricultores que aplican esta técnica de cultivos asociados, manifiestan que esta técnica les permite el uso eficiente del espacio, con la poca incidencia de plagas y enfermedades; el 50 % de este grupo de agricultores dice que este tipo de cultivos aporta con nutrientes, para ello, se elige especies de diferentes familias, y el 22 % de agricultores manifiesta que los cultivos asociados respaldan la estabilidad de la producción y están relacionados con los rendimientos de productos alternativos del agricultor.

Es una práctica que consiste en plantar dos o más cultivos en un campo durante una sucesión específica durante aproximadamente la misma cantidad de tiempo, combinando entre el mismo surco adyacentes. El caso particular de la asociación de cultivos de distintas familias como gramíneas y leguminosas. Se benefician del nitrógeno

fijado por la leguminosa, también se benefician porque permite obtener forrajes más equilibrados y sanos que los producidos en monocultivo. Asimismo, se benefician los agricultores en los costos de producción, los suelos agrícolas no han sufridos deterioro en los elementos orgánico químicos y requiere poco uso de fertilizantes y pesticidas.

**Figura 5**

*Los beneficios de los cultivos asociados en la comunidad*



Fuente: Encuesta socioeconómica aplicada en agosto 2022.

Nota. Se estima en base al 40,91 % de agricultores con cultivos asociados.

El 59 % de agricultores de la comunidad de Huanuara, que no emplean la técnica de la asociación de cultivos, es agricultor productor de orégano y cultiva alfalfa para las crías de vacas para la producción de leche; sin embargo, se traduce las razones por la que no hace uso de estas prácticas:

- Los cultivos de orégano y la alfalfa son cultivos semi permanente y son monocultivos.
- No conoce o han estado enterados de los beneficios de los cultivos asociados,
- No hubo capacitación sobre los beneficios de los cultivos asociados.

Las prácticas agronómicas de conservación de suelos son diversas de las ya descritas, como las enmiendas orgánicas y químicas, cultivo de cobertura, labranza conservacionista y otras. Dentro de ello, está la fertilización de los suelos agrícolas, el control de la maleza. El kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), especie que tiene un marcado crecimiento lateral, ha invadido los suelos de cultivo y hace competencia con las plantas.

Es importante señalar que mantener la productividad de los suelos o proteger los activos de la tierra, es fundamental para la sostenibilidad de los sistemas de producción. Para hacer esto, se deben desarrollar, restaurar y mantener las condiciones físicas, químicas y biológicas. Esto requiere una cantidad significativa de la capacidad de utilizar los recursos orgánicos y beneficiarse de las actividades de la micro y meso fauna a través de su trabajo.

### **5.3. LAS PRÁCTICAS MECÁNICAS ESTRUCTURALES**

Las prácticas mecánicas estructurales son obras construidas para controlar el movimiento del agua (manejo y uso). Se refiere a todas aquellas actividades que gobiernan el funcionamiento de estructuras diseñadas teniendo en consideración los principios de conservación de los recursos naturales, como para modificar la longitud de la pendiente, la inclinación de la pendiente, interceptan escorrentía, almacena, precipitación, y conservan la humedad, drena escorrentía y protegen los cauces, riberas y tierras agrícolas.

Cuando se haya reducido y eliminado la vegetación, inevitablemente ocurrirá erosión hidrológica, lo que requerirá el uso de técnicas mecánicas y estructurales para desviar, interceptar, reducir la velocidad, almacenar o eliminar de manera segura el agua de escorrentía. Esto minimizará el movimiento del sedimento.

#### **5.3.1. Rehabilitación de andenes**

La rehabilitación de andenes se refiere a una intervención dirigida a restituir la estructura física en su estado original a través de obras civiles de reconstrucción empleando la misma tecnología, incluye a los canales de riego desde la captación hasta las zonas de cultivo.

**Tabla 2***Tiempo de rehabilitación de los andenes en la comunidad de Huanuara*

Tiempo de rehabilitación de andenes en la comunidad	% de personas entrevistados
10 años	43,18
20 años	31,82
15 años	14,77
5 años	7,95
No sabe	2,27
Total	100,00

Fuente: Encuesta socioeconómica aplicada en agosto 2022

El 43,18 % de los comuneros dice que la rehabilitación de andenes es cada 10 años, el 31,82 % responde de que se realiza cada 20 años, el 14,77 % manifiesta que se rehabita los andenes cada 15 años, el 7,95 % indica que se realiza cada 5 años y un grupo del 2,27 % no sabe sobre el tiempo de rehabilitación de los andenes.

El sistema de la andenería en la agricultura tiene una particular importancia por las funciones que cumplen como servicios ecosistémicos y principalmente, en estos sistemas, se producen alimentos para la población, se cultivan diversos productos, como maíz, papa, haba, hortalizas, forrajes y otros, aún son para conservar los suelos y agua. Los andenes poseen un atractivo perfecto, son recursos paisajísticos, no está exenta de valores estéticos, construidas siguiendo las curvas nivel, hace que guarden armonía visual con el entorno.

Los andenes conservan la tierra en las laderas inclinadas, evitando que las tierras agrícolas de las chacras se pierdan por erosión hídrica o labores agrícolas (Barbecho, siembra, aporque y otros). En estos sistemas, se aprovecha mejor el agua de riego y de las lluvias. Los andenes conservan y mejoran la fertilidad natural del suelo. Los fertilizantes incorporados son aprovechados por las plantas. Las labores agronómicas se desarrollan adecuadamente en comparación a cultivo realizados en laderas; mientras que los andenes permiten realizar mejor estas labores agrícolas y forma un microclima, debido a que las piedras capturan y almacenan calor del sol durante el día e irradian en las noches,

con el que se reducen los efectos de las heladas. La rehabilitación de andenes constituye una labor de restablecimiento y recuperación de las funciones del sistema.

La rehabilitación de andenes es la actividad de restituir o recuperar la función original del andén, se refiere a las intervenciones destinadas a restaurar la estructura física a su estado original a través de técnicas de reconstrucción civil utilizando la misma tecnología. El deterioro o la degradación de la estructura de los andenes se producen en los muros de contención, los bordos y los canales suministradores de agua y el drenaje.

De acuerdo con los estudios, en particular, los andenes con riego se reconocen como una variedad debido a las variaciones geográficas en las rocas y el suelo adecuados, la disponibilidad de agua y el buen riego. Para definir con precisión las funciones dentro del contexto de la rehabilitación, que es el proceso de intervención en la reposición, es necesario describir las características de las partes de un andén. Las partes de un andén son las siguientes.

El muro de contención es una estructura hecha de piedras apiladas unas sobre otras con exactitud y precisión, en varios tamaños. Su propósito es dar estabilidad a los suelos de la terraza. El muro está sobre el cimiento o zapata. El muro tiene una pequeña inclinación hacia adentro, lo que significa que a medida que aumenta la altura, el ancho disminuye.

La pendiente de los suelos determina la altura del muro. El talud tiene un valor promedio entre el 5 y el 15 %. Esto es lo que determina la estabilidad del muro de piedra como soporte del suelo agrícola, y está determinada por la forma, tamaño y peso de las piedras adosadas apropiadamente. La construcción de los monumentos de los andenes varía, en su mayoría con piedra. La altura de las paredes, su dimensión y las proporciones de sus andenes varían según el terreno y su pendiente, así como en relación con su finalidad. Una plataforma o talud es una superficie con una pendiente mínima para distribuir esfuerzos (tanto transversal como longitudinalmente); está construido en una serie de puntales utilizando piedras

Debajo de la plataforma de los andenes, tienen una capa de piedra, sirven como filtros para un buen drenaje. Capa media de cascajo y arena impermeabilizado con tierra

y arcillosa para regular el drenaje la llovizna, y la capa superior de suelo agrícola que mide exclusivamente entre 50 y 80 centímetros de altura.

La terraza tiene una tendencia ligera, tanto longitudinal como transversalmente, para que el agua fluya lentamente y sin erosionar el suelo. La edificación se realiza en base de corte más o menos vertical y horizontalmente, sobre una base excavada y rellena con piedras. El sistema de andenes, construido con materiales locales, depende de las acequias de riego para trasladar el agua.

### Figura 6

*Partes principales de un andén*



Las vías o rutas de acceso, facilitar a los agricultores el manejo de sus campos agrícolas. Estas estructuras facilitan el manejo oportuno de las labores culturales agrícolas. Hay escaleras transversales que conectan a numerosos andenes van paralelas a las acequias. Existen empedrados preparados para soportar la erosión hídrica y permite trasladar animales y los agricultores transitan durante las faenas agrícolas.

Según los agricultores, los factores del deterioro de la estructura de los andenes son diversos, principalmente estarían relacionados a las siguientes causas:

- El cambio de cultivos,
- Establecimiento del cultivo de la alfalfa y la posterior invasión de la planta como el kikuyo,
- El pastoreo de bovinos y ovinos que hacen caer paulatinamente las piedras del muro, y dañan parte de corona y las acequias;
- Las migraciones de parte de la población principalmente jóvenes, ocasiona la escasa participación de mano de obra en las prácticas de conservación de suelos a la practicas agronómicas y culturales.
- La calidad y cantidad del recurso hídrico.

La restauración de andenes incluye a la infraestructura complementaria, a los reservorios, los canales de riego que distribuyen el agua desde una captación hasta los andenes, el tiempo y los costos para la rehabilitación y mantenimiento puede variar dependiendo al grado de deterioro, la disponibilidad de medios e instrumentos, como apoyo institucional, fuerza de trabajo, abonos, tierra seleccionada y piedra.

El costo de inversión para la rehabilitación y mantenimiento de andenes es considerable, dependiendo de la ubicación geográfica, nivel de sofisticación de los muros, canales de abastecimiento de agua y sistema de drenaje. La cantidad de mano de obra requerida para restaurar andenes oscila entre 180 y 220 jornales por ha.

Una hectárea de andenes tiene una superficie cerca de 2,800 m<sup>2</sup> de muro y cada jornalero puede rehabilitar 24 m<sup>2</sup> promedio en un mes, es decir, cada trabajador restaura en cuatros horas 1 m<sup>2</sup> dependiendo del tipo de suelo, traslado de material y principalmente el nivel de deterioro en la que se encuentra el andén. Agro Rural y el fondo Candarave ha hecho un presupuesto de S/ 11 000 soles para el mantenimiento del andén, más la limpieza de la acequia. Los trabajos de rehabilitación incluyen el acopio de piedras, reconstrucción de muros, excavación de cimentaciones, relleno y nivelación de la plataforma. El costo de la rehabilitación está en función a varios componentes, el grado de deterioro, disponibilidad de material de piedra y tierra agrícola y la topografía, entre otros.

Los trabajos de restauración incluyen despedregado, reconstrucción de muros, excavación de cimentaciones, relleno y nivelación de la plataforma.

El proceso de mantenimiento de los canales de derivación se realiza en la fiesta del agua, actos que subsiste como muestra de la cohesión social, dirigida por la Comisión de Usuarios de Riego, organización muy importante en la organización comunal, mientras el mantenimiento de los muros de los andenes se realiza antes del proceso de la siembra.

Sobre la orientación técnica de la restauración de andenes, los pobladores manifiestan, la contribución institucional es muy deficiente o es escasa, el 25 % de los agricultores entrevistados manifiesta que ha recibidos orientación técnica del personal de la Municipalidad y de AGRO RURAL; mientras que un grupo representativo de los productores (63 %) dice que no han tenido ningún apoyo institucional que haya impartido información técnica sobre la rehabilitación de los andenes y de la infraestructura complementaria y el 11 % de agricultores no sabe si hubo asistencia técnica o no.

### **5.3.2. Infraestructura hidráulica**

En la comunidad de Huanuara, las principales actividades económicas son la agricultura y la ganadería extensiva en sistemas de andenería, con infraestructura hidráulica de tipo comunitario, captada del río Callazas en la bocatoma Coranchay (4,100 msnm), conducida por un canal de 2,3 metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ) de capacidad y 3,6 kilómetros (km) de longitud, hasta el partididor Marisol, que distribuye las aguas a los subsectores de riego Cairani, Huanuara, Candarave y Quilahuani.

En total, el sistema de riego permite dotar de recurso hídrico a 3,700 ha. según su licencia de uso agrario, como consta en el Registro Administrativo de Usos de Agua (RADA). El agua es conducida por un canal de 28,89 Km., hasta las zonas de producción agropecuaria de Huanuara.

Otra de las captaciones de agua es la bocatoma Chaullani, ubicada aproximadamente a dos kilómetros aguas abajo de la captación Coranchay, captando 107 litros por segundo (l/s.), conducida por el canal principal y distribuida para tres sectores, conducidas por canal secundario hacia las tres zonas de riego, a la comunidad de Huanuara le corresponde 0,036 l/s promedio para uso agropecuarios.

El sistema hidráulico general está conformado por las captaciones Coranchay y Chaullani, estructuras ubicadas en lateral del río Callazas, la primera conduce agua hasta el repartidor Marisol, luego conducida por el canal de derivación. La segunda captación es conducida por el canal de derivación hasta la zona de andenes de la microcuenca Huayñuma de la comunidad de Huanuara.

Los canales de derivación conducen el agua muchos kilómetros hasta las zonas agrícolas o las cabeceras de las parcelas agrícolas. Estas infraestructuras han sido mejoradas (revestidas con cemento).

Desde los estanques o reservorios, son conducidas las aguas a las zonas agrícolas o sectores de riego por los canales de distribución, que son cursos de agua artificiales que se derivan de los canales principales o los estanques. Se pueden distinguir hasta dos tipos de canales.

Canales secundarios laterales es la infraestructura que conducen agua desde un canal de distribución hacia uno o más sectores de riego. Su capacidad de conducción varía, y los canales de distribución de tercer orden, son canales que conducen agua desde un canal secundario hacia la parcela de un sector de riego o a los andenes.

El mantenimiento se realizaba a través de las faenas comunales denominado la fiesta del agua, que paulatinamente se está perdiendo, por factores exógenos, como los programas sociales (Qali Warma, Pensión 65, Vaso de Leche, Cuna Más, etc.), con medidas asistenciales, ha debilitado a la organización social comunal; también está afectando la ampliación de funciones de la municipalidad, a través del trabajo en obra, el trabajo asalariado (hay familias que emplean fuerza de trabajo pagado) las costumbres adquiridas por migrantes y la presencia de la actividad de la minera. Son las que están provocando la extensión de las relaciones de reciprocidad, base fundamental de la organización de las comunidades que les ha permitido participar en la construcción de la infraestructura comunal y desarrollar actividades de mantenimiento.

La infraestructura hidráulica es de tipo comunal, administrada por la Comisión de Usuarios de Riego de Huanuara, conforma la Junta de Usuarios de Candarave reconocida por la Ley de las Organizaciones de Usuarios de Agua y su Reglamento, regula su

formación y funcionamiento, prevista en la Ley N° 29338. Son organizaciones de naturaleza mixta, sus labores en la gestión de infraestructura hidráulica y el agua de riego es de interés público, en la microcuenca Huayñuma se tiene siete bocatomas, siete calanes, 14 estanques, comprendido los manantiales y los canales de distribución de cada sección de riego.

La Junta de Usuarios de Candarave, reconocida por Ley de Organizaciones de Usuarios de Agua, y su Reglamento (DS N° 005-2015-MINAGRI), y disposiciones modificatorias, regula su funcionamiento como entidad de naturaleza mixta. cuya función en la gestión de infraestructuras hidráulica y los recursos hídricos son de interés público.

**Tabla 3**

*Infraestructura hidráulica de la comunidad de Huanuara*

Infraestructura hidráulica (canales de riego) en la comunidad de Huanuara	Caudal m <sup>3</sup> /s	Coordenada UTM	
		Este	Norte
Derivación Coranchay	0,636 m <sup>3</sup> /s	362953	8107294
Derivación Chaullani	0,107 m <sup>3</sup> /s	360494	8092492
Quinto pampa, partididor Huanuara	0,262 m <sup>3</sup> /s	359764	8091458
Chaullani entrega reservorio rustico Chaullani	0,036 m <sup>3</sup> /s	359814	8088175
Manantial sector Mollebaya	0,001 m <sup>3</sup> /s	361503	8086978
Manantial sector Simón Cahuira	0,003 m <sup>3</sup> /s	361700	8087528
Manantial Ocahuira ingreso canal de Challahuaya	0,034 m <sup>3</sup> /s	359909	8085598
Manantial el Trigal aporte al reservorio el Trigal,	0,034 m <sup>3</sup> /s	357910	8084227
Manantial sector Calacota aporte canales Pluma, Vilaque y Machacmarca	0,210 m <sup>3</sup> /s	357519	8083831
Manantial Muralla sector Tambillo aporte canal Muralla	0,073 m <sup>3</sup> /s	354851	8081206
Manantial Cruz Pampa zona Tres Cruces	0,021 m <sup>3</sup> /s	351859	8079238
Manantial Huajahuine sector molle quebrada	0,090 m <sup>3</sup> /s	349406	8077927
Manantial Angostura	0,070 m <sup>3</sup> /s	346670	8077294
14 pequeños estanques			

Fuente: GRT-PET. Tacna y trabajo de campo agosto 2022.

La comunidad de Huanuara tiene el caudal total de agua 0,834 m<sup>3</sup>/s. Para uso agropecuario, las fuentes principales son el río Callazas y los manantiales. Se capta las

aguas superficiales del río Callazas, conducida por un canal de 2,3 m<sup>3</sup>/s de capacidad y 3,6 km. de longitud hasta el partidor Marisol, en donde se distribuye a los subsectores de Cairani, Huanuara, Candarave y Quilahuani, permite dotar agua para 3700 ha.

La operación de la infraestructura hidráulica se refiere a las labores que realizan los miembros de las comisiones de riego en la prestación de los servicios de repartición y entrega del agua, desde la captación hasta la entrega a los usuarios de los distintos sectores de la microcuenca Huayñuma.

#### **5.4. CONSERVACIÓN DEL SISTEMA DE ANDENERÍA**

Es bien sabido que los andenes son agentes ambientales que apoyan la preservación del suelo, el manejo de la erosión, la ampliación de la frontera agrícola y otros importantes servicios ecológicos; sin embargo, en muchas áreas, el sistema andenes se encuentra en un estado precario debido al abandono y su deterioro.

El abandono de los andenes impacta de forma negativa en las acciones de control y absorción del agua, se ha incrementado los deslizamientos de tierras y los riesgos de erosión, también se empeoran los efectos de las heladas y la sequía con incidencia directa en la baja productividad agrícola y la reducción de los ingresos de las familias rurales.

El sistema andenes se plantea como una estrategia técnico-productiva que permite mejorar las condiciones de los agricultores ubicados en zonas áridas, de difícil acceso y con pendientes pronunciadas al reducir la erosión de los suelos, tener un mejor control de las aguas pluviales y ampliar la frontera agrícola. La construcción de andenes permite la incorporación de nuevas tierras al sistema productivo de la economía rural, transformando aquellas áreas con excesiva pendiente en áreas con mejores condiciones productivas.

Los andenes son estructuras de manejo y conservación del suelo y agua para la actividad agropecuaria, permite el mejor aprovechamiento de los recursos suelo, agua y clima. En la actualidad, se visualiza un proceso de disminución de la actividad agropecuaria, debido a factores relacionados al agua en cantidad y calidad, tiene incidencia directa a la producción de alimentos, a la biodiversidad, y al ambiente.

En la microcuenca Huayñuma, según AGRO RURAL (2021), en andenes para la vida, en Huanuara existe un área total de 1071,23 ha., con andenes, de los cuales 901,42 ha. está en producción y 205,90 ha. (18,59 %) están en estado de abandono. A nivel de la provincia, el 13,35 % de áreas con andenería se encuentra en estado de abandono, lo que tiene incidencia en el Producto Bruto Regional.

#### 5.4.1. *Control de la erosión*

La definición de erosión es el movimiento del material del suelo de un lugar a otro por agentes erosivos relacionados a factores naturales y antrópicos. En términos generales, los principales elementos erosivos son muchos factores vinculados; el agua, a las prácticas agrícolas no adecuadas, la topografía como el cambio climático, como se visualiza en la tabla 4.

**Tabla 4**

*Causas de la erosión de suelos en la comunidad*

Descripción de las causas de la erosión de suelos en la comunidad	% de Casos
Cambio climático	2,27
Topografía	25,00
Sistema de riego	54,55
Prácticas agrícolas deficientes	13,64
Deforestación	2,27
Crianza extensiva de ganado bovino y ovino.	2,27
<b>Total</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Encuesta socioeconómica aplicada en agosto 2022

Sobre las causas de erosión de suelos, el 25 % de los agricultores entrevistados dice que la causa principal de la erosión es la topografía, el otro grupo representativo de 54,55 % dice la erosión de los suelos es provocado por el sistema de riego, el 2,27 % atribuye al cambio climático, el 13,64 % de los entrevistados indica que es producto de las deficientes prácticas agrícolas, el 2,27 % manifiesta, la erosión de los suelos es por la deforestación, y el 2,27 % de agricultores consultados señala que es producto de la crianza extensiva de ganado bovino y ovino.

La erosión de los suelos en la comunidad es un proceso causado por factores naturales y antrópicas, en las que intervienen elementos relacionados a prácticas agrícolas y pecuarias, el cambio climático, agua, etc.,

El proceso de erosión hídrica de suelos agrícolas ubicados en ladera se distingue claramente tres fases. La primera es el desprendimiento de las partículas del suelo, el segundo es el traslado de partículas por el agua. Y finalmente, cuando el agua disminuye la velocidad, las partículas del suelo se depositan en varios lugares del paisaje. Este diagrama deja en claro que la primera barrera para controlar la erosión es a través de prácticas de manejo del suelo que reduzcan o prevengan la descomposición de las partículas del suelo, y la segunda es tomar medidas para evitar el traslado de partículas del suelo descompuestas al agua.

#### **5.4.2. Las consecuencias de la erosión de suelos**

El suelo es un cuerpo natural constituida por cuatro componentes principalmente, la materia orgánica, minerales, agua y aire. Según Poma y Alcantara (2011) el suelo en mejores condiciones para los cultivos es cuando contiene el 45 % de minerales, (limo, arena, arcilla, etc.), 5 % materia orgánica, el 25 % de O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> (fase gaseosa), y el 25 % de agua, sales solubles, y otros. Debido a los efectos erosivos, los elementos conformantes del suelo reducen su capacidad productiva.

**Tabla 5**

*Las consecuencias de la erosión de suelos de la comunidad de Huanuara*

Descripción de las consecuencias de la erosión del suelo	% de personas entrevistadas
La pérdida de nutrientes de la tierra.	70,45
Desertificación del suelo.	13,64
Se reduce la capacidad de filtrado generar inundaciones	10,23
Pérdida de la biodiversidad	3,41
Poca capacidad de absorber el dióxido de carbono.	2,27
Total	100,00

Fuente: Encuesta socioeconómica, aplicada en agosto 2022.

Sobre la consecuencia de la erosión de suelos, el 70,45 % de agricultores entrevistados dice, la erosión de los suelos provoca la pérdida de nutrientes y la cantidad de la producción disminuye y son de mala calidad, el 13,64 % del otro grupo de agricultores entrevistados sostiene que la erosión de suelos conduce a la desertificación de suelos ubicadas en pendientes, están perdiendo la cobertura vegetal de forma acelerada, el 10,23 % de los entrevistado señala que la erosión reduce la capacidad de infiltración provocando inundaciones, debido a los efectos de compactación, y se produce la escorrentía superficial y aumenta la capacidad erosiva del agua; el 3,41 % indica que la erosión provoca la pérdida de la biodiversidad y, 2,27 % manifiesta, que la erosión disminuye la capacidad de absorber el dióxido de carbono, debido a que el suelo ha perdido parte de la vegetación existente.

Este fenómeno se refiere a la eliminación de la capa superficial del suelo causada por una variedad de factores, incluidos el agua, el viento y las prácticas agrícolas no sostenibles, como la agricultura intensiva. La erosión del suelo disminuye el rendimiento de la actividad agrícola, al reducir los nutrientes disponibles para las plantas, así como el espacio para cultivar. Además, los cultivos tienden a ser de mala calidad, más pequeños, menos nutritivos y producen menos ingresos para los agricultores.

La erosión es un proceso de pérdida de una porción de los componentes del suelo, como la eliminación de nutrientes. La erosión hídrica es el principal factor de degradación del suelo en andenes, seguido por la degradación química y, en menor proporción erosión eólica.

La degradación del suelo por erosión en la microcuenca Huayñuma es mínima, debido a que las actividades agrícolas y la ganadería se desarrollan en el sistema de andenería, sin embargo, la pérdida de la capa superficial del suelo ricos en materia orgánica, nutrientes y elementos químicos naturales necesarias para la agricultura, se debe tener en cuenta, la degradación y la erosión de los suelos es principalmente por las malas prácticas en el proceso de riego y labranzas, así como el uso de productos sintético (fertilizantes químicos), sin orientación técnica, las que podría estaría provocando a los suelos sean más acidas y/o alcalinas.

## 5.5. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ANDENERÍA

El ecosistema andenes contribuye el mejor control de la erosión, pudiendo reducir la pérdida de suelos. Con la disminución de la pendiente, en los andenes y terrazas baja la escorrentía superficial y la capacidad erosiva de las aguas a medida que se reduce las pendientes. El aumento de la infiltración y la disminución de la erosión hídrica en la superficie favorece la humedad, la presencia de materia orgánica y la fertilidad del suelo.

En el mantenimiento del sistema de andenería, el 100 % de agricultores reponen la ruptura de alguna parte del muro, el 91 % de los mismos agricultores dice que hace limpieza de la plataforma del andén, el 99 % de los entrevistados desarrolla un sistema de riego apropiado, el 97 % manifiesta que fertiliza los suelos agrícolas, el 97 % realiza la rotación de cultivos, como parte del manejo de los suelos, el 47 % hace práctica de asociación de cultivos y 13,64 % dice que hace reforestación como parte del proceso de mantenimiento del sistema de los andenería.

El uso intensivo del suelo requiere trabajos de mantenimiento en los sistemas de andenes y acequias. Estas labores se realizan con mayor intensidad en los muros de contención de los andenes, tan pronto como ha ocurrido un pequeño deslave o ruptura de alguna sección (caída de piedras del muro), es requerido para evitar mayores daños en un sistema integrado donde hay efectos en todo el muro y de andenes adyacentes.

**Tabla 6**

*El mantenimiento del sistema de andenería en la comunidad de Huanuara*

Descripción de actividades de mantenimiento del sistema de andenería.	% de Agricultores que hacen Práctica de mantenimiento.
Reposición de deslave o ruptura de alguna sección del muro	100,00
Limpieza de la plataforma	90,91
Sistema de riego apropiado	98,86
Fertilización de suelos	96,59
Rotación de cultivos	96,59
Cultivos asociados	46,59
Reforestación	13,64

Fuente: Encuesta socioeconómica, aplicada en agosto 2022.

Los andenes constituyen una de las prácticas más antiguas de conservación de agua y suelos, asociada con la agricultura básicamente, en este sistema, se da la combinación de muchos factores tales como: el diseño, el uso de material de construcción en base a la tierra, piedras y rocas, vegetación, pendiente, clima local y distribución geográfica, debido a ello el proceso de mantenimiento del sistema de los andenes es muy importante a los agricultores de la comunidad de Huanuara.

Muchas personas que han desarrollado proyectos de investigación sobre el sistema de andenes reconocen su capacidad para proporcionar una amplia gama de servicios ecosistémicos, que incluyen **provisión** de alimentos y forrajeo, **regulación** (control de erosión, reducción de escorrentía superficial, secuestro de carbono), **apoyo** (biodiversidad, retención de nutrientes, aumento de biomasa y suelos fértiles), y servicios **culturales** la promoción del turismo.

El mantenimiento de los sistemas de andenería está asociados al sistema de riego (canales y reservorios), la explotación del agua de manantiales es intenso en el trabajo comunal, que todavía mantiene a algunos rasgos de la cultura andina (las relaciones de cooperación y la reciprocidad) y en la organización social (la comunidad), en la actualidad estas relaciones se encuentran debilitadas por muchos factores, algunos personas en la esfera académica lo denominan “estrategias de diversificación”, involucran un espectro amplio de actividades en el interior y fuera de la unidad productiva, como la participación en los mercados de trabajo y de bienes, tales como la venta de fuerza de trabajo a otras unidades rurales, la contratación en actividades no agrícolas, los trabajos de emprendimiento, actividades comerciales de pequeña escala, y principalmente las migración hacia lugares de mayor “desarrollo”, con el propósito de lograr recurso necesarios para la familia y otro grupo, principalmente integrados por jóvenes migran a las ciudades, al no encontrar alguna oportunidad en la comunidad, quedando una población de adultos y niños. Estos factores tienen impacto directo en el deterioro y abandono de la andenería.

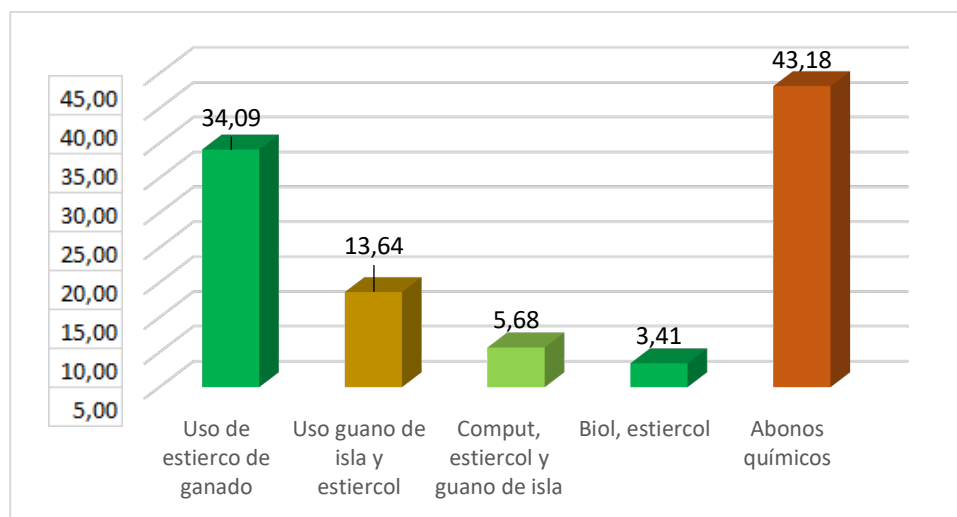
#### ***5.5.1. La fertilización del suelo en el sistema de andenería***

La fertilización de suelos en el sistema andenes se realiza principalmente en la comunidad con abonos orgánicos (residuos) del mismo sistema de producción como una

alternativa viable porque agregan materia orgánica, nutrientes y microorganismos al suelo.

**Figura 7**

*Fertilización de suelos en la comunidad de Huanuara*



Fuente: Encuesta socioeconómica, aplicada en agosto 2022.

En la fertilización de suelos, el 34,09 % de los agricultores de la comunidad de Huanuara dice que está usando el estiércol de ganado para la fertilización del suelos, el 13,64 % del otro grupo de agricultores indica que utiliza el guano de isla y estiércol para abonar los terrenos agrícolas, el 5,68 % dice que está empleando compost, estiércol, y guano de isla para fertilizar sus terrenos, el 3,41 % de agricultores manifiesta que emplea biol y estiércol y el 43,18 % de un grupo representativo de agricultores de la comunidad indica que emplea para la fertilización de suelos con abonos químicos

Más de 56 % de los agricultores emplea abonos naturales, combinando con otros o solo el estiércol de ganado, para la fertilización de suelos agrícolas. El estiércol es el fertilizante orgánico, utilizado por los agricultores para aprovechar los residuos del ganado, para restaurar los nutrientes de las tierras agrícolas, pero, dependerán fundamentalmente del tipo de ganado. En general, los nutrientes principales son el nitrógeno, fósforo y potasio y se utilizan para el desarrollo vegetativo.

Antes de ser agregado al suelo, el estiércol del ganado y otros materiales orgánicos se convierten en compost y es descompuestos. El abono orgánico es muy importante, porque mejora las condiciones del suelo; según FAO e IFA, (2002), el material orgánico fortalece la estructura del suelo, disminuye la erosión, regula la temperatura del suelo y ayuda al suelo a almacenar más humedad, mejorando la fertilidad del suelo. Sin embargo, el abono orgánico por sí solo es insuficiente para alcanzar el nivel de producción deseado; por eso, se utilizan fertilizantes minerales.

Los principales factores que aportan la fertilidad del suelo son; la materia orgánica, la textura, la estructura, la profundidad, el contenido de nutrientes, la capacidad de almacenamiento, la reacción del suelo y la ausencia de elementos tóxicos. Otros factores importantes son la reacción y la profundidad del suelo. El 43,18 % de agricultores emplean fertilizantes químicos y los más utilizados son: Úrea, nitrato de amonio, fosfato diamónico, sulfato de potasio, 20 x 201 y otros como se podrá visualizar en la tabla siguiente:

**Tabla 7**

*Los productos agroquímicos empleados por los agricultores de Huanuara*

Productos agroquímicos	% de entrevistas a productores
Urea con nitrato de amonio	26,32
Fosfato diamónico, con urea	18,42
Nitrato de amonio con 20 x 20	34,21
Urea, fosfato diamónico y 20x20	10,53
Fosfato, 20 x 20	10,53
Total	100,00

Fuente: Encuesta socioeconómica, aplicada en agosto 2022

El 26,32 % de los entrevistados indica que en la fertilización de suelos de cultivos lo realizan con urea y nitrato de amonio, el 18,42 % de agricultores dice que están empleando fosfato diamónica con urea, el 34,21 % indica que están fertilizando con

<sup>1</sup> El fertilizante contiene 3 elementos mayores: Nitrógeno, fósforo y potasio en proporciones concentradas. Es de uso múltiple.

nitrate de amonio con 20 x 20, el 10, 53 % manifiesta que la fertilización de suelos lo hacen con urea, fosfato diamónico y 20 x 20, y el 10,53 % dice que están fertilizando con fosfato diamónico y 20 x 20. Las prácticas de fertilización con productos químicos, no tiene sustento técnico.

La agricultura convencional se basa en la aplicación de fertilizantes minerales solubles para obtener un mayor rendimiento por hectárea de los cultivos. Sin embargo, la aplicación excesiva provoca la eutrofización, es decir, la contaminación del agua por exceso de nutrientes principalmente nitrógeno y fósforo. Se contamina, el aire, el agua, se degrada el suelo y los ecosistemas, como la disminución de la biodiversidad.

Los impactos negativos de los fertilizantes sintéticos sobre el agua son: lixiviación (es extraer una sustancia de un material sólido), Aguas subterráneas y superficiales.

Los efectos negativos en el caso del suelo incluyen la variación del pH, la degradación de la estructura del suelo y la degradación de la microfauna. Por último, pero no menos importante, la aplicación inadecuada de fertilizantes es la principal culpable del efecto en el aire. Según la percepción de los agricultores, el uso de los fertilizantes químicos está provocando la alteración de algunos componentes del ecosistema natural, como se puede apreciar en el contenido de la tabla 8.

**Tabla 8**

*Percepciones sobre el uso de fertilizantes químicos en los Cultivos*

Consecuencias del Uso de Fertilizantes Químicos en la agricultura.	%
Contaminación del agua	12,50
Degradación de los suelos agrícolas	39,77
Reducción de la biodiversidad	27,27
Afecta a la salud de las personas	15,91
Afecta en la producción del maíz (el producto es duro)	4,55
Total	100,00

Fuente: Encuesta socioeconómica, aplicada en agosto 2022

Sobre las consecuencia del uso de fertilizantes químicos en la agricultura, el 12,50 % de los entrevistados dice que se está contaminado el agua; el 39,77 % del otro grupo

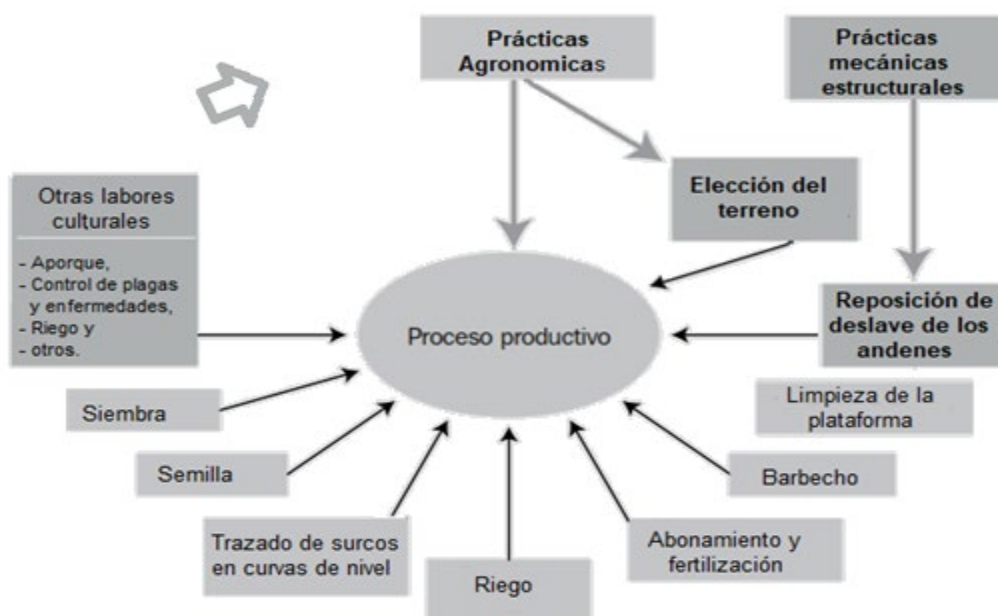
de agricultores dice que se está degradando los suelos agrícolas; el 27,27 % de los entrevistados dice que el uso de fertilizantes químicos está reduciendo la biodiversidad; 15,91 % de las personas manifiesta que el uso de fertilizantes químicos está afectando a la salud de las personas y el 4,55 % manifiesta que el uso de productos sintéticos afecta a la calidad de los productos, como en la producción del maíz.

### 5.5.2. *Prácticas de preparación de suelos*

La preparación del suelo inicia generalmente con la elección del terreno agrícola; en seguida, se realiza las actividades de reparación de las partes del andén, como los muros y la plataforma en donde se ejecuta el barbecho y el mullido (desterronado), se incorpora abonos naturales y fertilizantes. La aplicación de abonos (fuentes orgánicas) y fertilizantes (fuentes inorgánicas), que requieren las plantas para su crecimiento y producción, en ambientes apropiados de humedad, se prepara los surcos. Estas dependen de la pendiente y, generalmente, se ejecuta en dirección a las curvas de nivel, se realiza con el propósito de evitar la erosión y retener la humedad.

#### Figura 8

*Proceso de preparación de suelos y labores culturales*



Fuente: Trabajo de campo agosto 2022.

Los productores valoran las propiedades de los abonos y las consideran un elemento valioso porque mejoran la fertilidad del suelo, brindan ambientes favorables para el crecimiento de microorganismos benéficos, beneficia el crecimiento de los raices de las plantas, y ayudan a retener agua y nutrientes.

Los fertilizantes son la fuente sintética de nutrientes, los más importantes son el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K) conocidos como NPK. En las prácticas agrícolas, es importante las labores de control de plagas y enfermedades, como también requiere de labores de control de la maleza. Los cultivos deben estar libres de planta que hacen competencia, en el uso del espacio, agua, nutrientes y pueden ser hospederos de patógenos que causan daños a los cultivos dentro de su proceso de desarrollo vegetativo.

### 5.5.3. *Calidad de suelos en andenes*

El suelo, considerado como el cuerpo natural responsable de la vida, es la capa delgada formada por la roca superficiales descompuesta, como resultado de la acción del agua, los cambios de temperatura, el viento y el tiempo; se encuentra en fase sólido, líquido y gaseoso; es dinámico, porque dentro del suelos ocurren procesos que involucran cambios físicos y reacciones químicos de forma constante.

**Tabla 9**

*Lugar en las que se toma la muestra de suelos y coordenadas UTM*

Lugar de la Toma de la Muestra en la microcuenca Huayñuma.	Coordenada UTM Latitud Sur	Coordenada UTM Latitud Oeste
Sequia Grande (Manantial)	19357371,52	8083654,28
	19357356,45	8083653,93
	19357350,67	8083668,66
Chaulani (río Callazas)	19361017,68	8087105,32
	19361031,50	8087100,99
	19361020,81	8087220,65
Ollería (río Callazas)	19360030,52	8086297,19
	19360028,56	8086318,08
	19360051,43	8086321,61

Fuente: Trabajo de campo, agosto 2022.

Las características físicas de la calidad del suelo incluyen su textura, profundidad efectiva, infiltración y capacidad de retención de agua. Estos componentes se basan en la física, la química y la biología. Entre los elementos químicos que establecen la aptitud del suelo, se hallan el carbono orgánico total, el pH, la conductividad eléctrica, la capacidad de intercambio catiónico, el fósforo, nitrógeno y el potasio. Para su comprobación, se ha tomado las muestras de suelo, de tres zonas de producción de la comunidad.

#### ***5.5.4. Elección de parámetros***

Es la selección de indicadores de la calidad fisicoquímicos del suelo, como textura, estructura, densidad, color, temperatura, pH, oxígeno disuelto, sodio, capacidad reductora u oxidativa, materia orgánica, contenido de macronutrientes principales, macronutrientes secundarios y micronutrientes (hierro, cobre, zinc) y otros.

Los parámetros físicos se refieren a la capacidad del suelo para brindar las condiciones estructurales adecuadas para el crecimiento y desarrollo de los cultivos, así como su equilibrio hidrostático. Los parámetros químicos se relacionan con la capacidad del suelo para proporcionar nutrientes esenciales a las plantas, lo que determina qué tan rápido y/o completo se desarrollará un cultivo cuando el suelo está por debajo de los niveles críticos.

#### ***5.5.5. Toma de muestras***

El resultado analítico dependerá del tamaño de la muestra y reflejará lo que sucede sobre el terreno. Para asegurar la calidad de los resultados, se han tenido en cuenta las recomendaciones de varios organismos competentes. Se toman tres submuestras por cada muestra de suelo. Para extraer la muestra, se ha cavado una profundidad de 30 cm. Las submuestras extraídas se han mezclado, se pesa y se coloca en bolsa con cierre hermético, rotulados con su código. Finalmente, se llevó al laboratorio.

### 5.5.6. *Análisis en laboratorio*

Para determinar los parámetros fisicoquímicos de las muestras de suelos, se ha tomado las condiciones más adecuadas para entregar al laboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano, en el laboratorio de evaluación ambiental de la Facultad de Minas.

**Análisis fisicoquímico del suelo.** El estudio de las características físicas y químicas de un suelo, o "análisis físico-químico", permite evaluar la fertilidad del suelo y determinar las mejores ubicaciones para llevar a cabo las tareas y prácticas agrícolas.

**Tabla 10**

*Características de los suelos – color, estructura, textura y permeabilidad*

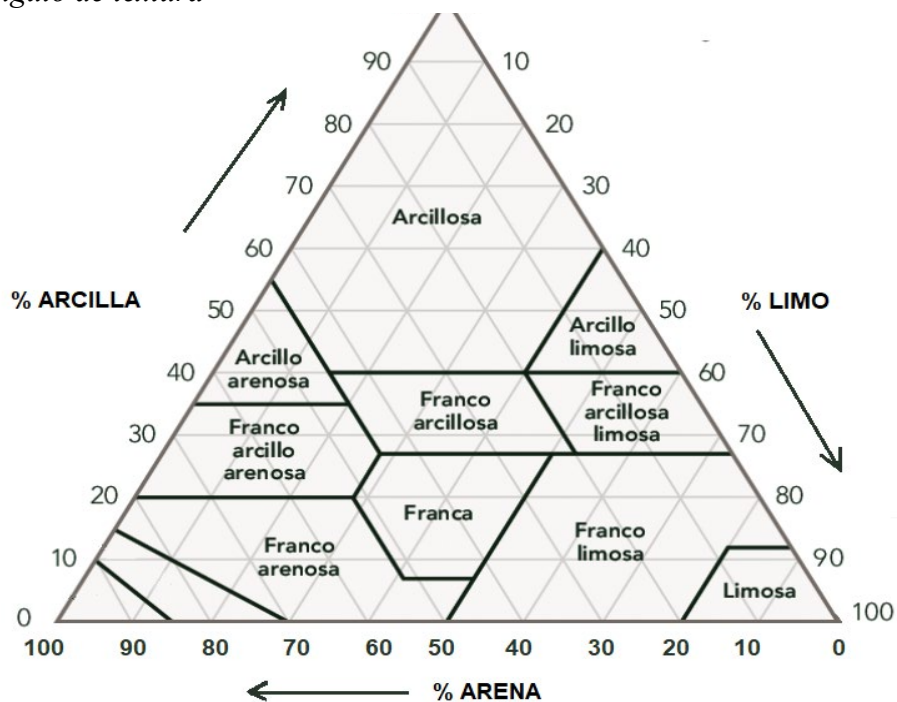
Muestras	Color	Estructura	Textura	Permeabilidad
Muestra M-01	Pardo muy oscuro 10YR2/2	Grado: (moderado) Tipo: Granular Horizonte A	2 Franco limoso	Moderada.
Muestra M-02	Pardo 10YR4/3	Grado: (moderado) Tipo: Granular, Horizonte A	2 Franco arenoso	Moderada
Muestra M-03	Pardo 10YR4/3	Grado: (moderado) Tipo: Granular Horizonte A	2 Franco arenoso	Moderada

Fuente: Trabajo de campo, agosto 2022.

**Figura 9***Proceso de toma de la muestra de suelos*

**Color del suelo.** El color del suelo agrícolas en la microcuenca, predomina el color pardo, la diferencia es en su matiz (claridad y pureza); la muestra M\_01 (Sequia grande manantial) es de color pardo muy oscura 10YR2/2, en la M\_02 (Chaulani) y en la muestra M-03 (Ollería), el color del suelo es pardo 10YR4/3. El color permite identificar el tipo de suelo, como la oxidación o reducción química en el suelo. El color del suelo se ha definido utilizando la tabla Munsell, las variaciones de los colores están en relación a la presencia de elementos, como óxidos férricos, manganeso y otros óxidos.

Los factores adversos en la calidad de los suelos son fundamentalmente de origen antrópica o natural, como el uso intensivo, o por el manejo inadecuado y por efectos climáticos, logran el deterioro de los suelos inherente a la erosión, la compactación, la salinización y contaminación. Los indicadores de evaluación de la calidad del suelo, debe contar con variables para conocer las propiedades físicas, químicas y biológicas, que permite estimar la fertilidad del suelo en cultivo de alfalfa.

**Figura 10***El triángulo de textura*

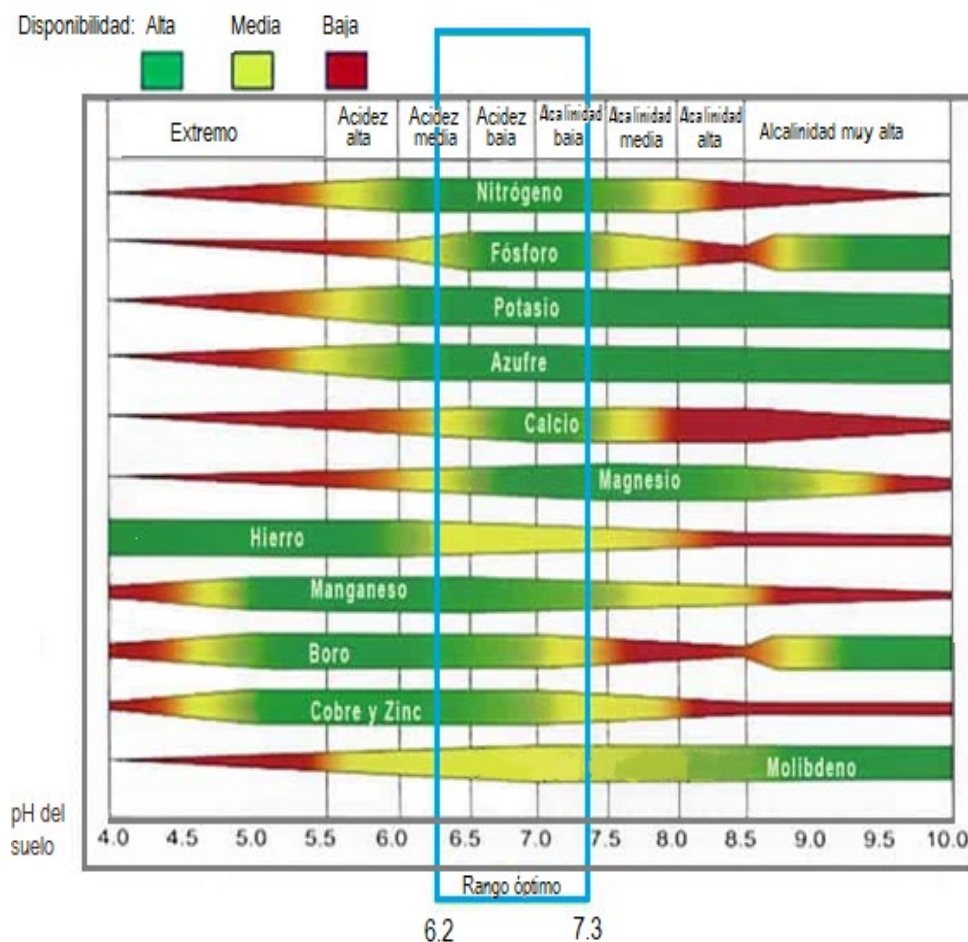
Fuente: USDA 1977

**La estructura del suelo.** La estructura de los suelos en la microcuenca Huayñuma de la comunidad de Huanuara, presenta una estructura de forma granular y se encuentra en el horizonte A del perfil del suelo. En estas condiciones, las raíces pueden penetrar fácilmente a la parte superficial del suelo, buena circulación del oxígeno y disponibilidad de agua. En general, el tamaño de los granos es fino, se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla.

La textura en la muestra M\_01 (Sequia grande) es franco limoso (21 % arena, 64 % limo y 15 % de arcilla), en la muestra M\_02 (Chauillani) es franco arenoso (67 % de arena, 24 % de limo y 9 % de arcilla) y en la muestra M\_03 (Ollería) es franco arenoso (65 % de arena, 24 de limo y 11 % de arcilla). La permeabilidad de los suelos de la comunidad de Huanuara es moderada en el cultivo de alfalfa.

**Figura 11**

*Influencia de pH en las plantas y la asimilación de nutrientes*



**El pH de los suelos.** Uno de los parámetros que ayuda a comprender las características químicas de cualquier suelo es su pH. Este parámetro afecta la disponibilidad de muchos de los elementos necesarios para el crecimiento de las plantas (figura 11). Hay tres rangos de pH disponibles: Un pH de <4 indica la presencia de ácidos libres, normalmente debido a la oxidación de sulfuros en pH de <5,5 muestra la presencia de aluminio intercambiable. Un pH de 7,8 o superior indica la presencia de  $\text{CaCO}_3$  frecuente o frecuentemente en altas concentraciones.

El proceso de cultivo se desarrolla correctamente en suelos con valores de pH entre 5,5 y 7,0. Esto se refiere a la acidez, neutralidad o alcalinidad del suelo como lo indica la proporción de iones de hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) y oxígeno ( $\text{OH}^-$ ). Como indica Jaramillo

(2002), la reacción del suelo se evalúa determinando su pH, o estableciendo la ecuación para la inversión de la concentración de  $H_3O^+$  en la solución del suelo (p. 346).

El pH en la muestra M\_01 (Sequia grande) es 6,83 neutro, ubicándose en el rango óptimo; mientras que, en la muestra, el pH de M\_02 (Chaulani) es 8,21 la alcalinidad alta, con deficiente asimilación de algunos nutrientes y, en la muestra M\_03 (Ollería), es 6,89 neutro, efectos de toxicidad mínimo. Las características químicas de los suelos de la zona 1 y 3 son apropiadas para el desarrollo de los cultivos, mientras la zona 2 presenta algunas restricciones.

Puede haber problemas con la solubilidad de algunos nutrientes cuando el pH del entorno de cultivo es superior a 6,5; especialmente, con varios micronutrientes (Fe+2, Mn+2 y B). La absorción reducida de fósforo a valores de pH inferiores a 6,5 puede resultar en la presencia de señales carenciales. Cuando el pH está inadecuado, las raíces de las plantas se dañarán gravemente.

**°C Grado Celsius.** La temperatura del suelo afecta al clima, al crecimiento de las plantas, al momento en que aparecen los brotes o se cae la hoja, a la velocidad de descomposición de los desechos orgánicos y a otros procesos químicos, físicos y biológicos que suceden en el suelo. La temperatura del suelo está directamente asociada a la temperatura de la atmósfera porque el suelo es un aislante del flujo de calor entre la tierra sólida y la atmósfera. En la muestra M\_01 es °C 18,65, para M\_02 18,91, y en M\_03 18,90.

Las temperaturas del suelo pueden ser bastante bajas en verano o bastante altas en invierno. La temperatura de la superficie del suelo llega a fluctuar entre 50 °C en el verano (suelo en un desierto; superior a la temperatura máxima del aire) a valores bajo cero en el invierno. La temperatura del suelo tiene un impacto. La capacidad de la tierra para absorber la radiación solar y convertirla en energía calórica la convierte en el punto de entrada de la energía que impulsa el mecanismo detrás de los procesos meteorológicos. De pequeña capacidad de absorción, el aire no se calienta por sí solo, sino por el calor que desprende el suelo, lo que lo convierte en un importante componente meteorológico.

**Oxígeno disuelto (DOppm).** Se utilizan dos escalas de medición para medir el OD: partes por millón (ppm) y proporción de impregnación, que se define como el porcentaje de oxígeno disuelto. En principio, el oxígeno es muy importante para la vida de las especies, niveles insuficientes de oxígeno en la zona de las raíces causará un subdesarrollo, restringe la absorción de nutrientes.

Si existe una concentración de 5 a 6 ppm hay suficiente oxígeno, si es menor de 3 ppm, es dañino para el ecosistema. Para la muestra M\_01 el DOppm (Sequia grande) es 3.61, en la muestra M\_02 el DOppm (Chaulani) es 3,81 y, en la muestra M\_03 el DOppm (Ollería), es 4,03.

El contenido del oxígeno en los suelos agrícolas se encuentra en nivel relativamente deficiente se encuentran debajo de los niveles recomendadas. Los factores de deficiencia de oxígeno son: La altitud, la salinidad, cuando esta es elevada el oxígeno disuelto disminuye y cuando el contenido mineral aumenta también disminuye el oxígeno.

El porcentaje de DO es cantidad de oxígeno disuelto que contiene el suelo agrícola, es un indicador de la calidad del suelo. Los valores porcentuales de DO %, en los suelos de la microcuenca Huayñuma en la muestra M\_01 es 62,4 %, en la muestra M\_02 es 66,1 % y en M\_03 es 69,7 %.

**Tabla 11**

*Resultados de análisis fisicoquímico del suelo de la comunidad de Huanuara*

N°	ANÁLISIS	RESULTADOS		
		M 01	M 02	M 03
01	DOppm	3,61	3,81	4,03
02	pH	6,83	8,21	6,89
03	°C	18,65	18,91	18,90
04	PSI	9,254	9,267	9,269
05	µS/cm	96	62	25
06	TDS ppm	50	13	100
07	Sal	0,00	0,00	0,00
08	ORP	7,2	14,9	38,6
09	DO%	62,4	66,1	69,7
10	pHmV	17,3	58,8	13,6

Fuente: Laboratorio, análisis físico químico – con Multiparámetro de Campo HI9829.

Nota. Método de ensayo por digestión multiácida -ICP-AES

**El sodio en los suelos.** En la evaluación de los suelos de la microcuenca Huayñuma, se clasifican como suelos ligeramente sódicos, para la muestra M\_01(Sequia grande) es 9,254, en la muestra M\_02 (Chaulani) es 9,267 y M\_03(Ollería) es 9,269. Los suelos sódicos surgen cuando se hallan grandes cantidades el ion  $\text{Na}^+$  en el suelo, se intercambia con otras bases presentes en el complejo de cambio como  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ . Esto origina efectos físicos y químicos en el suelo.

Cuando el PSI está presente en el suelo en estado combinado y principalmente en forma de sales, el exceso provoca el deterioro de las propiedades físicas y químicas del suelo y repercute en la productividad de los cultivos. También, poseen efectos dispersantes en los coloides del suelo, como afecta la estructura y la permeabilidad. Sus efectos dependen no solo de su propia concentración sino también de los otros cationes en el medio ambiente.

Los suelos salinos con alto contenido de sales solubles, en la superficie presenta una costra blanca y presenta cierta humedad. Los patrones de crecimiento de las plantas son deficientes. A medida que se acumulan sales en el suelo, o aumenta el período de encharcamiento (exceso de agua), la composición de las especies de plantas ha cambiado y el vigor de las plantas se ha reducido y las condiciones del suelo superficial están deterioradas.

## Figura 12

*Suelo con alto contenido de sales, M\_02, Chaullani*



Fuente: Trabajo de campo agosto 2022.

**ORP Capacidad reductora u oxidativa.** La capacidad reductora u oxidativa de los suelos contiene en M\_01 el ORP (sequia grande) es 7,2, en la muestra M\_02 el ORP (Chaullani) es 14,9 y en la muestra M\_03 el ORP(Ollería) es 38,6. Esto caracteriza lo relacionado entre la aireación del sistema edáfico y pH, condiciona en la actividad microbiana como el tipo de reacciones. La distribución del aire en la superficie de la tierra cambia con la humedad, que afecta la difusión del oxígeno y la concentración de dióxido de carbono.

**La conductividad eléctrica.** Se trata de la capacidad de transmitir corriente eléctrica a través del agua. Las plantas que utilizan el agua del suelo dependen no solo del contenido de agua del suelo, asimismo de la acumulación de sales disueltas en el suelo. La conductividad eléctrica del extracto de suelo saturado está relacionada con la tolerancia de los cultivos a la salinidad. En  $\mu\text{S}/\text{cm.}$ , en la muestra M\_01(Sequia grande) tiene 96, en la muestra M\_02 (Chaullani) es 62 y en la muestra M\_03(Ollería) es 25.

**Los totales de sólidos disueltos TDS.** Los minerales inorgánicos comunes que se encuentran en el agua que componen TDS incluyen calcio, magnesio, potasio y sodio, entre otros. Los rangos en la muestra M\_01(Sequia grande) es 50, en la muestra M\_02 (Chaulani) es 13 y en la muestra M\_03(Ollería) es 100; en la interpretación, se encuentran en el nivel bueno, porque se ubica en el primer nivel de los estándares de medición.

**Análisis de metales pesados en el suelo.** Para el análisis de las muestras, se utilizó el método de ensayo por digestión multiácida -ICP-AES, de concentraciones en suelos por Cu, cobre, Zn zinc, Cadmio Cd, Hierro Fe, Manganese Mn, Arsénico As, Plomo Pb, Boro B, Fosforo disponible y Nitrógeno; en las muestras M\_01, M\_02 y M\_03, muestras tomadas en la microcuenca Huayñuma de la Comunidad de Huanuara.

**El cobre Cu.** El Cu está presente en las muestras M- 1 (Sequia grande), M-02 (Chaulani) y M-03 (Ollera) con concentraciones de 0,06 Mg/kg, 0,03 Mg/kg y 0,03 Mg/kg, respectivamente. El Cu es un elemento crucial para el crecimiento vegetativo y se clasifica como micronutriente junto con Fe, Mn, Zn, B, Mo, Ni y Cl. Cantidades insuficientes de Cu reducen la biomasa bacteriana y la actividad metabólica, lo que reduce la eficiencia de los procesos biogeoquímicos en los que participan las bacterias y da como resultado una disminución de la fertilidad de los suelos agrícolas, así como daños al ecosistema.

**El Zinc Zn.** Las concentraciones de Zn, en los suelos agrícolas de la microcuenca Huayñuma, presentan rangos de concentración en la muestra M\_01(Sequia grande) es 0,10, en la muestra M\_02 (Chaulani) es <0,09 y en la muestra M\_03(Ollería)de <0,02, Los niveles de zinc se encuentra dentro de los límites adecuados para la agricultura.

**Cadmio Cd en el Suelo.** El nivel de cadmio en suelos de la microcuenca Huayñuma está entre 0,07 y 0,25 Mg/kg, con un nivel base natural que no excede los niveles normales para el desarrollo de la agricultura, es decir, en la muestra M\_01(Sequia grande) es 0,25 Mg/kg, en la muestra M\_02 (Chaulani) es 0,07 Mg/kg, y en la muestra M\_03(Ollería) es 0,10, no supera 0,5 Mg/kg. Los niveles de cadmio en los agrícolas se incrementan con el uso de fertilizantes fosfáticas, estos contienen niveles de metales pesados son superiores al promedio de la corteza terrestre.

**Hierro Fe.** La concentración de Fe en los suelos agrícolas es en la muestra M\_01(Sequia grande) 9,83, en la muestra M\_02 (Chaulani) es 1,58 y en la muestra M-03(Ollería) es 1,29. Una de las principales causas de esta deficiencia es la alcalinidad del suelo; esto provoca una relación antagónica entre los carbonatos y el hierro en el suelo; El pH determina la disponibilidad de hierro y otros micronutrientes al afectar su solubilidad. La producción de clorofila, que es la que da el color en las hojas.

**El arsénico As.** El As se puede encontrar en la tierra, la atmósfera, las rocas, los cuerpos de agua, los minerales y los organismos de naturaleza inorgánica, orgánica y metilada. Debido a su facilidad de movimiento en condiciones naturales, se vuelven problemáticos. El uso de combustibles fósiles, de pesticidas orgánicos, herbicidas y desecantes agrícolas, así como el empleo de aditivos en alimentos para ganado resulta ser tóxico. El As en la comunidad de Huanuara, en las muestras se presentan, en la muestra M\_01(Sequia grande) es <0,16 ppm, en la muestra M\_02 (Chaulani) es <0,38 y en la muestra M\_03 (Ollería) es < 0,14 ppm. La concentración es mínima.

**Boro B.** La concentración de boro en la muestra M\_01(Sequia grande) es 8,56 Mg/kg, en la muestra M\_02 (Chaulani) es 26,9 Mg/kg, en la muestra M\_03(Ollería) es 24,8 Mg/kg. Se ha logrado que el rango de concentración tóxica para el boro en agua dulce esté entre 0,5 y 2,0 ppm. Muchos cultivos no pueden prosperar adecuadamente en estas condiciones.

**Tabla 12***Muestras de calidad de suelo de la comunidad de Huanuara*

N°	Elementos de la Muestra	U.M.	M_01	M_02	M_03
1	Cobre Cu	ppm	0,06	0,03	0,03
2	Zinc Zn	ppm	0,10	<0,09	<0,02
3	Cadmio Cd	ppm	0,25	0,07	0,10
4	Hierro Fe	ppm	9,83	1,58	1,29
5	Manganeso Mn	ppm	0,19	0,03	0,04
6	Arsénico As	ppm	<0,16	<0,38	<0,14
7	Plomo Pb	ppm	0,83	1,15	1,36
8	Boro	Mg/kg	8,56	26,9	24,8
9	Fosforo disponible	Mg/cm	10,9	6,8	<4,0
10	Nitrógeno total	Mg/kg	661	899	624
11	Carbonato de calcio	%	2,61	3,24	3,79
12	Materia orgánica	%	3,69	2,06	2,16

Fuente: Información de Laboratorio de Metales Pesados de UNA, 2022.  
Método de ensayo por digestión multiácida -ICP-AES

El B mejora la estabilidad de la membrana celular y su funcionamiento, actúa en proceso enzimático de síntesis de sacarosa y almidón, transporta los compuestos asimilados en el interior de la planta activando el ATP (molécula portadora de la energía primaria) y conservando la funcionalidad del floema (tejido de la planta).

**Manganeso Mn.** El manganeso se encuentra concentrado en los suelos agrícolas en la cuenca Huayñuma, como se aprecia en la muestra M\_01(Sequia grande) es 0,19, 0,03 para la muestra M-02 (Chaulani) y 0,04 en la muestra M 03 (Ollería), se ve principalmente como un óxido, ya sea en forma de sílice o carbonato. Estos compuestos se someten a procesos de meteorización que agregan iones  $Mn^{2+}$  a la solución del suelo.

El manganeso es absorbido por las plantas como iones  $Mn^{2+}$ . La presencia de altas concentraciones de iones  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  y de iones de hierro. El manganeso tiene un impacto directo en la fotosíntesis y está involucrado en el desarrollo de los cloroplastos. También juega un papel clave en la biosíntesis de ácidos grasos y afecta la reserva de energía al regular el metabolismo de los carbohidratos. La reducción de nitrato en las plantas solo puede tener lugar cuando hay iones de manganeso presentes.

**Plomo Pb.** Los contenidos de Pb en los suelos son: En la muestra M\_01 es 0,83 mg/kg (Sequia grande), en la muestra M\_02 es 1,15 mg/kg (Chaulani) y en la muestra

M\_03 es 1,36 mg/kg (Ollería). Los orígenes del plomo son varios, ya sean geográficos o antropogénicos. El Pb penetra fácilmente en las capas hidrosférica, litosférica y atmosférica. Una vez liberado a la atmósfera, puede ingresar a las capas hidrosférica o litosférica por precipitación o directamente a los organismos vivos por inhalación, donde luego será absorbido e incorporado al cuerpo.

**Fosforo P disponible.** En las muestras el Fosforo disponible fluctúa entre <4,0 a 10,9 Mg/cm, se encuentra dentro de los niveles adecuados para los cultivos. M\_01 10,9 Mg/cm (Sequia grande), M\_02 6,8 Mg/cm (Chaulani) y M\_03 4,0 Mg/cm (Ollería). Las características del suelo, la planta y las condiciones ambientales tienen un impacto en la cantidad de fósforo disponible en el suelo. La estructura del suelo y la disponibilidad de nutrientes se ven afectadas por los procesos de degradación física. El proceso de formación de la semilla, el crecimiento radicular y la maduración del cultivo se ven favorecidos por el fósforo que está fácilmente disponible en la agricultura.

**El nitrógeno total.** La cantidad total de nitrógeno es igual a N en todas las formas orgánicas e inorgánicas. El nitrógeno total no representa el nitrógeno disponible para la planta y no se incluye en los programas de análisis de suelo de rutina. Las concentraciones en las muestras fluctúan entre 624 mg/kg y 899. Los niveles de N-NO<sub>3</sub> y N-NH<sub>4</sub> en el suelo están influenciados por la actividad biológica y fluctúan en respuesta a cambios en factores ambientales como la temperatura y la humedad.

**Materia orgánica.** El mantenimiento de los suelos con materia orgánica es muy importante en el manejo de suelos. En la muestra M\_01 (Sequia grande) es 3,69 %, en M\_02 (Chaulani) es 2,06 % y en la muestra M\_03 (Ollería) es de 2,16 %, cabe mencionar que las medidas exactas de la materia orgánica del suelo son difíciles de determinar.

**Carbonato de calcio.** La proporción de carbonato de calcio utilizada en la agricultura se utiliza principalmente para levantar el pH de los suelos ácidos y comprimir la cantidad de aluminio (Al) en la solución del suelo, ya que este componente puede tener un efecto adverso en el crecimiento de las plantas. La presencia de carbonato de calcio es M\_01 es 2,61 % (Sequia grande), M\_02 es 3,24% (Chaulani) y M\_03 es 3,79 % (Ollería) en los suelos de cultivo de la comunidad de Huanuara.

### 5.5.7. *Contaminación de los suelos*

Se denomina contaminación a la presencia de sustancias o elementos nocivos para la salud humana o para la vida en general. Es una alteración o degradación del medio ambiente y sus partes constituyentes, que tiene efectos perjudiciales sobre la salud humana y la diversidad biológica.

**Tabla 13**

*Percepciones Sobre la contaminación del suelo de los productores*

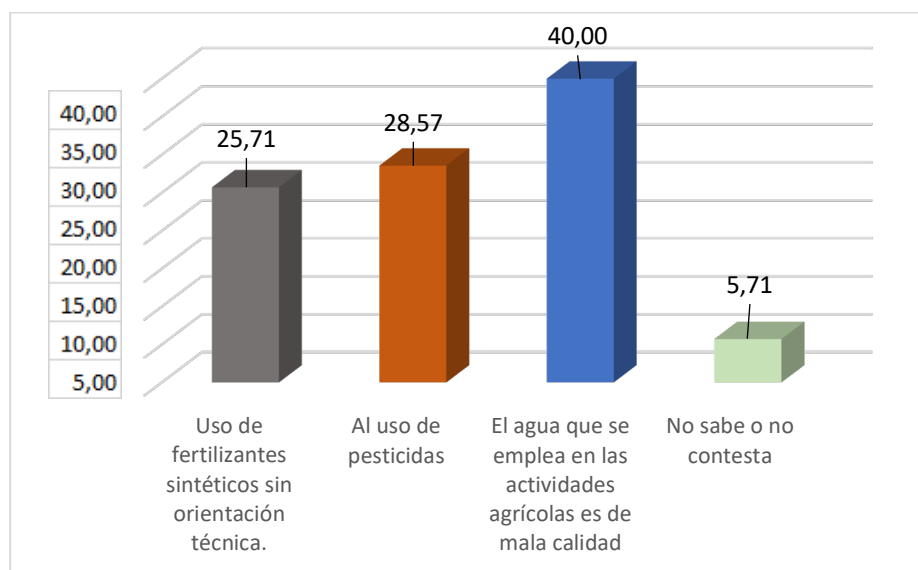
Opiniones Sobre la Contaminación del Suelo	%
Si está contaminado	39,77
No está contaminado	28,41
No sabe o no contesta	31,82
Total	100,00

Fuente: Encuesta socioeconómica, aplicada en agosto 2022

Sobre la contaminación del suelo agrícola, el 39,77 % de los entrevistados ha manifestado que sí existe contaminación en los suelos agrícolas; mientras que el 28,41 % de la otra parte de los agricultores dice que no existe contaminación en suelos y el 31,82 % manifiesta que no está enterado sobre la existencia de la contaminación en los suelos.

**Figura 13**

*Percepción de los agricultores sobre la contaminación de los suelos agrícolas*



Fuente: Encuesta socioeconómica, aplicada en agosto 2022

Nota. Se estima sobre el 39,77 % de personas que indican que existe contaminación.

El 25,71 % de los entrevistados dice que la contaminación de los suelos es por el uso de fertilizantes sintéticos sin orientación técnica, el 28,57 % de los pobladores señala que es por la aplicación de pesticidas en los cultivos, sobre la contaminación de suelo el 40 % de agricultores menciona que se produce la contaminación en los suelos agrícolas, se da por uso de agua de mala calidad. Ellos manifiestan que el agua tiene metales pesados, como arsénico, boro y el azufre. También algunos agricultores dicen, la contaminación se ha incrementado desde cuando ha revestido con cemento los canales de riego, debido a que en canales de tierra y piedra los contaminantes se precipitaban. Sobre dicha afirmación, no existe información documentada o registros que demuestre. la contaminación de los suelos sería por las prácticas agrícolas insostenibles que estarían reduciendo la materia orgánica del suelo, comprometiendo su capacidad de reciclar de forma natural sus nutrientes. Esto aumentaría el riesgo, en cuanto los contaminantes se liberen al medio ambiente, los efectos de la contaminación estarían afectando a los ecosistemas y a la seguridad alimentaria, en especial a la biodiversidad, evidenciándose

en la muerte de abejas. Sin embargo, la información del análisis fisicoquímico y calidad de suelos no reporta concentraciones altas de metales pesados.

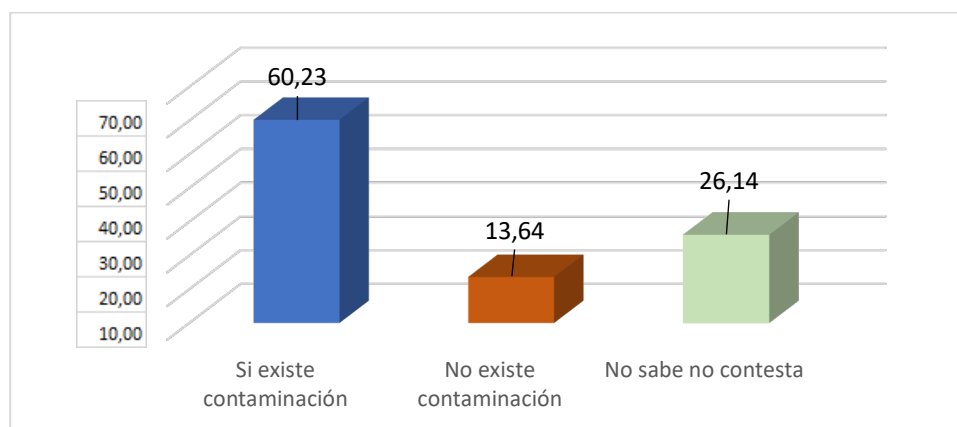
### 5.5.8. *Geogénicas naturales*

El término "fuentes naturales" se refiere a aquellas fuentes de contaminación atmosférica que no son causadas directamente por la actividad humana, es decir, surgen naturalmente y no como resultado de la intervención humana; emiten los menores indicadores de contaminación atmosférica posibles o, por el contrario, los valores más altos permitidos para superficies no contaminadas. Para confirmar los niveles, es necesario compararlos mediante estudios de toxicología que demuestren si ciertos valores son peligrosos o no.

Sobre las fuentes naturales que estarían emitiendo contaminación a los suelos, el 60,23 % de los entrevistados dice que sí existen contaminantes naturales, refiriéndose a la mala calidad del agua empleada para la agricultura que contiene azufre y otros metales pesados; mientras que el 13,64 % indica que no existe contaminación natural, el 26,14 % de los entrevistados manifiesta que no sabe si existe contaminación o no.

**Figura 14**

*Percepción de los agricultores sobre contaminación natural*



Fuente: Encuesta socioeconómica, aplicada en agosto 2022

Sobre la contaminación natural del agua, existen estudios que han hecho conocer como la presencia de sustratos originados por la geoquímica que afloran en la cuenca alta,

la evaluación de los resultados de muestras recogidas los cuerpos de agua se encuentran afectados por metales pesados.

## **5.6. EL SISTEMA DE RIEGO**

La comunidad de Huanuara hace uso de agua del canal Coranchay, mediante Licencia N° 0151-2002 STAR/DART – ARTL/S, otorgados a favor de las Comisiones de Huanuara, Cairani, Quilahuani, y Candarave un caudal de hasta 2346 l/s. Sin embargo, el caudal de agua tiene un promedio de 1050 l/s. en el repartidor Marisol de ello se dividen las cuatro comisiones arriba mencionadas. El sistema de riego en la comunidad de Huanuara es por gravedad, no existe otras formas de riego.

Todas las actividades agropecuarias en la comunidad de Huanuara se desarrolla bajo el sistema de riego por gravedad, práctica desarrollada en manejo del agua que se aplica directamente sobre el terreno y es la fuerza de la gravedad la que facilita tanto el movimiento del agua como la infiltración en el suelo.

En cuanto a la identificación de las prácticas de riego en el manejo de los andenes, diseñados y construidos con una tecnología adecuada a las condiciones topográficas y geológicas desde la captación hasta la entrega a las zonas de producción de forma eficiencia, estas prácticas, a través del tiempo, han ido decayendo y han contribuido hacia la baja de los niveles de producción agropecuaria. A ello se adhiere la pérdida de suelos por erosión y la pérdida de agua por evaporación. La erosión, que está asociada al agotamiento y arrastre de los materiales del suelo provocado por prácticas agrícolas inadecuadas, así como por el agua y el viento, es una de las causas de la degradación y merma de la fertilidad de los suelos en las zonas andinas.

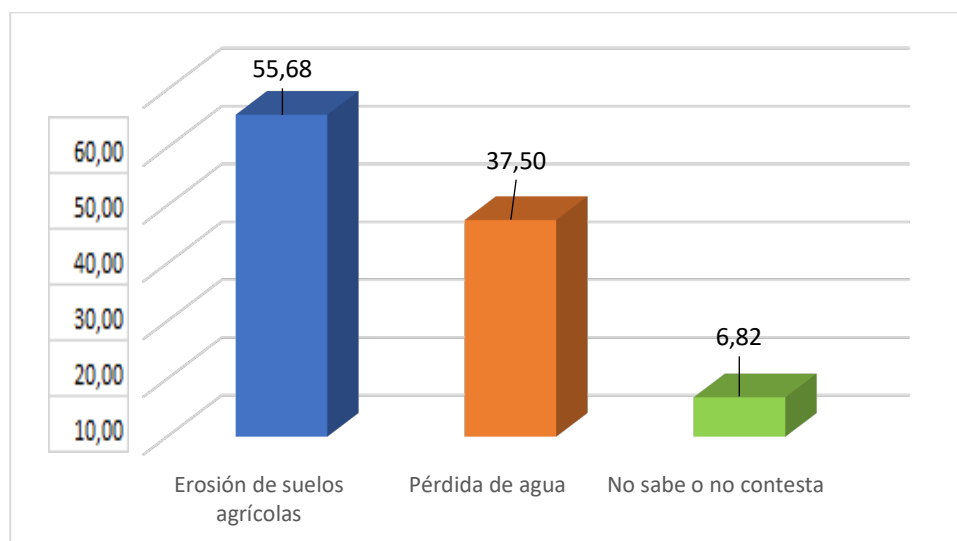
Sobre el sistema de riego por gravedad aplicada en la comunidad, el 55 68 % de los agricultores dice que el sistema de riego empleada está provocando erosión de suelos y el 37,50 % manifiesta que este tipo de riego genera la pérdida de aguas por evaporación y el 6,82 % de los entrevistados indica que no está enterado o no sabe de las ventajas y desventajas del riego que se emplea en la comunidad.

La población entrevistada indica que el sistema de riego en la comunidad de Huanuara es por gravedad. Este sistema no demanda diseñar redes de tuberías para irrigar

los espacios de cultivo, como ocurre en otros sistemas de riego. La gestión de los sistemas hidráulicos, depende de las características de cada uno de sus componentes: las fuentes de agua, los canales de conducción y el sistema de andenerías y de las interrelaciones entre ellos.

**Figura 15**

*Sistema de riego por gravedad provoca erosión de suelos y pérdida de agua*



Fuente: Encuesta socioeconómica, aplicada en agosto 2022

La gestión de los sistemas hidráulicos debería ser estudiado a nivel de la cuenca, porque forma un sistema integral en el que los elementos son interdependientes, la deficiencia de uno de ellos interfiere sobre las características de los otros y, en consecuencia, sobre el funcionamiento de todo el sistema. Entre estos elementos, la gestión del agua representa el elemento fundamental, puesto que influye en el funcionamiento global de los sistemas de producción y la intervención de la organización social de usuarios es primordial dentro de la microcuenca.

La cantidad de agua que queda en el suelo después del riego que es útil para el cultivo se mide en relación con la cantidad total de agua aplicada. Normalmente, se mide el porcentaje o la cantidad de agua utilizable por cada 100 litros aplicados en el suelo.

El valor de la eficacia estará influenciado por la superficie de la parcela, la cual tendrá una relación de proporcionalidad o, dicho de otro modo, la efectividad del sistema

de riego es la relación de la cantidad de agua utilizada por los cultivos y el caudal en proporción del agua extraída de la bocatoma, que es el volumen de agua que se capta de una fuente natural y conducido mediante el canal principal y distribuido a las parcelas de cultivo.

Finalmente, se determinará qué cantidad del fluido captado en la bocatoma se utiliza para el riego del cultivo, y para ello es fundamental evaluar la eficiencia del riego para estimar la cantidad de agua necesaria. La eficiencia de riego es cuando se produce en la conducción del agua por el canal principal, en la distribución en canales laterales y en la aplicación a nivel de una parcela. El resultado de estas tres componentes nos indica el nivel de eficiencia

$$E_{fr} = E_{fc} \times E_{fd} \times E_{fa}$$

Donde:

- Efc., es la eficiencia conducción de agua por el canal principal,
- Efd., eficiencia de distribución de agua por canales laterales,
- Efa., eficiencia de aplicación a nivel de parcela

El parámetro de eficiencia de conductividad (Efc) admite evaluar la merma de agua en el canal principal a partir la bocatoma hasta el término del canal principal utilizando la siguiente ecuación:

$$E_{fc} = \frac{\text{Caudal que llega al final del Canal principal} + \sum \text{caudales de distribución}}{\text{Caudal de agua que entra al canal principal}} \times 100$$

Los valores se obtienen de todos los canales de distribución de los paquetes de los usuarios, o eficiencia de distribución (Efd). Permite medir la pérdida entre el despegue lateral del canal principal y la distribución de una zona de riego de los usuarios.

La ecuación es:

$$E_{fd} = \frac{\text{Caudal que llega al final del Canal de Distribución} + \sum \text{Caudales de los laterales}}{\text{Caudal de agua que entra al canal lateral}} \times 100$$

Para el sistema con varios canales de distribución la eficiencia de ella, se determina mediante la siguiente ecuación:

$$E_{fd} = \frac{\text{Sumatoria de eficiencias de Distribución de 1er. 2do, 3er, 4to,... "n" orden}}{\text{Número total de canales de Distribución}}$$

La cantidad de agua para el cultivo que se encuentra en el suelo después del riego, en comparación con la cantidad total aplicada, es denominado como eficiencia de aplicación de riego (Efa). Normalmente, se mide el porcentaje o la cantidad de agua utilizable por cada 100 litros aplicados en la superficie.

El tamaño de la parcela repercutirá en el valor de la eficiencia, por lo que existirá una relación de proporcionalidad. Teniendo esto en cuenta, se utilizará la siguiente ecuación si hay muchas parcelas:

$$\text{EFICIENCIA DE APLICACIÓN (Ea\%)} = \frac{A_1 * Er_1 + A_2 * Er_2 + \dots, A_n * Er_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

$A_n$  \* Área de parcela

$Er_n$  \* Eficiencia de riego en parcela

La eficiencia de recuperación en la comunidad de Huanuara es de 38,1 %, estando dentro de los parámetros tanto de eficiencia de distribución a las parcelas como de evaluación de la merma de agua en el canal principal a partir de la bocatoma hasta el final del canal principal. El rango de riego en curvas de nivel está entre 30 y 60 %. Minagri (2015, p.15)

La percepción de los agricultores sobre la eficiencia del riego, relacionado a los niveles de satisfacción de la demanda de agua para los cultivos, el 2,27 % dice que es buena, el 4,55 % manifiesta que es regular, el 59 % de los entrevistados menciona es deficiente, el 22,73 % expresa que es muy deficiente y el 11,36 % sostiene, que no saben.

**Tabla 14***Percepciones sobre la eficiencia del riego en la comunidad de Huanuara*

Descripción de las características	%
Buena	2,27
Regula	4,55
Deficiente	59,09
Muy deficiente	22,73
No sabe	11,36
Total	100,00

Fuente: Encuesta socioeconómica, aplicada en agosto 2022

La percepción de los usuarios de riego sobre la eficiencia en la entrega de agua, es muy importante el tiempo oportuno y cantidad requerida para los diferentes tipos de cultivo que desarrollan los productores de la comunidad; sin embargo, puede presentarse la cantidad referente de agua que se desaprovecha en los canales se utilizar para acomodar los objetivos generales de eficiencia. Pero, otro tipo de pérdida de agua que no guarda relación con la eficiencia es la entrega de más agua de la necesaria en las parcelas.

El sistema de entrega agua en exceso no conserva el recurso. Adicionalmente, el agua entregada en demasía inunda las tierras agrícolas y causa problemas de salinidad. La eficiencia de entrega incluye la eficiencia de conducción, ya que los requerimientos de agua en un punto de entrega toman en cuenta las pérdidas esperadas aguas abajo de dicho punto.

El riego utilizado en la comunidad de Huanuara tiene algunas ventajas sobre otros riegos. El que se destaca está profundamente relacionado con los costos. Este tipo de riego solo necesita la infraestructura para la captación de agua por bocatomas, canalizaciones, almacenamiento en embalses o estanques y distribución por canales auxiliares a los diversos sectores productivos agrícolas.

El sistema de riego no genera gastos en pagos por consumo de energía eléctrica, tampoco no requiere instalaciones para llevar agua a las parcelas, como tubos, válvulas, mangueras, y otros medios. La mayor desventaja del riego por gravedad empleada en

la comunidad de Huanuara, es cuando se toma en cuenta es la pérdida de agua por evaporación, la erosión de suelos y contaminación de suelos por efectos de acumulación de elementos como sales, la sobreexplotación de acuíferos (captaciones de manantiales).

### **5.7. USO DEL AGUA PARA RIEGO**

La Autoridad Nacional del Agua establece procedimientos normativos para la gestión integral, sostenible y multifacética de los recursos hídricos en beneficio de los usuarios del agua y la población en general. Administra y monitorea las fuentes naturales de agua de acuerdo con la Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos (PENRH), su Reglamento de Organización y Funcionamiento (ROF), el Plan Estratégico Sectorial Plurianual (PESEM) del MINAGRI y su Plan Operativo Institucional (POI).

La ANA, como máxima autoridad en materia de fuentes de recurso hídrico, autoriza el uso y/o distribución de medidores de agua por parte de los prestadores del servicio de agua y la Asociación de Usuarios del Agua. Para realizar cualquier tipo de uso del agua, se debe contar con un Derecho de Uso de Agua (DUA) agrario o no agrario, pueden ser de tres tipos: licencias, permisos o autorizaciones.

La licencia de agua permite al usuario utilizar una cantidad de agua por año. La licencia se distingue por su permanencia; el permiso de uso de agua se otorgan para períodos de alta humedad o para el uso de aguas residuales, y las autorizaciones son para el tratamiento de aguas residuales, utilizando las referencias y opiniones técnicas como guía para el cumplimiento de los límites máximos permisibles (LMP) y estándares de calidad ambiental (ECA) para el agua, las autoridades toman en consideración el dictamen favorable de la Dirección General de Salud Ambiental del MINSA. La mayoría de las veces, las empresas extractivas mineras solicitan permiso para usar agua sin una fecha determinada de finalización y para usar agua residual durante toda la fase de exploración. De acuerdo con la Ley de Recursos Hidrológicos, el orden de emisión de la licencia debe establecerse de la siguiente manera: 1) Uso primario; 2) Uso basado en la población; y 3) Uso productivo

Si solo se consideran los usos productivos, el orden es el siguiente: 1) agricultura, acuicultura y pesca; 2) energía, industria, medicina y minería; 3) recreativas, turísticas y de transporte; y 4) otros usos.

Sin embargo, el artículo 62 del Reglamento de la Ley de Recursos Hidrológicos permite la posibilidad de que el orden preferente de los planes de recursos hídricos pueda cambiar después de recibir un permiso de uso de acueducto. Este es el caso tanto de los permisos como de las autorizaciones de vertimiento. Desde 2015, el Reglamento de Procedimientos para el Otorgamiento de Derechos de Uso de Agua (D.S. N° 007-2015) ha implementado un sistema de licenciamiento que acelera la formalización del uso del agua. Los trámites para la entrega del DUA y la verificación de los estudios de disponibilidad hidráulica son supervisados por la Autoridad Local del Agua (ALA).

El D.S. N° 007-2015 destaca que la Dirección de Administración de Recursos Hídricos (DARH) implementa acciones correctivas para los empleados públicos que no se adhieran a la normativa que rige el otorgamiento de derechos de agua.

La compensación económica por el uso del agua son los pagos obligatorios que tanto los usuarios agrícolas como los no agrícolas deben realizar un pago por dicho uso. La ANA establece una tarifa por pie cuadrado anual tanto para el uso del agua como para la verificación de aguas residuales. Las cuotas se modifican según el tipo de uso (agrícola, minero, industrial y otros), la disponibilidad hídrica para el agua superficial y el nivel de utilización de acuíferos para el agua subterránea. De conformidad con lo dispuesto en la Ley de Recursos Hidráulicos, la ANA sanciona a los usuarios que infrinjan o desacaten la ley.

Existen infracciones a la Ley de Recursos Hídricos, tales como utilizar, represar o desviar agua sin el DUA o autorización correspondiente. Las Subdirecciones de Administración de Recursos Hídricos (SDARH) que están ubicadas en cada AAA de la ANA son las encargadas de resolver los procedimientos administrativos, como el otorgamiento de derechos de agua.

Al crear o alterar sin el permiso de la ANA, cualquier estructura permanente o temporal en suministros públicos de agua, recursos naturales asociados o infraestructura

hidroeléctrica importante; la contaminación de las fuentes naturales de agua, ya sea superficial o subterránea, cualquiera que sea la circunstancia o situación que la provoque; realizar filtración de agua residual en reservorios de agua o reutilizar agua sin la aprobación de la ANA; verter desechos sólidos en cuerpos de agua naturales o artificiales; designar los recursos hídricos para usos distintos de aquellos para los que fueron otorgados sin la aprobación de la ANA.

La gestión y supervisión de la calidad del agua en las fuentes naturales de agua es competencia de la ANA. Los términos supervisión, control y fiscalización se refieren principalmente al cumplimiento del DUA y de los compromisos adquiridos, como la instalación del sistema caudalímetro y concluir con la implementación del IGAC, entre otros. La ANA está obligada a notificar al Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), en su calidad de director del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental, cuando descubra irregularidades en la calidad de los cuerpos de agua.

El agua para riego procede del río Callazas a través de tomas de Coranchay, Chaullani y de los Manantiales de la microcuenca de Huanuara, conducidas por canales de distribución hacia los andenes, el uso del agua depende de varios factores, como: las características de los suelos, condiciones climáticas, prácticas agrarias y el tipo de cultivos.

**Tabla 15**

*Los requerimientos de agua para los cultivos*

Tipo de Cultivos y tiempo de riego por cultivos	Días
Papa	10
Maíz	20
Alfalfa	60
Zapallo	15
Oregano	20

Fuente: Encuesta socioeconómica, aplicada en agosto 2022

El cultivo de papa es particularmente sensible a un déficit higroscópico debido a su morfología y física. El suministro de agua es fundamental durante todas las etapas de crecimiento de la planta, pero particularmente durante la fase de tuberización, cuando se proporciona agua cada 10 días.

El riego de maíz es cada 20 días, este cultivo en andenes, y no es exigente como en el cultivo de la papa; sin embargo, se dice que el riego por inundación tiene una eficiencia muy baja en el uso del agua, donde con un buen manejo apenas se rebasa el 50 %. El riego por goteo tiene un mejor uso del recurso llega a una eficiencia que van del 90 al 95 %.

El cultivo de la alfalfa requiere mucha agua durante su larga fase de crecimiento. Requiere cantidades significativas de agua para sobrevivir a los cambios de humedad; sus necesidades son de 200 cm, aunque puede oscilar entre 180 y 230 cm dependiendo de la textura del suelo, el clima y las condiciones de temperatura. Para evitar el arrastre de semillas, el proceso de germinación se realiza lentamente. Luego se aplican de 3 a 4 riegos con un laminado 10 cm antes del primer corte. Una vez que la alfalfa está establecida durante el primer año, se aplican dos riegos ligeros entre los cortes.

El cultivo de orégano solo requiere poca cantidad de agua, lo justo para mantener el suelo moderadamente húmedo, no soporta la humedad excesiva y se realiza una vez cada 20 días en la comunidad. El orégano en la comunidad de Huanuara se cultivan orégano orgánico, es decir, estos cultivos han logrado la certificación, por un grupo de agricultores.

El zapallo demanda una humedad constante moderada, pero sin provocar el encharcamiento en el terreno, puede dar lugar a podredumbre en la raíz, en la comunidad se realiza los riegos cada 20 días.

## **5.8. LA ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO**

De acuerdo con las normas establecidas, se organiza el sistema de agua y se realizan sus actividades. Estas normas regulan el involucramiento de los usuarios del agua en la gestión multisectorial de los recursos y el uso sustentable del recurso hídrico, así como la conformación, operación y supervisión de las organizaciones y acciones de

usuarios del agua por parte de la Autoridad Nacional del Agua El Peruano (2015). Se denominan usuarios de agua a todas las personas naturales o jurídicas que posean el derecho de uso de agua concedido por la ANA. Se incluyen los titulares de certificados nominativos derivados de licencias de uso de bloques de agua.

Están obligados a usar el agua de manera efectiva en el lugar y para el fin para el cual fue proporcionada, sin alterar a los derechos de los demás, participar o contribuir a la preservación, mantenimiento y desarrollo de la cuenca, pagar la tarifa establecida, y acatar las normas establecidas por la norma vigente.

Tiene derecho los usuarios, primero reciben agua de acuerdo con su derecho de uso de agua otorgado y la disponibilidad de un recurso hídrico; también pueden solicitar información respecto a la gestión de la organización de usuarios del agua; tener igual acceso a los beneficios y servicios que proporciona.

Las organizaciones de usuarios, que comparten una fuente y un sistema hidráulico, son organizaciones naturales y jurídicas que facilitan la intervención de los usuarios del agua en la gestión multisectorial y el uso sostenible del agua.

La Comisión de Riego tiene como objetivo facilitar la participación organizada de los usuarios del agua en la gestión multisectorial de los recursos hídricos, representando y defendiendo sus derechos e intereses. Fomentar el uso eficaz y sostenible de los recursos hídricos.

Los usuarios del agua que están organizados sobre la base de un subsector hidráulico conforman la Comisión de Usuarios, que es la organización de nivel medio entre las organizaciones de usuarios del agua.

### **5.8.1. *La calidad del agua***

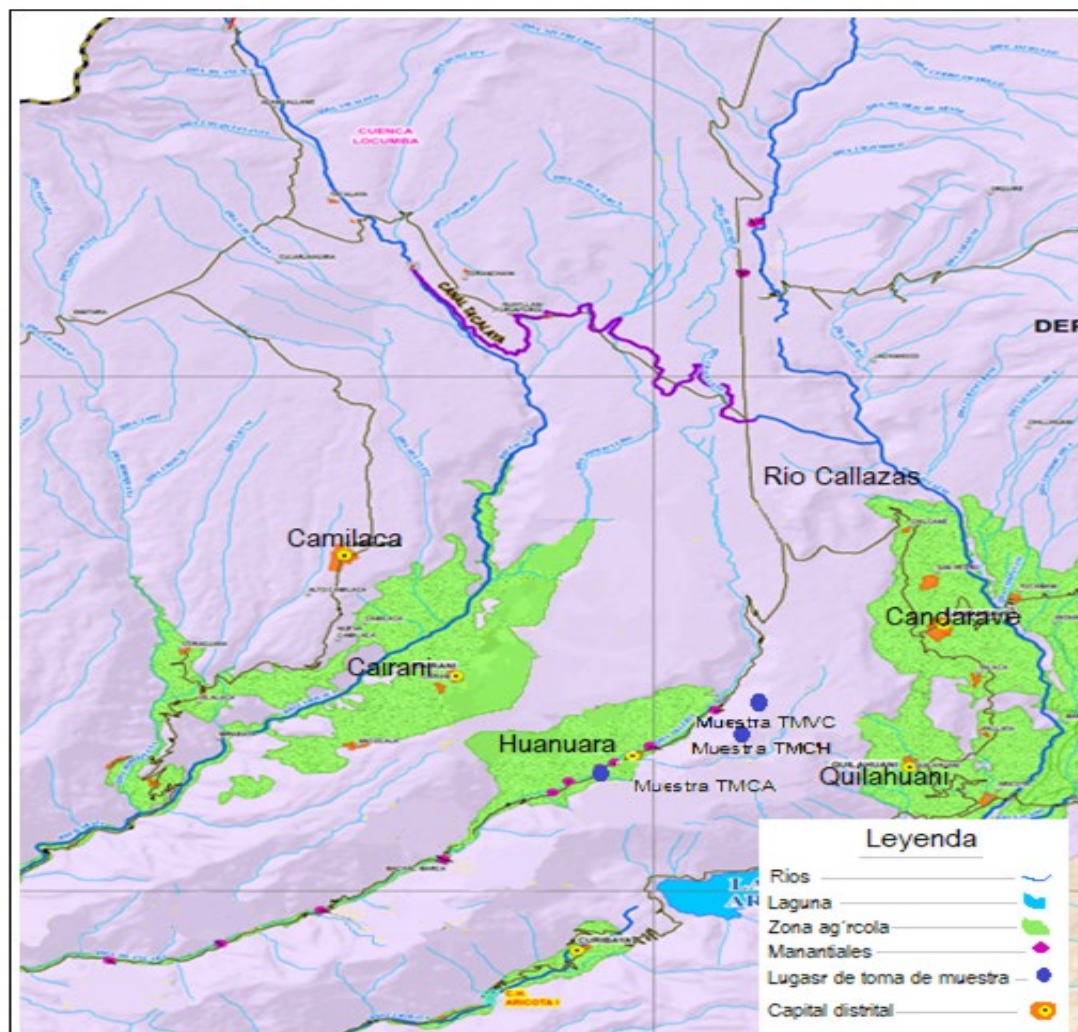
La calidad del agua se conceptualiza desde una perspectiva de planificación y gestión ambiental e hidrogeológica como descriptor de la variable primaria del medio hidrogeológico. Tanto las causas naturales como los factores externos tienen el potencial de alterar la calidad del agua.

La caracterización de la calidad del agua se basa en los resultados de pruebas físicas y químicas en muestras de agua. Estos resultados serán comparados con los parámetros de los estándares de calidad de agua (D.S. N° 004-2017-MINAM), teniendo en cuenta las categorías 3 y 4.

Existe una serie de normas que establecen las concentraciones permisibles de cada indicador de calidad o ingrediente de acuerdo con los fines a los que están destinados. Por ejemplo, las normas establecidas para el agua que será utilizada como fuente de agua potable para la población exigen una cantidad apreciable de elementos ligados a los ciclos del nitrógeno y el fósforo.

Lo mismo debería estar presente en el agua utilizada para el riego de cultivos en una alta concentración. Como resultado, dado que la composición química de una solución acuosa puede dar lugar a una variedad de aplicaciones, es vital tener en cuenta ciertos factores al recolectar muestras, preservarlas y analizar los datos porque estos factores pueden afectar el resultado.

Se necesita mucho trabajo para recolectar muestras de agua adecuadamente para el análisis de laboratorio durante y después de la captación de esa porción de agua que dará una determinada información. La muestra de agua tomada sea homogénea y representativa, para ello se ha tomado recomendaciones técnicas (Manual de toma de muestra) o los criterios en relación a los materiales, para ser empleados, como: los frascos, marcadores de tinta indeleble, lapicero, lápiz, cinta de embalaje, cadenas de custodia, limpieza y eliminación de impurezas, equipo de protección personal básico, guantes de nitrilo, etc.

**Figura 16***Lugares de la toma de las muestras de agua*

Fuente: Elaborado en base al mapa regional y trabajo de campo, 2022

La muestra se ha tomado en tres lugares, el primero en el canal principal de agua de Coranchay (TMVC), el agua captada del río Callazas en la bocatoma de Coranchay, conducida por el canal hasta el reparto Marisol y luego por un canal de derivación hasta la zona producción en la se recoge la muestra; la segunda muestra es del canal Chaullani (TMCH) es agua captada del río Callazas conducida por un canal hasta la zona agrícola de la comunidad de Huanuara y la tercera muestra se toma de la Sequía grande, de la microcuenca Huayñauma (TMCA), agua de manantial.

El análisis de las muestras se realizó en el laboratorio de control de calidad análisis químico de agua de la Empresa Prestadora de Servicios Tacna S.A. en la Gerencia de Operaciones.

El examen de las muestras se realizó en el Laboratorio de Control de Calidad de la Gerencia de Operaciones para análisis químico de aguas de la empresa Prestadora de Servicios Tacna S.A.

**Tabla 16**

*Muestra de agua microcuenca Huayñuma – Huanuara – Candarave 29/08/22*

PARAMETROS	UNIDAD	Norma consumo humano	Norma consumo humano DS 031-2010 -SA MIN. SALUD	Norma uso agrario catg. N° 03 DS 002-2008 MINAM	Muestra TMC A	Muestra TMC H	Muestra TMV C
pH	µnd	6.5–8.5 (*)	6,5–8,5 (*)	6,5–8,5 (*)	8,21	8,60	8,16
Turbidez	UNT	5	5		0,60	1,62	0,66
Conductividad	us/cm	1500	1500	<2000	1063	1439	1548
Magnesio	mg/1Mg ++	30		150	26	29	53
Boro	mgLB			05 – 6	3,60	5,00	4,40
Arsénico	mg/LAs	0,050	0,010	0,1	0,942	1,110	1,120

**Nota:** \* El pH y cloro residual debe estar comprendido entre un rango mínimo y uno máximo.

\*\* El primer dato es el máximo admisible y el segundo dato es el máximo tolerable.

\*\*\* Si el agua es de origen geotermal se admite hasta un valor de 0.050 mg/l. As

Se realizaron análisis de laboratorio para determinar la calidad del agua de enjuague y se examinaron los siguientes parámetros: Conductividad us/cm turbidez UNT, magnesio 1Mg++, boro 1I B, arsénico, As y pH.

El pH es una medida de la acidez o alcalinidad de una sustancia, en este caso, el agua. Los valores promedio de pH de las tres muestras son 8,21 (Sequia grande), 8,60 (Chaulani) y 8,16 (TMVC) (Ollería). Los valores de desalojo sin restricción y bebida

animal se encuentran dentro de los rangos de valores establecidos por las Normas de Calidad Ambiental, y se encuentran respectivamente entre 6,5 y 8,5; 6,5 y 8,4 según el Decreto Supremo (DS), N° 04-2017-MINAM.

La turbidez en la exhibición TMCA es 0.60 UNT (Sequia grande), la exhibición TMCH es 1,62 UNT (Chaulani) y la exhibición TMVC es 0,66 UNT (Ollería), todas muestran valores más bajos que corresponden a los estándares para el consumo humano. SALUD. DS 031-2010-SA MIN.

La presencia de sales disolventes está relacionada con la conductividad eléctrica del agua; el agua que contiene más sales disolventes es más capaz de conducir energía eléctrica cuando se expone a un campo eléctrico.

En comparación con el ECA, que oscila entre 2500 y 5000 us/cm los valores en las exhibiciones de TMCA, TMCH y TMVC son inferiores a 1063 (Sequia grande), 1439 (Chaulani) y 1548 (Ollería), respectivamente.

El magnesio de metal alcalino es responsable de la durabilidad del agua. Cuando las aguas constituyen cantidades significativas de iones que contienen álcali, se la denomina "agua dura", mientras que el agua con concentraciones más bajas de estos iones se denomina "agua blanda". Hay concentraciones muy bajas de TMCA (26 mg/1Mg<sup>++</sup> en la exhibición de TMCA), TMCH (29 mg/1Mg<sup>++</sup> en la exhibición de TMCH) y TMVC (53 mg/1Mg<sup>++</sup> en la exhibición de TMVC), así como altas concentraciones para bebidas animales (250 mg/1Mg<sup>++</sup>) en los anexos DS 002-2008 y DS 004-2017.

El boro (B) es un compuesto que ocurre naturalmente en el medio ambiente. Con frecuencia, se combina con otras sustancias para crear mezclas conocidas como boratos. Algunos boratos comunes incluyen las sales de borato, el oxalato de borato y el ácido de borato.

Los niveles de concentración de B en agua de riego en la muestra TMCA es 3,60 mg/L B (Sequia grande), en la muestra TMCH es 5,00 mg/L B (Chaulani) y en la muestra TMCV 4.40 mg/LB(Ollería). La concentración es muy elevada respecto al ECA señalada por DS 004-2017-MINAM que es 1 mg/L. y para bebida de animales es 5 mg/L., mientras en el DS 002-2008 MINAM era 05-6 mg/LB.

Para el caso del arsénico, en la evaluación desarrollada en todas las muestras, exceden los valores ECA agua TMCA 0,942 mg/L (Sequia grande), en la muestra TMCH 1,110 mg/L (Chaulani) y en la muestra TMCV 1,120(Ollería), mientras el ECA para uso agrícola 0,1 y para bebida para animales es 0,2 mg/L.

De las aguas de riego en la microcuenca Huayñuma, se encuentran presentes cantidades significativas de arsénico y boro, con valores superiores a los ECA. Los orígenes naturales de ambos contaminantes se pueden rastrear hasta dos tipos diferentes de componentes relacionados con la geología regional. Arsénico: Asociado a los grupos minerales ricos en azufre metálico, como la arsenopirita ( $\text{FeAsS}$ ), que se encuentra en las formaciones batolitos de igneas. El Boro, miembro de los grupos minerales de origen volcánico.

En la cuenca del río Locumba, se encontraron arsénico y boro, que se sabe que son minerales contaminantes. Estas sustancias fueron encontradas en las aguas de las canteras Azufre Chico y Azufre Grande, también se han encontrado en varios manantiales de la zona que formaban parte de las canteras de Tacalaya.

El arsénico y el boro están presentes, posiblemente debido a la presencia de cámaras magnéticas activas en la zona, que modifican la composición química del agua con la que entran en contacto.

**Tabla 17**

*Resultado de medición de agua y ambiente in situ monitoreo de hidrometría y codificación de manantial en la comunidad de Huanuara, 2021*

Infraestructura hidráulica	Código de campo	Caudal m <sup>3</sup> /s	Temperatura °C		CE (us /cm)	Sales %	TDS (g/l)	pH Unid.	mV	H.R. (%)	Coordenada UTM	
			Aire	Agua							Este	Norte
Quinto pampa, partidor Huanuara	CCH-PH	0,262	30,3	25,2	1,02	0,5	0,51	8,35	-104,1	13,0	359764	8091458
Chaulani entrega reservorio rustico Chaulani	CCH-ERCH	0,036	23,0	19,5	1,36	0,7	0,68	8,69	-119,4	30,0	359814	8088175
Manantial sector Mollebaya	MM-03	0,001	28,4	26,6	0,51	0,2	0,26	7,81	-51,3	30,0	361503	8086978
Manantial sector Simón Cahuira	MSC-04	0,003	26,0	27,0	0,70	0,4	0,35	7,24	-51,5	26,0	361700	8087528
Manantial Ocahuira ingreso canal de Challahuaya	MOICCH-07	0,034	29,9	18,8	1,28	0,6	0,64	7,48	-62,5	16,0	359909	8085598
Manantial el Trigal aporte al reservorio el Trigal	MTR-10	0,034	27,0	22,7	1,38	0,7	0,69	7,24	-51,7	22,0	357910	8084227
Manantial sector Calacota aporte canales Pluma, Vilaque y Machacmarca	MCAPVM-11	0,210	20,2	19,6	1,43	0,7	0,72	7,54	-65,1	40,0	357519	8083831
Manantial Muralla sector Tambillo aporte canal Muralla	MM-12	0,073	27,7	20,5	1,59	0,8	0,80	7,76	-75,5	44,0	354851	8081206
Manantial Cruz Pampa zona Tres Cruces	MCP-14	0,021	35,2	25,0	1,70	0,9	0,85	7,23	-51,1	27,0	351859	8079238
Manantial Huajahuine sector molle quebrada	MH-15	0,090	27,2	20,6	1,74	0,9	0,87	7,87	-81,2	25,0	349406	8077927
Manantial Angostura	MA-16	0,070	35,9	29,8	1,73	0,9	0,87	7,88	-83,6	26,0	346670	8077294

Fuente: GRT/PET/GEP-Meta 01103 Monitoreo y evaluación recurso hídrico

Las aguas de uso agropecuario en la microcuenca Huayñuma de la comunidad de Huanuara tienen las siguientes características:

**Caudal m<sup>3</sup>/s.** El caudal total de recurso hídrico para uso agrícola es de 834 Litros/seg., dichos recursos son las que provienen de las aguas del río Callazas a través de las tomas de Coranchay, Chaullani y Manantiales de la microcuenca Huayñuma

**Temperatura °C.** La temperatura promedio del aire en la microcuenca es 28.25 °C, y temperatura promedio en agua es 23.21 °C, los valores mínimos se registra en las aguas del manantial Ocahuira ingreso canal de Challahuaya con 18,8 °C, en las aguas del canal Chaullani entrega reservorio rustico Chaullani con 19.5 °C y en el manantial sector Calacota aporte canales Pluma, Vilaque y Machacmarca con una temperatura de 19,6 °C.; sin embargo, las altas temperaturas se registra en las aguas de manantial Angostura, manantial sector Simón Cahuira y manantial sector Mollebaya con 29.8, 27 y 26.6 °C.

**Conductividad eléctrica CE.** La definición de CE es la capacidad del agua para impulsar una corriente eléctrica a través de iones separados. El sodio (Na<sup>+</sup>), calcio (Ca<sup>+2</sup>), potasio (K<sup>+</sup>) y el magnesio (Mg<sup>+2</sup>) son los iones positivos. Los iones dañinos son cloro (Cl<sup>-</sup>), sulfato (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>), carbonato y bicarbonato. Los nitratos y los fosfatos son muy importantes biológicamente, pero no parecen tener mucho impacto en el comportamiento. La conductividad eléctrica promedio del agua en la microcuenca Huayñuma es de 1,31 CE, y los valores más bajos se han registrado en los sectores de Mollebaya y Simón Cahuira, respectivamente, con 0,51 CE y 0,7 CE.

Los valores elevados se han registrado en el manantial Cruz Pampa zona Tres Cruces, manantial Angostura y manantial Huajahuine sector molle quebrada con 1,70, 1,73 y 1,74 CE respectivamente.

**La salinidad.** Una medida de la salinidad es la cantidad de sales dispersas en el agua. Debido a que la cantidad de iones liberados eleva los valores de ambos, la conductividad y la salinidad están relacionadas. Los valores más bajos de salinidad se encuentran en los sectores manantiales de Mollebaya y Simón Cahuira; valores más altos se encuentran en los manantiales de Angostura, Huajahuine sector molle quebrada, y Cruz Pampa zona Tres Cruces, todos ellos con salinidades de 0.9.

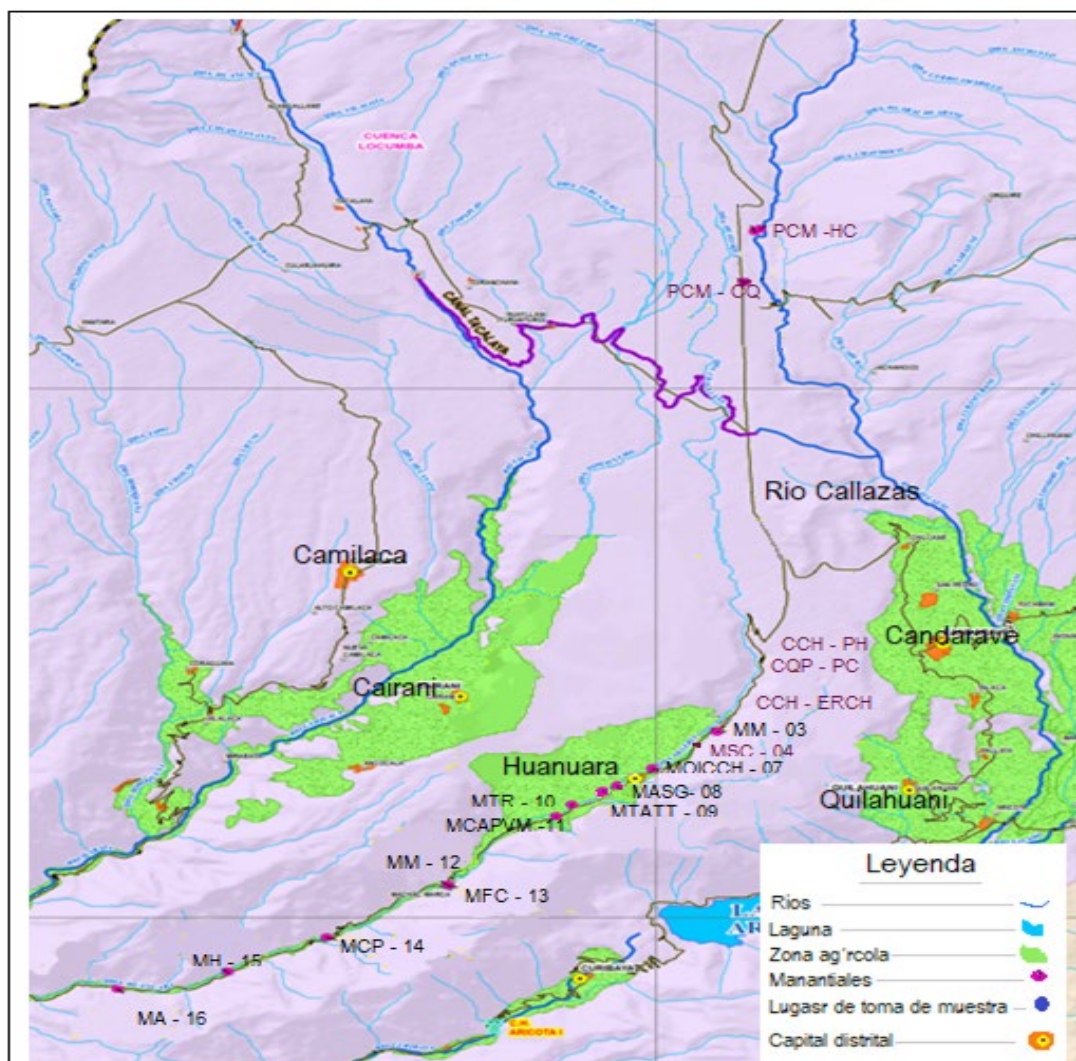
**Sólidos disueltos totales TDS.** Las concentraciones de TDS procedentes de fuentes naturales varían de 0,26 a 0,87 mg/litro, las concentraciones mínimas es el manantial sector Mollabaya con 0,26 mg/L y en el manantial sector Simón Cahuira con 0.35 mg/L. y en niveles elevadas es en los manantiales Angostura, Manantial Huajahuine, sector molle quebrada y Manantial Cruz Pampa zona Tres Cruces entre 0.87 y 0.85 mg/L. Esta se encuentra dependiendo de la solubilidad de los minerales en la zona geológica. SDT incluye cualquier sustancia orgánica o inorgánica que se dispersa en agua, incluidos metales, minerales y otras sales.

**pH la Acides del agua.** El pH promedio de las aguas en la microcuenca de Huayñuma, pH se refiere a la acidez o de la alcalinidad del agua, los valores promedios en los manantiales con pH elevado son: Manantial Angostura con 7.88, Manantial Huajahuine sector molle quebrada con 7,87 pH, en el Manantial sector Mollebaya con 7,81 pH, en el Manantial Muralla sector Tambillo aporte canal Muralla con 7,76, en el manantial sector Calacota aporte canales Pluma, Vilaque y Machacmarca con 7,54 pH, en el Manantial Ocahuira ingreso canal de Challahuaya con 7,48 pH, en el Manantial el Trigal aporte al reservorio el Trigal con 7,24 pH, en el manantial sector Simón Cahuira con 7,24, en el manantial Cruz Pampa zona Tres Cruces con 7,23 pH, en el canal Quinto pampa, partidior Huanuara con una concentración de 8,69 pH., y en el canal Chaullani entrega reservorio rustico Chaullani, adicionalmente, el reservorio rústico de 8,69 pH de Chaullani se entrega a través del canal. Los valores se encuentran dentro de los rangos de valores establecidos por las Normas de Calidad Ambiental para cultivo sin restricciones y bebidas animales. Auto de la Corte Suprema (DS), No. 04-2017-MINAM.

**mV : milivoltios.** Se ha registrado un promedio de -79.7 mV en las aguas de uso agrícola, los registros mínimos se encuentran el canal Chaullani entrega reservorio rustico Chaullani con -119,4 y en canal Quinto pampa, partidior Huanuara con -104.1, mientras en los manantiales con mayor nivel son Angostura con -83,6, Manantial Huajahuine sector molle quebrada con -81,2 y en el Manantial Muralla sector Tambillo aporte canal Muralla con -75,5 mV y con niveles bajos es en el manantial Cruz Pampa zona, Tres Cruces, Manantial sector Mollebaya, Manantial sector Simón Cahuira, y Manantial el Trigal aporte al reservorio el Trigal con -51,1, -51,3, -51.5 y -51,7 mv.

**Figura 17**

*Ubicación de las fuentes de agua en la microcuenca Huayñuma - Huanuara*



Fuente: Elaborado en base al mapa regional y trabajo de campo, agosto 2022

**La humedad relativa.** La humedad relativa varía de una a otra, como el Manantial Muralla sector Tambillo aporte canal Muralla y manantial sector Calacota aporte canales Pluma, Vilaque y Machacmarca registra 44 y 40 HR, en el Manantial sector Mollebaya, y en el canal Chaullani entrega reservorio rustico Chaullani con 30 HR, en el canal Quinto pampa, partidor Huanuara presenta un nivel muy baja 13 HR.

Los parámetros examinados, sobre la calidad de las aguas en la cuenca alta del río Locumba en el marco del Proyecto de Monitoreo Participativo para la Modernización de la Gestión de los Recursos Hidrológicos (PMGRH). La laguna Suches está siendo

impactado por “metales pesados (cobre, plomo, zinc y mercurio) como consecuencia de la geología de la cueva y actividades antrópicas” (Consorcio Río Locumba, 2017, p. 316).

Existen restricciones en el uso de las aguas de la laguna Suches debido a su origen natural (mineralogía regional), el cual se acentúa durante la época de estiaje y están presentes en la mayor parte de las mineralizaciones ígneas que afloran en la zona alta de la cuenca. Estos parámetros incluyen pH, arsénico, mercurio, plomo y zinc (tabla 17 y 19).

La formación Capillune Gentilar, un acuífero, se ubica en la parte alta de la cuenca Locumba, y sus filtraciones alimentan a los tres principales ríos que la recorren: Callazas, Tacalaya y Matazas. La empresa minera Southern Copper Corporation es el principal usuario de estas aguas, según Zuñiga (2017 p.29). La principal reserva de agua subterránea en el valle del río Locumba es el acuífero Huaytire-Gentilar. Debido a la naturaleza porosa de las rocas volcánicas que componen la Pampa Huaytire, se forman grandes reservas de agua o acuíferos (Balvín, 1995; Cotrina Chávez et al., 2009). 2018 (Zúñiga p. 32.).

La extensión de este acuífero, aguas arriba de la estación Coranchay, abarca 907 km<sup>2</sup>, cuya tercera dimensión está constituida por la Formación Capillune, el Volcánico Barroso y los Depósitos Fluvioglaciares, que en conjunto conforman una matriz permeable de hasta 400 m de potencia, constituyendo el Reservorio Acuífero Huaytire – Gentilar y Vizcachas, que tiene como base al sustrato impermeable a la formación Sencca.

El Colegio de Ingenieros del Perú (2012), en el informe – I, indicaba que existe disminución de la actividad agropecuaria, debido a factores relacionados al agua en cantidad y calidad, afectando directamente a la producción, la biodiversidad, el ambiente (Geng, 2018), su alta variabilidad hídrica, y la presencia de minerales como arsénico, boro, hierro o azufre en suelos y agua INGEMMET (2009) y INCLAM (2013).

**Tabla 18***Percepciones de la población sobre calidad del agua de uso agrícola*

Description	%
Buena	13,64
Regular	57,95
Mala	28,41
Total	100,00

Fuente: Encuesta socioeconómica, agosto 2022.

Respecto a la calidad del agua de uso agrícola, el 13,64 % de los entrevistados dice que está bien la calidad del agua, el 58 % manifiesta que la calidad del agua es regular y el 28,41 % sostiene que el agua es de mala calidad.

En cuanto a los recursos de hídricos, el Perú es uno de los países más vulnerables. El fenómeno del niño, el cambio climático global y los eventos extremos de hidrología está disminuyendo la cantidad de agua disponible para la población. “El Perú ha perdido el 51 % de su superficie glaciar, en los últimos 50 años, debido a los efectos del cambio climático en estas reservas de agua sólida” (Ana, 2020).

Los valores de sodio exhiben un comportamiento constante (las concentraciones disminuyen durante los tiempos de avenidas), superando marginalmente a los ECA en la gran mayoría de los puntos de control. Los altos niveles de sodio que contienen disulfuro en el agua pueden ser causados por la presencia de contaminantes ambientales relacionados con la minería de explotación de cobre en la cuenca alta del río Locumba.

En el río Callazas, existe una tendencia a que la salinidad aumente durante los periodos de estiaje en parte alta de (Coranchay). Sin embargo, esta variación no es muy significativa, porque se mantienen dentro del mismo rango; por ejemplo, una prospección de 1978 reveló una concentración de 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en Coranchay y 1450 en la parte baja, a la altura de la estación  $\mu\text{S}/\text{cm}$  H-Candarave, aumento de 450  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ,

Por otro lado, respecto a la evaluación de los resultados de los parámetros examinados para los proyectos de monitoreo participativo llevados a cabo por el PMGRH entre octubre de 2012 y abril de 2014, se puede decir lo siguiente: Debido a la geoquímica

de la cueva y a las actividades antropogénicas, se observa que los metales pesados (zinc y arsénico) y nitrógeno están presentes en la laguna de Suches.

En la cuenca alta, la laguna Suches que en la actualidad su capacidad de recarga no es natural sino es artificial a través de aguas extraídas de pozos, así como no tiene conexión directa con el río Callazas.

Existen valores de parámetros que, en promedio, superan el ECA-Agua para la Categoría 4: pH, arsénico, mercurio, plomo y zinc. El uso de estas aguas está restringido por su origen natural (geografía regional), el cual se destaca durante la época de estiaje y que se encuentra presente en la mayor parte de mineralizaciones de origen ígneo que afloran en la cuenca alta.

En todos los puntos de muestreo del Río Locumba, el contenido fosfato los estándares de calidad. En periodos de fuertes lluvias que drena hacia los cursos fluviales superficiales, existen dos posibles causas de la lixiviación de los suelos agrícolas. Existe una buena correlación entre los valores de este tipo de contaminación y otros contaminantes agrícolas. Ejemplos de tales contaminantes agrícolas incluyen nitratos y potasio, que están vinculados a los productos utilizados para fertilizar el suelo, así como la eliminación de aguas residuales contaminadas en cursos fluviales poco profundos durante las estaciones de lluvia. A lo largo de toda la cuenca, hay un aumento en la concentración de aluminio durante las estaciones lluviosas.

**Tabla 19***La calidad del agua de uso agrícola*

Parámetros	Unidad	Río Callazas		Quebrada Azufre Grande		Bocatoma Coranchay		Canal Cairani- Huanuara		ECA-Agua categoría 3			
		E: 364460 N: 8112092	E: 361599 N: 8110932	E: 361599 N: 8110932	E: 362209 N: 8104379	E: 362209 N: 8104379	E: 360463 N: 8092449	E: 360463 N: 8092449	E: 360463 N: 8092449	E: 360463 N: 8092449	Riego de vegetales		Bebida de animales
Época		Húmeda	seco	Húmeda	seco	Húmeda	seco	Húmeda	seco	Húmeda	seco	Húmeda	seco
Potencial de Hidrogeno	pH	9.05	8.42	2.9	2.82	8.21	8.07	8.44	8.18	6.5.8.5	6.5.8.5	6.5.8.5	6.5.8.5
Temperatura	°C	12.1	14.5	42.5	40.9	21.7	13.4	25.1	22.5				
Conductividad	uS /cm	402	425	25.5	26.9	961	1026	1125	10288	<2000	<2000	<05000	<05000
Oxígeno Disuelto	mg/L	7.66	8.14	3.31	4.91	8.05	9.26	10.21	7.57	<=4	<=4	>=5	>=5
Sólidos Totales Suspendidos	mg/L	5	3	3	2	5	5	3	5	-	-	-	-
Aceites y Grasas	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	1	1	1
Demanda Bioquímica de O	mg/L	<2	<23	<2	<2	<2	<2	<2	<2	15	15	<=15	<=15
Cloruros	mg/L	42.81	47.65	178.2	168	128.5	141	155.5	138.4	100-700	100-700	-	-
Nitratos	mg NNO3/L	0.005	<0.003	0.012	0.073	<0.003	<0.003	<0.003	0.013	10	10	50	50
Sulfatos	mg/L	65.57	60.7	1.049	1201	180.4	186.5	189	182.8	300	300	500	500
Fosfatos	mg PPO3 /L	0.034	0.153	0.025	0.675	<0.02	0.477	<0.02	0.487	1	1	-	-
Sulfuros	mg/L	<0.001	0.001	<0.001	0.012	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	0.05	0.001	0.05	0.05
Cianuro Wad	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.00	<0.00	<0.001	<0.001	0.1	0.1	0.1	0.1
Plata (Ag)	mg/L	<0.0001	0.023	<0.0001	<0.002	<0.001	<0.0001	<0.0001	0.0004	0.05	0.05	0.05	0.05
Aluminio (Al)	mg/L	0.259	0.065	13.81	36.511	0.781	1.283	0.391	1.301	5	5	5	5
Arsénico (As)	mg/L	0.282	0.354	2.264	2.464	1.1404	1.444	1.3812	1.355	0.05	0.05	0.1	0.1
Boro (B)	mg/L	1.647	2.648	8.506	11.28	6.086	8.637	7.834	8.592	0.05-6	0.05-6	5	5
Calcio (Ca)	mg/L	20.76	17.7	166.4	254	39.56	54.5	43.98	46.6	200	200	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	<0.0001	<0.0003	<0.0001	0.0099	<0.0001	<0.0003	<0.0001	0.0069	0.01	0.01	0.01	0.01
Cobre (Cu)	mg/L	0.0012	<0.002	<0.0002	<0.002	<0.0002	<0.002	<0.0002	<0.002	0.2	0	0.5	0.5
Hierro (Fe)	mg/L	0.207	0.071	34.52	56.65	1.523	2.165	0.723	1.918		1	1	1
Manganeso (Mn)	mg/L	0.019	0.031	2.08	3.95	0.2508	0.489	0.0687	0.379	0.2	0.2	0.2	0.2
Sodio (Na)	mg/L	47.43	66	175.5	275	117	214	153.1	262	200	200	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	<0.0001	0.197	<0.0001	0.121	<0.0001	0.045	<0.0001	0.165	0.05	0.05	0.05	0.05
Zinc (Zn)	mg/L	0.0023	0.0078	0.4858	0.7275	0.0207	0.0275	0.0065	0.0274	2	2	24	24
Mercurio (Hg)	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0001	0.0001	0.001	0.001
Coliformes Totales	NMP/10 Om L	330	<1.8	<1.8	<1.8	330	<1.8	54000	<1.8	5000	5000	5000	5000
Coliformes Termotolerantes	NMP/10 Om L	330	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	3500	<1.8	1000	1000	1000	1000

Fuente: Estudio de Recursos Hídricos Cuenca del río Locumba 2017

**Tabla 20**

*Características de las aguas superficiales de río Locumba y estándares de calidad ECA D.S. 004-2017 MINAM*

Parámetros	Unidad	ECA-Agua categoría 3 (Resultados del muestreo base de caracterización de agua superficial de la cuenca río Locumba)				ECA-Agua categoría 3, estándares de calidad ECA Decreto Supremo 004-2017 MINAM	
		Riego de vegetales		Bebida de animales		Riego de vegetales	Bebida de animales
		Húmeda	Seco	Húmeda	Seco	Estándar general	
Agua para riego no restringido (c)							
Época							
Potencial de Hidrogeno	pH	6.5.8.5	6.5.8.5	6.5.8.5	6.5.8.5	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4
Conductividad	uS /cm	<2000	<2000	<05000	<05000	2 500	5 000
Oxígeno Disuelto	mg/L	<=4	<=4	>=5	>=5	≥ 4	≥ 5
Sólidos Totales Suspendidos	mg/L	-	-	-	-	Sin datos	Sin datos
Aceites y Grasas	mg/L	1	1	1	1	5	10
Demanda Bioquímica de O	mg/L	15	15	<=15	<=15	15	15
Cloruros	mg/L	100-700	100-700	-	-	500	**
Nitratos	mg NNO3/L	10	10	50	50	100	100
Sulfatos	mg/L	300	300	500	500	1 000	1 000
Fosfatos	mg PPO3 /L	1	1	-	-	Sin datos	Sin datos
Sulfuros	mg/L	0.05	0.001	0.05	0.05	Sin datos	Sin datos
Cianuro Wad	mg/L	0.1	0.1	0.1	0.1	0,1	0,1
Plata (Ag)	mg/L	0.05	0.05	0.05	0.05	Sin datos	Sin datos
Aluminio (Al)	mg/L	5	5	5	5	5	5
Arsénico (As)	mg/L	0.05	0.05	0.1	0.1	0,1	0,2
Boro (B)	mg/L	0.05-6	0.05-6	5	5	1	5
Calcio (Ca)	mg/L	200	200	-	-	Sin datos	Sin datos
Cadmio (Cd)	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01	0,01	0,05
Cobre (Cu)	mg/L	0.2	0	0.5	0.5	0,2	0,5
Hierro (Fe)	mg/L		1	1	1	5	**
Manganeso (Mn)	mg/L	0.2	0.2	0.2	0.2	0,2	0,2
Sodio (Na)	mg/L	200	200	-	-	Sin datos	Sin datos
Plomo (Pb)	mg/L	0.05	0.05	0.05	0.05	0,05	0,05
Zinc (Zn)	mg/L	2	2	24	24	2	24
Mercurio (Hg)	mg/L	0.0001	0.0001	0.001	0.001	0,001	0,01

Fuente: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Decreto Supremo 004-2017 MINAM, y Estudio de Recursos Hídricos Superficiales de Río Locumba 2017.

**Nota 4:**

- El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

En la cuenca alta, en el río Callazas, existen restricciones para el uso de agua en el riego de vegetales y bebidas de animales Consorcio Río Locumba (2017), categoría 3, por niveles usualmente encontrados de sodio, fosfatos, arsénico, boro, hierro y manganeso que exceden los valores ECA-Agua para esta categoría, originados por la geoquímica propia del sustrato de la cuenca, presentes en la mayor parte de mineralizaciones de origen ígneo que afloran en la cuenca alta.

Asimismo, se excede con frecuencia los valores de pH y conductividad debido a la naturaleza de las aguas. La información no tiene mucha importancia para el análisis de la calidad de las aguas de la subcuenca Callazas.

### 5.8.2. *Consecuencias de la contaminación del agua*

**Tabla 21**

*Consecuencias de la contaminación del agua en la microcuenca Huayñuma*

Descripción de las consecuencias	%
Baja producción	50,00
Migración de un sector de la población	18,18
Ha decrecido la población de ganado	12,50
Enfermedades en las personas	12,50
No sabe	6,82
Total	100,00

Fuente: Encuesta socioeconómica, agosto 2022

La opinión de personas que han sido entrevistados sobre consecuencias de la contaminación del agua, el 50 % dice bajo la producción agrícola y pecuaria, 18,18 % indica que la contaminación del agua está provocando que una parte de la población migra a otros lugares, para el 12,5 % de los integrantes de la muestra manifiesta que ha decrecido la población de ganado, el otro 12,5 % expresa que está afectando a la salud de las personas y el 6,82 % no está enterado de las consecuencias de la contaminación del agua.

La baja producción agropecuaria afecta directamente en el ingreso de las familias de la comunidad, aun cuando los precios y el costo de producción no son equitativas, estas son desfavorables a los productores directos, dentro de una lógica de intercambio desigual (vende a precios bajos y compra productos de origen urbano-industrial con precios altos).

La base está en la producción agropecuaria rural, que se desarrolla de manera familiar y está orientada al consumo, con una parte de la producción destinada a la comercialización.

El recurso de mercado debe tener como objetivo acceder a precios diferentes a los que se producen en la unidad agrícola y recaudar los fondos necesarios para cubrir los gastos de la próxima campaña agrícola y otros gastos. El nivel de participación comercial de cada unidad agrícola variará de acuerdo a su capacidad económica. Este tema se tratará en la sección sobre el proceso de producción agrícola.

En cuanto a la migración, es un fenómeno generalizado que parte de la población se traslada a zonas "más desarrolladas" en un esfuerzo por mejorar sus condiciones de vida, oportunidades educativas, o por otras razones. Por otro lado, esto tiene un impacto directo en las necesidades y la calidad de vida de las personas. Al salir de sus distritos de origen, una gran parte de los migrantes buscan mejorar su calidad de vida. Esto se relaciona directamente con las necesidades y el acceso a los servicios públicos; sin embargo, existe una correlación negativa entre esto y el abandono de terrazas y escaleras debido a que hay más adolescentes y niños viviendo en la comunidad.

A través de la formación de cárcavas, surcos y procesos de erosión de túneles, el abandono de los andenes puede aumentar el riesgo de hidrólisis. Las lluvias torrenciales, el derrumbe de muros y macizos vegetales, el uso post-abandono, la recuperación de la vegetación y las propiedades hidráulicas y químicas del suelo son condiciones que favorecen estos procesos.

Por falta de mano de obra o por cambios en la forma en que los miembros de la comunidad ven sus obligaciones y los beneficios del trabajo colectivo, las migraciones debilitan las relaciones sociales tradicionales basadas en las relaciones laborales. Actualmente, la migración a las grandes ciudades, donde el valor de la mano de obra no calificada es mayor que en las zonas rurales, es la principal causa de la falta de mantenimiento de los sistemas de transporte. Los jóvenes entienden que el difícil trabajo agrícola no produce suficientes beneficios para justificar su presencia continua en las zonas rurales.

La disminución de la población ganadera, como incidencia de poco forraje y mano de obra para la conducción del ganado, es decir, los factores antes señalados influyen en este rubro de forma negativa. Huanuara, en décadas pasadas, destacaba en la producción de carne, leche y lácteos (quesos frescos), con mercado a nivel nacional que en la actualidad se ha reducido significativamente.

## 5.9. PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

El proceso de la producción agropecuaria es heterogéneo, no solo por la disponibilidad de recursos, nivel y composición de ingresos, tipos de organización, la relación con el mercado, sino también por razones ecológicas, geográficas y culturales. Esta heterogeneidad se manifiesta, a nivel de las familias y entre comunidades. Otra de las características de la producción agropecuaria en la comunidad es la diversificación de la economía, los productores combinan diferentes actividades en diferentes tiempos y espacios. Los miembros de una unidad familiar se involucran en una variedad de actividades para ganar dinero. Aunque con frecuencia es la actividad de máxima prioridad, el papel de la agricultura en la distribución del tiempo y la generación de ingresos no siempre es primordial, ya que asegura una parte importante de la nutrición del hogar y diversifica los cultivos en una variedad de zonas

**Tabla 22**

*Superficie de principales cultivos en la comunidad de Huanuara*

Especies	Superficie cultivada en hectáreas							
	De 0.125 a 0.25	De 0.26 a 0.50	De 0.51 a 1.00	De 1.01 a 2.00	De 2.01 a 3.00	De 3.01 a 4.00	De 4.01 a más	No cultiva
Maíz amiláceo	36,36	48,86	13,64					1,14
Maíz choclo	64,77	23,86						11,37
Haba	65,91	11,36						22,73
Papa	82,95	13,64	1,14					2,27
Orégano	1,14	25,00	10,23	22,73	15,91	1,14	1,14	22,71
Alfalfa	9,09	15,91	23,86	22,73	9,09	7,95	4,55	6,82

Fuente: Encuesta socioeconómica, agosto 2022.

El maíz es uno de los cultivos principales para las familias de la comunidad de Huanuara, casi la totalidad de las familias cultivan el maíz plomo tiene como característica sobresaliente la gran calidad de sus granos determinada por su textura muy suave.

El 36,36 % de los agricultores conducen parcelas cultivadas de maíz amiláceo en superficies de 0,125 a 0,25 ha., el 48,86 % cultivan en 0,26 a 0,50 ha., el 13,64 % de los productores siembran en superficies de 0,51 a 1,00 ha., y el 1,14 % no cultivan; ha. El promedio de producción es 2,500 kg/ha.

Con respecto al cultivo de maíz choclo, el 64,77 % de los agricultores cultivan en 0,125 a 0,25 ha., el 23,86 % cultiva en 0,26 a 0,50 ha., y el 11,37 % no cultiva maíz choclo. El promedio de producción por ha. es 7 TM/ha.

En cuanto al cultivo de papa, el 82,95 % de los integrantes de la comunidad conducen parcelas cultivadas de papa de 0,125 ha. a 0,25 ha., el 13,64 % del otro grupo de productores tienen parcelas cultivadas de 0,26 a 0,50 ha., el 1,14 % de conduce parcelas de 0,51 % a 1,00 ha., y el 2,27 % no cultivan.

Más del 96,59 % de los agricultores cultivan papa en superficies menor o igual a 0,50 ha., solo el 1,14 % de los agricultores conducen parcelas con superficies a 0,50 ha. El promedio de producción de papa por ha. es 13000 kg. /ha. Sin embargo, las estimaciones del Ministerio de Agricultura son poco mayor.

En el cultivo del orégano, el 1,14 % de integrantes de la encuesta, conducen parcela de superficies de 0,125 a 0,25 ha, el 25 % conduce de 0,26 a 0,50 ha, el 10 % cultiva en 0,51 a 1,00 ha, el 22,73 % de productores cultivan en 1,01 a 2,00 ha, el 16 % cultivan en superficies de 2,01 a 3,00 ha, el 1,14 % producen en 3,01 a 4,00 ha, el otro grupo de 1,14 % cultivan orégano en 4 ha a más y el 22,71 % de los agricultores de la comunidad no cultivan orégano. El promedio de la producción del orégano en la comunidad es 4000 kg. /ha/año.

## Figura 18

*El cultivo de alfalfa y orégano en andenería en la comunidad de Huanuara*



### **5.9.1. El cultivo del haba tiene doble propósito**

Además de contribuir con ingresos productivos, también forma ventajas agronómicas en lo que corresponde a la fecundidad del suelo, establecen el nitrógeno atmosférico en el suelo. El nitrógeno es un elemento escaso y necesario para el rendimiento de todo tipo de cultivos, el haba enriquece los suelos creando una gran despensa de fertilidad en la tierra, la biomasa aumenta la vida microbiana del suelo.

El 65,91 % de los agricultores cultivan en parcelas de superficie de 0.125 a 0.25 ha., el 11,36 % conducen parcela de 0.26 a 0.50 ha., y 22.73% no cultivan. El promedio de producción de haba verde es: 6000 kg./ha.

El cultivo de la alfalfa, el 9 % de agricultores conducen parcelas con superficies de 0,125 a 0,25 ha, el 16 % cultiva en superficies de 0,26 a 0,50 ha, 24 % de productores realizan cultivos en 0,51 a 1,00 ha, el 22,73 % en 1,01 a 2,00 ha, el 9 % cultivan en 2,01 a 3,00 ha, el 7,95 % en 3,01 a 4,00 ha, el 4,55 % de agricultores cultivan en áreas superiores de 4 ha y 6,82 % no cultivan. El promedio de producción es 13,500 kg./ha.

### **5.9.2. *Tendencia de producción agrícola***

Esta tendencia, que se considera la más significativa de la industria, se manifiesta en los cambios en los niveles de producción agrícola y ganadera, así como en la reducción de las superficies y los pesos Kg/ha; tal como se aprecia en los datos estadísticos de la Dirección Regional de Agricultura de Tacna y el cuadro de superficie cultivable.

Las causas incluyen agua inadecuada y de mala calidad para uso agrícola, variaciones de temperatura y precipitación, ocurrencia más frecuente de eventos relacionados con el clima, contracción de los glaciares y aumento de las emisiones de gases con efecto ártico.

La calidad del agua del río Callazas se ve afectada por metales pesados (cobre, plomo, azufre, zinc, arsénico y mercurio) por la geología de la cuenca. El río tenía su nacimiento en la laguna Suches, pero está cortado desde hace mucho tiempo y el único usuario es la minera Southern Copper Corporation. Debido a las mayores concentraciones de metales pesados, el agua de categoría cuatro tiene valores para los siguientes parámetros que superan los ECA-Agua: pH, arsénico, mercurio, plomo, boro y zinc.

La zona es vulnerable debido a su alta dependencia de sectores que se ven fundamentalmente afectados por el cambio climático, como la agricultura y la silvicultura, y su baja capacidad institucional dificulta la planificación y ejecución de medidas concretas de adaptación. Dicho de otra manera, las instituciones gubernamentales de la zona no promueven activamente el desarrollo agrícola o agrario;

La degradación constante del suelo (escasez de agua, uso inadecuado de fertilizantes, abandono de la actividad) se traduce en una pérdida de aptitud agrícola. Dada la importancia de utilizar la tierra para abordar factores que están aumentando en relación con la demanda de alimentos, esta tendencia requiere una atención especial. Como resultado, existe una necesidad creciente de mejorar el uso sostenible de la tierra que se encuentra actualmente disponible, el uso de insumos orgánicos (como compost y humus), y el trabajo agrícola y cultural oportuno.

La contaminación del agua y la reducción del suministro de agua para uso agrícola son realidades que exigen un cuidado especial para hacer un uso eficiente del recurso

hídrico, el abandono de los andenes puede aumentar el riesgo de erosión hídrica a través del medio de la formación de cárcavas, como la erosión de los suelos y los deslizamientos de tierra o huaycos son influenciados por el cambio climático y los fenómenos, debido a la cobertura vegetal y las propiedades del suelo, un tema relacionado con la migración que debilita las relaciones comunitarias como el trabajo cooperativo, la reciprocidad, un cambio en la forma en que los miembros de las comunidades ven sus obligaciones entre sí y los beneficios del trabajo cooperativo.

Los cambios en el crecimiento de las plantas, el rendimiento y la sanidad de los cultivos, la presencia de parásitos y enfermedades en condiciones de segregación son algunos de los efectos negativos que tendría esta tendencia en la agricultura y ganadería. Económicamente hablando, resultan en una disminución de la viabilidad de las operaciones agrícolas debido a un aumento en los costos de producción asociados con los insecticidas, la aireación y la fertilización del suelo. Además, se traduce en una falta de recursos disponibles para uso y comercio familiar. Las siguientes tablas y figuras así lo demuestran.

**Tabla 23***Producción agrícola de la comunidad Huanuara*

ESPECIES	VARIABLES	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
HABA VERDE	Producción ( TM )	93	72	53	126	189	128	136	64	60	23	30
	Superficie Cosechada ( ha )	15	12	9	21	33	21	23	10	10	4	5
	Rendimiento ( TM/ha. )	6.2	6	5.89	6	6	6.1	5.91	6.4	6	5.75	6
MAÍZ	Producción ( TM )	262	243	126	250	179	164	140	76	90	34	36
	Superficie Cosechada ( ha )	110	95	57	100	75	63	64	27	34	13	13
	Rendimiento ( TM/ha. )	2.38	2.56	2.21	2.5	2.39	2.6	2.19	2.81	2.65	2.62	2.77
MAÍZ CHOCLO	Producción ( TM )	113	75	89	172	376	171	161	49	90	31	23
	Superficie Cosechada ( ha )	15	10	12	12	47	22	23	7	10	4	3
	Rendimiento ( TM/ha. )	7.53	7.5	7.42	7.82	8	7.77	7	7	9	7.75	7.67
PAPA	Producción ( TM )	1603	1363	948	964	1197	1516	1627	966	646	250	316
	Superficie Cosechada ( ha )	91	81	67	68	66	87	85	57	36	16	18
	Rendimiento ( TM/ha. )	17.62	16.83	14.15	14.18	18.14	17.43	19.14	16.95	17.94	15.63	17.56
ZAPALLO	Producción ( TM )	0	0			0	0	132	41			
	Superficie Cosechada ( ha )							6	2			
	Rendimiento ( TM/ha. )							22	20.5			
ALFALFA	Producción ( TM )	13668	11646	11032	11998	10020	10485	10121	8975	9160	9173	9216
	Superficie Cosechada ( ha )	670	649	649	649	658	668	670	673	668	668	683
	Rendimiento ( TM/ha. )	20.4	17.94	17	18.49	15.23	15.7	15.11	13.34	13.71	13.73	13.49
ORÉGANO	Producción ( TM )	27	45	48	68	67	70	73	220	176	250	172
	Superficie Cosechada ( ha )	8	12	12	15	17	17	20	42	42	16	42
	Rendimiento ( TM/ha. )	3.38	3.75	4	4.53	3.94	4.12	3.65	5.24	4.19	15.63	4.1

Fuente: Anuario Estadístico DRA Tacna

## Producción agrícola de la comunidad Huanuara

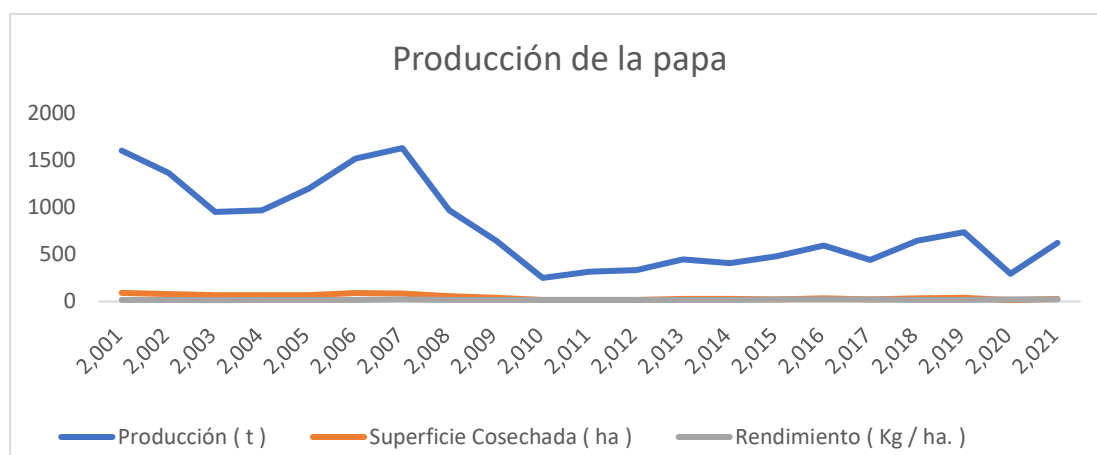
ESPECIES	VARIABLES	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
HABA VERDE	Producción ( TM )	18	25	27	36	44	30	75	37	36	22
	Superficie Cosechada ( ha )	3	4	5	6	8	5	12	6	5	3
	Rendimiento ( TM / ha. )	6	6.25	5.4	6	5.5	6	6.25	6.17	7.2	7.33
MAÍZ	Producción ( TM )	45	33	47	32	49	42	108	114	47	87
	Superficie Cosechada ( ha )	16	11	16	15	21	17	35	37	14	29
	Rendimiento ( TM/ha. )	2.81	3	2.94	2.13	2.33	2.47	3.09	3.08	3.36	3
MAÍZ CHOCLO	Producción ( TM )		16			14		52	25	37	30
	Superficie Cosechada ( ha )		2			2		4	2	4	3
	Rendimiento ( TM/ha. )		8			7		13	12.5	9.25	10
PAPA	Producción ( TM )	332	449	408	478	592	442	643	736	292	624
	Superficie Cosechada ( ha )	18	26	25	23	31	22	35	41	14	28
	Rendimiento ( TM/ha. )	18.44	17.27	16.32	20.78	19.1	20.09	18.37	17.95	20.86	22.29
ZAPALLO	Producción ( TM )	52	53	52	52	102	130		76	26	
	Superficie Cosechada ( ha )	2	2	2	2	4	5		3	1	
	Rendimiento ( TM/ha. )	26	26.5	26	26	25.5	26		25.33	26	
ALFALFA	Producción ( TM )	8541	8034	7470	8973	8892	9290	9517	9451	11870	11210
	Superficie Cosechada ( ha )	684	684	684	684	684	696	696	696	696	696
	Rendimiento ( TM/ha. )	12.49	11.75	109.12	13	13.35	13.67	13.58	17.05	17.05	16.11
ORÉGANO	Producción ( TM )	179	261	271	287	282	272	337	350	360	372
	Superficie Cosechada ( ha )	44	68	68	74	74	75	76	76	76	76
	Rendimiento ( TM/ha. )	4.07	3.84	3.99	3.88	3.81	3.58	4.43	4.61	4.74	4.89

Fuente: Anuario Estadístico DRA Tacna

El contenido de la tabla muestra la tendencia decreciente de forma continua de la agricultura, en el cultivo de la papa, en 2001 la superficie cosechada ha sido 91 ha, después de 20 años es 28 ha (menos 63 ha), en términos de producción en el año 2001 fue 1603 TM., en 2021 624 TM., como se puede ver en la figura siguiente:

**Figura 19**

*Tendencia del cultivo de papa en la comunidad de Huanuara*

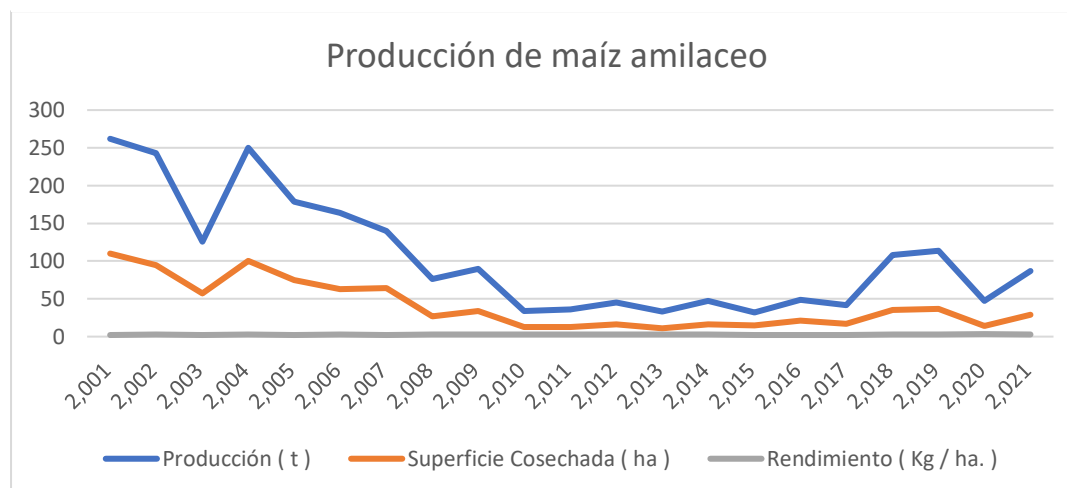


Fuente: Anuario estadístico de la Dirección Regional Agraria Tacna

En el cultivo de maíz amiláceo, en 2001, se cultivó en 110 ha. Después de 20 años se cultiva en 29 ha. En volúmenes de producción, en 2001, 262 TM y, en 2021, 29 TM, como se visualiza en la siguiente figura:

**Figura 20**

*Producción de maíz amiláceo en la comunidad de Huanuara*



Fuente: Anuario estadístico de la Dirección Regional Agraria Tacna

La información revela que en casi en todos los rubros disminuye las superficies de los cultivos, solo se evidencia un relativo crecimiento en el cultivo del orégano, que también existe problemas relacionados al mercado y los precios. En la ganadería, sucede de la misma forma.

### 5.9.3. El proceso de producción ganadera

La ganadería cumple múltiples funciones en la economía familiar: genera recursos para el abonamiento de suelos agrícolas, representa un ingreso económico importante (leche, carne, lana, estiércol, etc.), cumple función de ahorro, capitalización y garantía para acceder a créditos. Las diferentes actividades productivas están relacionadas y existe una dependencia mutua de la agricultura, ganadería y artesanía. Una parte de los ingresos de la industria agrícola proviene de la ganadería y viceversa; una parte de los bienes de la industria artesanal se utilizan en la agricultura o la ganadería, y viceversa.

**Tabla 24**

*Tenencia de ganados bovino y ovino en la comunidad de Huanuara*

Escala de producción pecuaria	Bovinos	Ovinos
1 a 5 animales	19,32	26,14
6 a 10 animales	28,41	23,86
11 a 15 animales	14,77	17,05
16 a más animales	2,27	6,82
No cría vacunos ni ovinos	35,23	26,14
Total	100,00	100,00

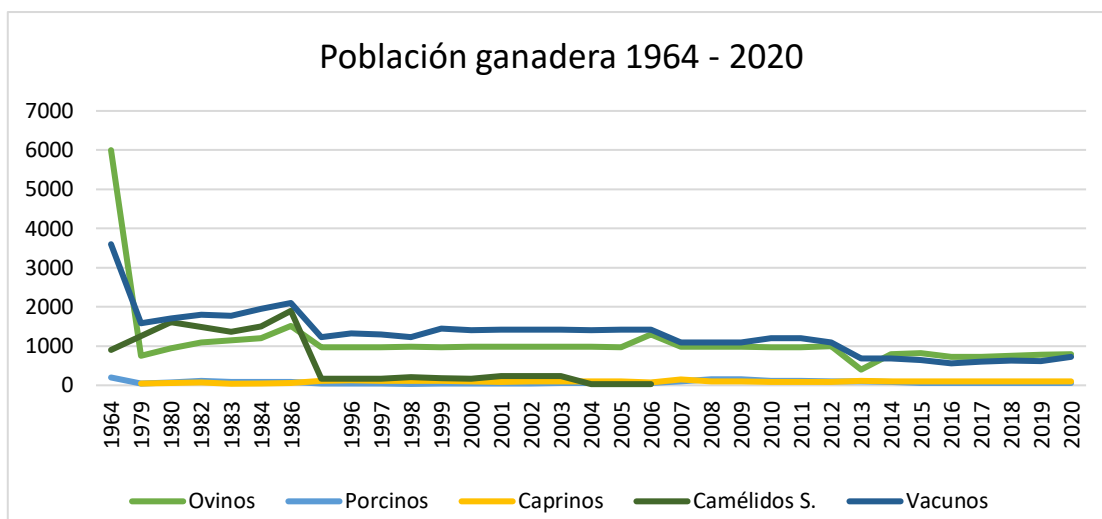
Fuente: Encuesta socioeconómica agosto 2022

El contenido de la tabla revela que el 35,23 % y el 26,14 % de los agricultores no realiza crianzas de bovinos ni ovinos, la mayor concentración de ganado se encuentra en las familias que conducen de 1 a 4 bovinos y de 6 a 10, es similar en la tenencia de ovinos.

En cuanto a la población ganadera, la comunidad pierde de forma constante, debido a un conjunto de factores dentro de los principales: el problema de escasez de forraje, déficit hídrico para mantener los cultivos de la alfalfa, escasa mano de obra (la mayoría de la población son adultos de la tercera edad). La información que a continuación se presenta en las tablas confirma el decrecimiento de la población de la ganadería de Huanuara.

**Figura 21**

*Población pecuaria de la comunidad, el proceso de decrecimiento 1964 - 2020*



Fuente: Dirección Regional Agricultura Tacna y Resolución Suprema 510 – 1964.

La comunidad de Huanuara es reconocida en 1964 por Resolución Suprema 510 - 1964 Ministerio de Trabajo y Asuntos Indígenas (MTAI). El responsable Ing. DANTE SAMANIEGO BOGOVICH informa que la población pecuaria de bovinos es 3600, ovinos 6000 animales, camélidos sudamericanos (alpacas y llama) 900, porcinos 200 y otros animales.

En 1989, en la comunidad de Huanuara, se realizó la *Evaluación de las características parasitarias y productivas de 1360 bovinos y 1460 ovinos de la población, trabajándose con el 10 % de la muestra que se encuentra en la Zona de Candarave de la Microrregión de Tarata-Tacna*, tesis presentada por Yufra y Villegas (1990) para optar el título de Médico Veterinario y Zootecnista, de la Universidad Nacional del Altiplano en Puno.

El ganado bovino ha disminuido de forma significativa de 3600 en el año 1964 a 720 bovinos al año 2021, decreciendo en 80 %, en ovinos disminuye en 86,7 %, la cantidad actual de ovinos solo representa el 13,3 %. Los datos corroboran en la afirmación en la degradación de los suelos que conlleva a la pérdida de aptitud agrícola, por la contaminación y la disminución del agua para uso agrícola, cambio climático y los fenómenos climáticos, el abandono de los andenes, el incremento de la erosión de los

suelos por factores naturales y antrópicas; contexto que tiene incidencia en los medios de subsistencia de los pobladores por la poca disponibilidad de bienes para consumo de la familia.

**Tabla 25***Población pecuaria de la comunidad de Huanuara 1964 – 2020*

ESPECIES	PRODUCTO	VARIABLES	1964	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1986	1995	1996	1997	1998	
Ave	Carne	Población (Unidades)		610	720	800	1000	1000	1200	1620	25	25	23	21	
		Saca (Unidades)			1296	1440	1300	1200	1500	2025					
		Producción (t)			1.32	2.02	2.18	2.06	3.15	3.97					
	Huevos	Gallina Pos (Unidades)			430	480	600	520	648	697					
		Producción (t)			2.26	2.54	2.01	2.18	2.72	3.25					
Vacunos	Carne	Población (Unidades)	3600	1580	1700		1800	1770	1957	2106	1232	1320	1300	1235	
		Saca (Unidades)		348	375		600	704	685	758					
		Producción (t)		69.6	75	93	96	111	118	133	86	79.09	60.3	70.08	
	Leche	Vaca Ord. (Unidades)		365	392	443	440	429	454	842	305				
		Producción (t)		799	888	1001	987	940	995	505	671.61	765.8	864.19	965.31	
Ovinos	Carne	Población (Unidades)	6000	750	950		1100	1150	1200	1520	970	970	970	980	
		Saca (Unidades)			118		320	357	336	426	466				
		Producción (t)			2.12		5.76	6.43	6.35	8.05	9.56	10.72	8.08	11.55	
Porcinos	Carne	Población (Unidades)	200	40	70		110	85	80	90	45	45	47	35	
		Saca (Unidades)			36		30	20	20	22	140				
		Producción (t)			1.13		0.66	0.56	0.53	0.65	5.4	3.3	3.61	6.44	
Caprinos	Carne	Población (Unidades)		50	60		70	40	50	60	109	130	110	110	
		Saca (Unidades)			12		10	6	10	12	75				
		Producción (t)			16		0.15	0.12	0.13	0.16	0.95	0.86	0.69	1.03	
Alpacas	Carne	Población (Unidades)	900	750	750		680	650	700	1000	146	140	140	180	
		Saca (Unidades)			150		210	202	231	330					
		Producción (t)			3.9		4.2	3.89	4.8	7.21		8.46			
	Fibra	A. Esquila (Unidades)			220		300	293	350	500					
		Producción (t)			0.41		0.59	0.69	0.84	1.15					
Llamas	Carne	Población (Unidades)		510	860		810	720	800	900	27	27	27	25	
		Saca (Unidades)			170		320	112	288	360					
		Producción (t)			5.3		8.96	7.64	7.64	8.27		6.26			
	Fibra	A. Esquila (Unidades)			100		120	288	160	180					
		Producción (t)			0.24		0.28	0.26	0.27	0.29					
Cuyes	Carne	Población (Unidades)		2600	1150		1500	2220	2300	2900					
		Saca (Unidades)			3450		4200	5883	5750	7540					
		Producción (t)			1.79		1.89	3.06	3.74	4.9					

Fuente: Anuario Estadístico DRA Tacna y documentos de la comunidad de Huanuara.

*Población pecuaria de la comunidad de Huanuara 1964 – 2020*

ESPECIES	PRODUCTO	VARIABLES	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Ave	Carne	Población (Unidades)	25	30	32	30	30								
		Saca (Unidades)													
		Producción (t)													
	Huevos	Gallina Pos (Unidades)													
		Producción (t)													
Vacunos	Carne	Población (Unidades)	1450	1400	1420	1422	1422	1410	1422	1422	1100	1100	1100	1200	
		Saca (Unidades)										304	288	272	274
		Producción (t)	69.11	71.55	67.09	71.55	70.91	69.2	55.05	54.55	54.55	52.94	50.15	51.07	
	Leche	Vaca Ord. (Unidades)									296	290	282	277	
		Producción (t)	960.97	891.67	686.66	694.03	391.55	689.35	721.31	293.25	689.31	677.85	644	753.21	
Ovinos	Carne	Población (Unidades)	970	980	985	980	980	986	966	1300	980	980	980	970	
		Saca (Unidades)										405	378	349	357
		Producción (t)	12.29	13.91	11.86	12.8	13.05	13.23	8.93	9.1	9.42	8.92	8.32	8.32	
Porcinos	Carne	Población (Unidades)	40	45	50	50	60	60	60	55	100	160	150	120	
		Saca (Unidades)										73	107	44	55
		Producción (t)	6.71	6.64	5.95	6.09	6.43	6.21	6.01	5.74	3.1	4.56	0.93	2.68	
Caprinos	Carne	Población (Unidades)	108	95	90	95	95	95	95	75	150	95	95	87	
		Saca (Unidades)										96	37	57	66
		Producción (t)	1.15	1.16	1.01	1.03	1.25	1.08	1.32	1.42	1.29	0.5	0.724	0.904	
Alpacas	Carne	Población (Unidades)	160	150	200	210	200								
		Saca (Unidades)													
		Producción (t)													
	Fibra	A. Esquila (Unidades)						200	200	200					
		Producción (t)													
Llamas	Carne	Población (Unidades)	25	20	30	30	30	30	30	30					
		Saca (Unidades)													
		Producción (t)													
	Fibra	A. Esquila (Unidades)													
		Producción (t)													
Cuyes	Carne	Población (Unidades)													
		Saca (Unidades)													
		Producción (t)													

Fuente: Anuario Estadístico DRA Tacna y D.S. N° 510 – 1964 de la Comunidad de Huanuara.

*Población pecuaria de la comunidad de Huanuara 1964 – 2020*

ESPECIES	PRODUCTO	VARIABLES	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Ave	Carne	Población (Unidades)										
		Saca (Unidades)										
		Producción (t)										
	Huevos	Gallina Pos (Unidades)										
		Producción (t)										
Vacunos	Carne	Población (Unidades)	1200	1100	690	682	648	560	600	624	618	720
		Saca (Unidades)	276	271	426	393	205	241	219	171	170	180
		Producción (t)	50.75	50.56	81.28	75.36	41.65	48.77	44.18	35.34	35.34	36.03
	Leche	Vaca Ord. (Unidades)	280	200	200	250	240	220	200	220	210	210
		Producción (t)	731.13	619.36	623.78	784.32	751.82	710.34	612.11	603	601	607
Ovinos	Carne	Población (Unidades)	970	1000	400	800	820	730	730	759	775	798
		Saca (Unidades)	379	374	433	504	340	337	410	262	293	240
		Producción (t)	9.08	9.2	12.48	14.02	9.69	10.48	12.38	8.58	9.62	7.44
Porcinos	Carne	Población (Unidades)	120	100	100	80	60	60	54	57	55	54
		Saca (Unidades)	49	40	61	48	44	36	27	24	24	32
		Producción (t)	2.39	1.86	2.57	2.07	2.12	1.815	1.68	1.67	1.75	2.28
Caprinos	Carne	Población (Unidades)	87	90	110	100	98	100	95	101	95	95
		Saca (Unidades)	69	75	99	81	72	71	27	55	51	57
		Producción (t)	0.9	1.008	1.46	1.3	1.04	1.06	0.41	0.8	0.75	0.88
Alpacas	Carne	Población (Unidades)										
		Saca (Unidades)										
		Producción (t)										
	Fibra	A. Esquila (Unidades)										
		Producción (t)										
Llamas	Carne	Población (Unidades)										
		Saca (Unidades)										
		Producción (t)										
	Fibra	A. Esquila (Unidades)										
		Producción (t)										
Cuyes	Carne	Población (Unidades)										
		Saca (Unidades)										
		Producción (t)										

Fuente: Anuario Estadístico DRA Tacna y D.S. N° 510 – 1964 de la Comunidad de Huanuara.

## **5.10. EL ECOSISTEMA DE LA MICROCUENCA HUAYÑUMA DE LA COMUNIDAD DE HUANUARA**

Varios ecosistemas naturales interactúan en la microcuenca Huayñuma, que es una porción de la cuenca mayor del río Locumba. La complejidad de estos ecosistemas se correlaciona directamente con la dimensión de la cuenca. Estos ecosistemas están compuestos por aire, el clima, el suelo, el agua, la flora y fauna, y el paisaje, entre otros. Es importante comprender esta oferta de bienes y servicios ambientales para lograr el uso sostenible del ecosistema.

En la microcuenca, ingresa una cantidad de agua, procedente del río Callazas, a través de la captación y un canal de derivación hasta zona de producción agropecuaria; por medio de la precipitación y sale una cantidad de agua que contribuye a los caudales del río Locumba. El sistema de la microcuenca está integrado por los sistemas siguientes:

- En el ámbito de la biología, incorpora fundamentalmente la flora y fauna de la vida silvestre y las actividades desarrolladas por el hombre, como la agricultura.
- En física, se refiere a la integración de elementos relacionados con la superficie, el subsuelo, la geografía, los recursos hidrológicos y el clima (temperatura, radiación y evaporación, entre otros).
- El aspecto económico comprende todas las actividades productivas que realiza la comunidad relacionada con la agricultura, los recursos naturales, la recolección y la prestación de servicios como caminos, carreteras, energía eléctrica, alojamiento, entre otros.
- El aspecto social se compone de componentes institucionales, gubernamentales, agrarios, de salud, educación, vivienda, culturales, organizacionales, políticos y legales.

Las funciones de la microcuenca en la cuenca, los procesos ecológicos que describen el intercambio de materia y el flujo de energía a través de la conexión de los elementos estructurales del ecosistema, pueden verse como un sistema: los componentes hidrológicos, ecológicos, ambientales y socioeconómicos se encuentran en los cenotes del río Locumba y Huayñuma. Estos cenotes sirven como sumideros de CO<sub>2</sub>, regula la

recarga hídrica y los ciclos biogeoquímicos, conserva la biodiversidad, mantiene la integridad y la variedad de los suelos; en la función ecológica, provee diversidad de sitios y rutas a lo largo de las que se llevan a cabo interacciones entre las tipologías de calidad física y química del agua, provee de hábitat para la flora y fauna que constituyen los elementos biológicos del ecosistema y se integra las tipologías físicas y biológicas del agua.

El sistema físico y biológico, que está formado por una comunidad de seres vivos que habitan en el área, se conoce como ecosistema. En otras palabras, involucra una colección de factores físicos y biológicos, y los muchos componentes están relacionados por una interdependencia. Un cambio en un eslabón de la cadena puede tener efectos en otro que es bastante diferente y parece estar más distante. Este cambio podría eventualmente seguir una ruptura en el equilibrio ecológico.

Los componentes del área de estudio incluyen aspectos de la morfología, física, biología y genética de los seres vivos, así como la distribución espacial de las especies que componen el área de estudio a lo largo de los ejes latitudinal, longitudinal y altitudinal.

Uno de los componentes ecológicos que tiene mayor impacto en las características morfológicas, distribución geográfica y comportamiento funcional de las especies vegetales y animales es el clima, lo que da como resultado fenotipos que se adaptan a los nichos ecogeográficos que ocupan. El clima de la provincia de Candarave es andino subtropical (frío y seco en invierno y lluvioso y húmedo en verano). Debido a su altitud, la temporada de lluvias se extiende de diciembre a marzo.

Entre otras cosas, la distribución anual de temperatura y precipitación, así como el producto de la interacción entre estas dos, conocido como evapotranspiración, son determinantes climáticos. Estas características en el sector andino van cambiando con la elevación, exhibiendo características únicas en los diversos estratos ecológicos. En la cordillera occidental de los Andes, el clima frígido y seco con fuertes precipitaciones frecuentes. En la cordillera occidental de los Andes, la norma es un clima frío y seco con frecuentes precipitaciones intensas. Debido a la altitud, la presencia de la cordillera y los patrones del terreno alpino, las posibilidades agrícolas son limitadas. El río Callazas, cuyo

origen está en la cadena volcánica, se abastece de pequeños afluentes cuyas fuentes de alimentación son las lluvias estacionales, los deshielos y los bofedales. Sus cursos siguen un eje norte-sur y proporciona recursos hidroeléctricos para actividades agrícolas.

La utilización de los recursos se caracteriza en uso los suelos a través de prácticas agrícolas y pecuarias en sistema de andenes, evitan la erosión y degradación de tierras, destrucción de la cubierta vegetal y deterioro del potencial genético como la pérdida de especies de flora y fauna nativas.

La importancia de la biodiversidad, durante las últimas décadas, la preocupación de un sector importante de la población (instituciones académicas y organismos nacionales e internacionales), de igual manera existe preocupación de los comuneros de Huanuara, por la extensión de algunas especies vegetales y animales, por el estrés climático, la pérdida de los glaciares, el agotamiento de las fuentes de agua (manantiales de agua dulce) y otros integrantes del ecosistema (abiótico y biótico), la que puede provocar de forma irreversible, y que podría destruir la base de la existencia humana.

Sin embargo, el significado de la biodiversidad no ha generado, una imagen suficientemente clara en los distintos sectores y grupos sociales, las implicancias no sea comprendido en su magnitud, por lo que ha limitado la participación social en la formulación de políticas públicas, aun cuando se dialoga con la población de la comunidad, no logran ubicarse en el contexto de una forma clara, siendo otro de los elementos la falta de propuestas de promoción y ejecución de actividades y obra muchas instituciones al ejecutar no demuestra la conservación de los ecosistemas; por ejemplo, la construcción de las carreteras destruyen andenes, destruyen la capa arables del suelo que se forma en miles de años.

El sistema de los andenes son ecosistemas que brinda servicios ecosistémicos. Este sistema no solo se emplea para la conservación y manejo de suelos y aguas en terrenos en pendiente, sino que genera efectos sobre funciones hidrológicas, como la infiltración del agua aumenta, mejora la humedad de suelo, la escorrentía superficial disminuye, la erosión laminar disminuye, favorece a la recarga de acuífero, etc. Según la gran mayoría de los estudios a escala de parcela, los andenes y las terrazas funcionan como "esponjas" al favorecer la infiltración del agua en el suelo. En este sentido,

conformar sumideros cambiando la micro topografía, creando espacios con superficies más planas y ralentizando el flujo de agua, el efecto de los andenes en el manejo de hidrólisis es significativo en regiones semiáridas donde los suelos tienden a ser poco profundos.

El abandono de las minas preincaicas y otras activas por el agotamiento de las fuentes de hidrocarburos en la microcuenca está provocando la erosión del suelo, lo que podría aumentar el riesgo de formación de cavernas, surcos y procesos de deterioro minero.

Las lluvias torrenciales y el viento son las condiciones que favorecen estos procesos, provocando el derrumbe de muros y fachadas vegetales, provocando la pérdida de elementos químicos naturales, incluso provocando inseguridad familiar por posibles huaycos e inundaciones por el material acumulado en las principales causas del río.

## **Figura 22**

*Andenes abandonados en la comunidad*



## CONCLUSIONES

1. El estado de conservación y manejo del sistema de andenería en la comunidad de Huanuara es relativamente adecuado, presentándose limitaciones relacionados a la calidad y cantidad del agua para uso agropecuaria, que tiene concentraciones de metales pesados como arsénico, boro, sodio y otros, encontrándose en estado combinado y principalmente en forma de sales, que en detrimento de los elementos químico y físicos de los suelos que tiene incidencia en la producción y la productividad de los cultivos.
2. Las prácticas agronómicas de conservación de suelos que realizan los comuneros trascienden más allá de los trabajos de control de la erosión, porque hacen rotación de cultivos, manejo de riego en parcelas, surcos y en fajas de contorno, asociación de cultivos, enmiendas orgánicas y químicas, cultivo de cobertura, labranza conservacionista y otros, con el objetivo de mantener las propiedades físicas, químicas, biológicas y morfológicas de la capa superior de la tierra, sirve como medio natural para el crecimiento y desarrollo de las plantas.
3. Los comuneros tienen conocimientos sobre las prácticas mecánicas estructurales desde tiempos ancestrales y complementados con la nueva tecnología, son construidas y practicadas para controlar el movimiento del agua, referido a todas aquellas que gobiernan el funcionamiento de estructuras diseñadas según la infraestructura hidráulica (canales y reservorios), teniendo en consideración los principios de conservación de los recursos naturales, como para modificar la longitud, inclinación de la pendiente según la topografía, también interceptan escorrentía, almacenamiento, conservan la humedad, drena escorrentía y protegen los cauces, riberas y tierras agrícolas.
4. Los resultados de los análisis de muestras de suelos y agua en laboratorio especializados confirman la percepción de los comuneros sobre, la presencia de metales pesados. En arsénico, boro, sodio están por encima del ECA., en las tres secciones, siendo la de Chaullani la que se encuentra más afectada seguida por la

sección de Ollería y en menor grado en la sección de Sequia grande. Como resultado de la explotación irracional de las aguas subterráneas y superficiales en bocas de pozos y fuentes de agua, se evidencia la degradación de los suelos en los andenes manifestada en los déficits de cantidad y calidad que impactan en la actividad agrícola, tales como la disminución de los niveles de rendimiento de las tierras cultivables en un promedio de 80 % y 85,5 % en ganadería.

5. El sistema de la microcuenca Huayñuma está integrado por los subsistemas, físico, biológico, social y la economía. Esta última constituye el soporte de la subsistencia de las familias, desarrolladas en sistemas de andenes que logra el uso de las tierras en pendiente y genera servicios ecosistémicos, paisajísticos. En las últimas décadas, es afectada por la deficiente calidad y cantidad del agua. La disminución de las aguas superficiales es lo más notable debido a la falta de lluvias en la cuenca húmeda y el control de las aguas de las lagunas de Suches y Vizcachas por la minera Southern Copper Corporation (convertido en el único usuario) que se observa en la cabecera de la cuenca la desertificación de bofedales Huaytira y Vizcachas. También el colapso de manantiales en las nacientes del río Callazas, debido a la presencia de volcanes activos, estas aguas contienen anomalías que modifican naturalmente su composición química y contienen altas concentraciones de metales pesados que están perjudicando los ecosistemas y la calidad de vida de la población local.

## RECOMENDACIONES

1. Realizar análisis de suelo de andenes en cultivo en limpio o temporales para complementar el trabajo de investigación, en vista que se analizó en suelo correspondiente a cultivos de alfalfa por su importancia económica y base de la actividad pecuaria, para así poder gestionar la certificación orgánica y ecológica de la microcuenca Huayñuma de la comunidad de Huanuara, mejorando la calidad de vida de los campesinos en forma sustentable y sostenible en el tiempo.
2. Priorizar la recuperación de andenes en abandono, porque estos ecosistemas son eficientes en la producción de alimentos, controlan la erosión y proveen servicios ecosistémicos y paisajístico para de esta forma disminuir el índice de la pobreza en la zona. A nivel del país, se estiman 250,000 andenes abandonados cuyos suelos están expuestas a la erosión.
3. La gestión de los sistemas hidráulicos debería ser estudiado a nivel de la cuenca, porque forma una estructura integral en la que los elementos son interdependientes. La deficiencia de uno de ellos interfiere sobre las características de los otros y, en consecuencia, sobre el funcionamiento de todo el sistema. Entre estos elementos, la gestión del agua representa el elemento fundamental, puesto que influye en el funcionamiento global de los sistemas de producción y la intervención de la organización social y la calidad de vida de los habitantes.
4. Capacitar y organizar a los comuneros de Huanuara en diferentes rubros de producción para dar un valor agregado y, en especial, seguir implementando la certificación orgánica de sus predios y con la ganadería ecológica, para ser más competitivos en la seguridad alimentaria y tener respuesta al cambio climático y otros problemas antrópicos, que vienen causando daños y pérdidas económicas en la actividad agropecuaria, ambiental, social y cultural, las mismas que deben ser indemnizados por la institución causante.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrorural. (2021). *Andenes para la vida. Inventario y caracterización de andenes en los andes tropicales del Perú*. Imprenta: tarea asociación gráfica educativa.
- Agrorural, d. Z. (2014). *Erosión de suelos*. Gráfica bracamonte de bracamonte heredia gustavo.
- Albarracín, j., fonseca, n. Y lópez, l. (2019). Las prácticas agroecológicas como contribución a la sustentabilidad de los agrosistemas, caso provincia del sumapez. *Ciencia y agricultura. Universidad pedagógica y tecnológica. Colombia.*, 39-55.
- Alvarado, v. (2021). Factores que incide en la erosión hídrica. *Ciencia y práctica*, 57-68.
- Alvarez, c. Y rimski, h. (2016). *Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos*. Editorial de la facultad de agronomía de la universidad de buenos aires.
- Ana. (2013). *Plan nacional de recursos hídricos del Perú*. Icono- Perú s.a.c.
- Ana, a. (4 de julio de 2020). El Perú predió el 51 % de sus glaciars debido al cambio climático.
- Ana, a.-s. (2010). *Evaluación de los recursos hídricos superficiales de los ríos Lucumbá y Sama*. Minag-ana.
- Ann, k. Y rodríguez, a. (2009). *Desarrollo y perspectivas de los sistemas de andenería de los Andes centrales del Perú*. Centro de estudios regionales Bartolomé de las Casas.
- Aponte, n. O. (2013). *Metodología para evaluar la disponibilidad de agua y su costos bajo los escenarios de cambio climático*. Universidad nacional autónoma de México.
- Aroa, p. (2019). *Contaminación geogénica en aguas subterráneas de España*. Universidad de Alcalá.

- Atencio, c. (2016). *Prácticas de conservación de suelos*. Programa de riego y drenaje. Prorridre.
- Bazan, l. (2021). *Proyecto de ley. Ley que reconoce derechos de la madre naturaleza, los ecosistemas y las especies*. Congreso de la república.
- Benites, z. (2016). *Influencia del proyecto recuperación de andenes en el mejoramiento de la calidad de vida en la comunidad barrio bajo, matucana*. Universidad César Vallejo. Escuela de postgrado.
- Brouwer, c., j.p.m. y hoevenaars. (1994). *Necesidades y abastecimiento de agua de los sistemas de riego*. Dirección de fomento de tierras y aguas, fao.
- Cajas , l. (2015). *La realidad agroproductiva y su relación con las potencialidades agroecológicas en la comunidad san jacinto, parroquia unión milagreña*. Universidad técnica de ambato.
- Castillo, j. Y ceballos, j. (2016). *Una alternativa de manejo hacia el establecimiento de un modelo productivo-conservacionista en zonas de bosque tropical del caribe colombiano*. Tropenbos internacional colombiana & fondo patrimonial natural.
- Castro, c., ledesma, a. Y cuba , b. (2015). *Evaluación de diseño y ejecución de presupuesto de: aprovechamiento de los recursos hídricos para uso agrario*. Minagri.
- Chirinos, t. (2017). *Efecto de la dosis de riego en el consumo y eficiencia del uso de agua de un ecotipo local de quinua (chenopodium quinoa willd) en milímetros de drenaje en la comunidad de ccaje – juli – chucuito – puno, campaña 2015 – 2016*. Una puno.
- Colegio de ingenieros del Perú, c. (2010). *El problema hídrico de tacna y los efectos de su explotación en la minería*. Tacna.

- Comunidad andina. (2010). *El agua de los andes, un recurso clave para el desarrollo e integración de la región*. Doc. Print sac.
- Cooperación técnica alemana gtz, p. D. (s.f.). *Tecnologías de manejo y conservación de los recursos naturales, para reducir la vulnerabilidad frente fenómenos naturales y socio naturales*. Gtz.
- Cotler, h., sotelo, e., dominguez, j., zorrilla, m., cortina, s. Y quiñones, l. (2007). La concervación de suelos: un asunto de interés público. *Gaceta ecológica n° 83*, 5-71.
- Del puerto, a., suarez, s. Y palacio, d. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista cubana de higiene y epidemiología*, 372-387.
- Díaz, c. (2011). Alternativas para el control de la erosión mediante el uso de coberturas convencionales, no convencionales y revegetalización convencionales y revegetalización. *Ingeniería e investigación vol. 31*, 80-90.
- Diaz, g. (2012). Cambio climático. *Ciencia y sociedad*, 227-240.
- Dobronski, j. Y chango, e. (2014). *Evaluación del avance agroecológico mediante indicadores de sustentabilidad en las fincas de la unión de organizaciones productoras agroecológicas y comercialización asociativa pacat*. Universidad técnica de ambato.
- Escandón, n. (2012). *Rotación y asociación de cultivos en la provincia de azuay para el rescate de la soberanía alimentaria*. Universidad de cuenca.
- Escuela para graduados, f. (2018). *Prácticas agropecuarias en sistema agrícola y ganaderos*. Unc.

- Fao. (2021). *Según la fao y el pnuma, el empeoramiento de la contaminación del suelo es una amenaza para la producción de alimentos y los ecosistemas en el futuro*. Oficina regional de la fao para américa latina y el caribe.
- Fao. (s.f.). *Apoyo a la rehabilitación productiva y el manejo sostenible de microcuencas en municipios de ahuachapán*. Fao.
- Fao, (. (s.f.). *Aquastat - sistema mundial de información de la fao sobre el agua en la agricultura*. Fao.
- Foa. (s.f.). *Evapotranspiración del cultivo guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Fao.
- Galán , e. Y romero, a. (2008). Contaminación de suelos por metales pesados. *Macla 10*, 48-60.
- García, y. (2015). Calidad del agua con fines de riego. *Revista digital de medio ambiente*, 1-.
- Geng, d. (2018). *Desigualdades en la gobernaza del agua en un contexto de extractivismo miero, el caso de la cuenca alta del río locumba (tacna, Perú)*. Pontifical catholic university of Perú.
- Gonzales, c. (2015). *Factores socioeconómicos y adopción de nuevas tecnologías para el manejo y conservación del suelo en la microcuenca san luis - ancash*. Universidad nacional agraria la molina.
- Gordillo, j. (1984). Desarrollo regional tardío y ocupación inca en la pre - cordillera de tacna. *Ciencia y desarrollo*, 1-16.  
File:///c:/users/hogar/downloads/andenes%20tarata%20.%20(1).pdf. Recuperado el 20-05-21.

- Herrera, a. Y alí., m. (2009). Paisajes del desarrollo: la ecología de las tecnologías andinas. *Antípoda. Universidad de los andes colombia*, 1 - 26.
- Hurtado, f. (1999). *Elementos para la planificación agropecuaria en los andes sur peruanos*. Instituto de investigación universidad y región unsac.
- Javier, l. (2019). *Contaminación geogénica de arsénico en las aguas subterráneas*. Imdea.
- José maría, c. (2017). *Determinación del coeficiente (kc) para el cultivo de pprica (capsicum annuum l.) Var. "papri queen" bajo condiciones de la irrigaci3n majes*. [tesis, universidad nacional de san agustín de arequipa, arequipa].
- Juárez., m. (2008). *Efecto de tecnologías de conservaci3n de suelos, agroforestería y diversificaci3n de cultivos, implementados por el paes, en tenacingo y guazapa*. Universidad de el salvador.
- Kendall, a. Y rodguez , a. (2009). *Desarrollo y perspectivas de los sistemas de andenería de los andes centrales del perú. Ean*.
- Le3n, j. (2001). *Estudio y control de erosi3n*. Universidad nacional de colombia.
- Le3n, j. (2 de mayo de 2014). *Los andenes juegan un rol importante frente al cambio climático*. <https://agraria.pe/noticias/%e2%80%9c-clos-andenes-juegan-un-rol-muy-importante-frente-al-cambio-c-6512>
- Llerena, c., inbar, m. Y benavides, m. (2004). *Conservaci3n y abandono de andenes*. Universidad nacional agraria la molina, universidad de haifa israel.
- Mayorga, j. (2014). Recuperaci3n del sistema de andenería en el ámbito de la microcuenca chucumayo, distrito de matucana, provincia de huarochirí, departamento de lima. *Revista del inztituto de investigaci3n (riigeo), figmmg-unmsm*, 67-71.

- Melgarejo, r. (17 y 18 de setiembre de 2015). *Foro: legislación del agua en el Perú infraestructura hidráulica y agua subterránea*.  
[Http://www.lamolina.edu.pe/institutos/icta/pdf/5ponenciarafaelmelgarejo.pdf](http://www.lamolina.edu.pe/institutos/icta/pdf/5ponenciarafaelmelgarejo.pdf)
- Midagri, m., agrorural, p., cbc, c. Y agro rural. (2021). *Andenes para la vida. Inventario y caracterización de andenes en los andes tropicales del Perú*. Editorial unlm.
- Ministerio de agricultura y riego, a. (2013). *Plan nacional de recursos hídricos del Perú*. Icono Perú s.a.c.
- Ministerio de desarrollo agrario y riego, agro rural, centro Bartolomé de las Casas, y centro Bartolomé de las Casas. (2020). *Andenes para la vida. Inventario y caracterización de andenes en los andes tropicales del Perú*. Tarea.
- Ministerio de desarrollo agrario y riego, programa de desarrollo productivo agrario rural y centro de estudios regionales andinos Bartolomé (2021). *Andenes para la vida. Inventario y caracterización de andenes en los andes tropicales del Perú*. Tarea asociación gráfica educativa.
- Ministerio del ambiente, p. (2018). *Mapa nacional de ecosistemas del Perú*. Minam.
- Ministerio del medio ambiente. (2018). *Guía de apoyo docente en biodiversidad*. Alvimpress.
- Mohammad, b., landeros, j. Y cerna, e. (2007). Papel de los ecosistemas en la sustentabilidad. *Culcyt*, 19-28.
- Moreno, m. (s.f.). *Cuaderno de ganadería ecológica*. Ceder seranía de ronda, Andalucía.
- Muñoz, l. (2018). *Asociación de cultivo en huertos*.  
[Https://www.agrohuerto.com/asociacion-decutivos-compatibilidad-entre-plantas/](https://www.agrohuerto.com/asociacion-decutivos-compatibilidad-entre-plantas/).

- Nolasco, d. Y ramirez, a. (2011). *Diseño de la automatización del sistema de riego en la escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica unidad zacatenco*. Instituto politécnico nacional.
- Ochoa, r. (2010). *Agricultura orgánica*. Universidad autónoma agraria, antonio narro, buenavista, saltillo, coahuila, méxico.
- Ordoñez, j. (2012). *¿qué es cuenca hidrológica?* Sociedad geográfica de lima.
- Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. (2015). *Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos sanos*. Fao.
- Pérez, j. Y juan, j. (2016). Agricultura de terrazas en el cerro tenismo, toluca. *Terra nueva*, 163-184.
- Pronamachcs. (2004). *Manejo y conservación del suelo. Fundamentos y prácticas*. Pronamachcs.
- Quispe, r. (2010). *Planteamiento del sistema de riego presurizado en andenería en la microcuenca huacaccara cotahuasi - arequipa*. Una puno.
- Ramírez, m. A. (2018). El uso de pesticidas en la agricultura y su desorden ambiental. *Enferm. Vanguard*, 40-47.
- Rodríguez, n., mclaughlin, m. Y pennack, d. (2019). *La contaminación del suelo: una realidad oculta*. Fao.
- Roldan, p. (2017). Contaminación. *Economipedia*, 4-8 .
- Ruiz, g. P. (2016). *Físicoquímico del suelo del sistema de andenería del centro poblado caca provincia de yauyos, lima*. Universidad católica del Perú.
- Sanchez, a., garcía, r. Y palma, a. (2003). *La cuenca hidrográfica: unidad básica de planeación y manejo de recursos naturales*. Secretaría de medio ambiente y recursos naturales.

- Sardiñas, o., chiroles, s., fernández, m., henández, y., pérez, a. Y sardi a, o. (2006). Evaluación físico-química y microbiológica del agua de la presa el cacao (cotorro, cuba). *Higiene y sanidad ambiental*, 202-206.
- Smith, t. Y smith, r. (2007). *Ecología*. Pearson educación, s.a.
- Stavros, d. Y sigmar, g. (2008). *La economía de los ecosistemas y la biodiversidad*. Printed in belgium.
- Studdert, g. (2006). *Rotación de cultivos en el sudeste de la provincia de buenos aires (argentina); una herramienta para el manejo de la dinámica del n trgeno y del carbono en el suelo*. Universidad de lleida.
- Taboada, l. (2011). *Rehabilitación de andenes. La experiencia de la comunidad campesina de san juan de iris*. Pronamachcs.
- Tolmos, r. (2004). *Desafíos y propuestas para la implementación más efectiva de instrumentos económicos en la gestión ambiental de américa latina y el caribe: el caso de perú*. Naciones unidas santiago de chile.
- Uscamayta, r. (2011). *Clasificación de tierras del distrito de locumba por capacidad de uso mayor. Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo*. Unjbg.
- Vásquez, a., mejía, a., faustino, j., terán , r., vásquez, i., díaz, j. Y alcantara, j. (2016). *Manejo y gestión de cuencas hidrográficas*. Fondo editorial unalm.
- Vilca, l. E. (2013). *Propuesta de mejoramiento del sistema de riego por aspersión en andenes del sector sahuarania de la comunidad de quiaca ayllu - sandia*. Una puno.
- Villalobos, l. (2006). *Ecología y medio ambiente*. Una - nicaragua.
- Villalobos, v., garcía, m. Y avila, f. (2017). *El agua para la agricultura de las américas*. Isbs.

- Virginia, a. (2021). Factores que inciden en la erosión hídrica. *Ciencia y práctica*, 57-68.
- Yakabi, k. (2014). *Estudio de las propiedades edáficas que determinan la fertilidad del suelo en el sistema de andenería de la comunidad campesina san pedro de laraos*. Lima: pontificia universidad católica del Perú.
- Yong, a., crespo, a., benitez, b., pavón, m. Y almenares, g. (2016). Uso y manejo de prácticas agroecológicas en fincas de la localidad de san andrés, municipio la palma. *Cultivos tropicales*. Scielo., s/p.  
[Http://dx.doi.org/10.13140/rg.2.1.2756.3761](http://dx.doi.org/10.13140/rg.2.1.2756.3761)
- Yufra, v. Y villegas, e. (1990). *Evaluación parasitaria y características productivas de bovino y ovinos, en áreas candarave de la microrregión de tarata - tacna*. Una.
- Zuñiga, c. (2018). *Gobierno de los recursos de uso común: una historia de la regulación del agua en la cuenca alta de locumba, 1950 – 2015*. Ponificia universidad católica del Perú.

## ANEXOS

### ANEXO 1

#### Cedula de Cultivos Comunidad de Huanuara

Cultivos	%	Callazas –	Chauillani –	Huanuara –	Área (ha)
		Huanuara Área (ha)	Huanuara Área (ha)	Manatiales Área (ha)	
Alfalfa	86%	546.8	71.6	152.6	771.0
Orégano	9%	57.2	7.5	16.0	80.7
Maíz amiláceo	1%	6.4	0.8	1.8.9.0	
Papa	4%	25.4	3.3	7.1	35.9
Haba		0.0	0.0	0.0	0.0
	100%				

Fuente: Comisión de Usuarios de Riego de Huanuara

## ANEXO 2

## Grupo de andenes de los distritos la Prov. de Candarave

Distribución de andenes según estado de uso								
DISTRITOS	En uso		En abandono		TOTAL			
	Área (ha)	Porcentaje (%)	Área (ha)	Porcentaje (%)	Área (ha)	Porcentaje (%)		
Cairani	1.604,45	88,26	213,36	11,74	1.817,81	100,00		
Camilaca	853,52	92,98	64,42	7,02	917,94	100,00		
Candarave	2.559,64	89,44	302,29	10,56	2.861,93	100,00		
Curibaya	37,14	76,72	11,27	23,28	48,40	100,00		
Huanuara	901,42	81,41	205,90	18,59	1.107,33	100,00		
Quilahuani	585,14	88,48	76,19	11,52	661,33	100,00		
ÁREA	Altitud en metros sobre el nivel del mar					TOTAL		
	<1000	1000<2000	2000<3000	3000<4000	>4000			
Área (ha)	0,00	2,78	353,94	7.058,03	0,00	7.414,74		
Grupos	0	3	138	553	0	694		
Área Promedio (ha)	0,00	0,93	2,56	12,76	0,00	10,68		
Distribución (%)	0,00	0,04	4,77	95,19	0,00	100,00		
	Precipitación en milímetros anuales					TOTAL		
	<200	200<400	400<600	600<800	>800			
Área (ha)	6.296,84	1.117,88	0,00	0,00	0,00	7.414,74		
Distribución (%)	84,92	15,08	0,00	0,00	0,00	100,00		
	Pendiente promedio (%)							
	<4	4<8	8<15	15<25	25<50	50<75	>75	TOTAL
Área (ha)	21,37	390,59	3.187,18	851,22	2.497,36	458,85	8,16	7.414,74
Distribución (%)	0,29	5,27	42,98	11,48	33,68	6,19	0,11	100,00

Fuente: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, AGRORURAL y Centro Bartolomé de

Las Casas, 2021.

## ANEXO 3

## Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Para Suelo Agrícola, DS. N° 011-2017-MINAM

Parámetros en mg/kg ps	Usos del suelo			Métodos de ensayo (7) y (8)
	Suelo Agrícola	Suelo Residencial/ Parques(4)	Suelo Comercial(5)/ Industrial/ Extractivo(6)	
<b>ORGÁNICOS</b>				
<b>Hidrocarburos aromáticos volátiles</b>				
Benceno	0,03	0,03	0,03	EPA 8260(9) EPA 8021
Tolueno	0,37	0,37	0,37	EPA 8260 EPA 8021
Etilbenceno	0,082	0,082	0,082	EPA 8260 EPA 8021
Xilenos (10)	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021
<b>Hidrocarburos poliaromáticos</b>				
Naftaleno	0,1	0,6	22	EPA 8260 EPA 8021 EPA 8270
Benzo(a) pireno	0,1	0,7	0,7	EPA 8270
<b>Hidrocarburos de Petróleo</b>				
Fracción de hidrocarburos F1 (11) (C6-C10)	200	200	500	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F2 (12) (>C10-C28)	1200	1200	5000	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F3 (13) (>C28-C40)	3000	3000	6000	EPA 8015
<b>Compuestos Organoclorados</b>				
Bifenilos policlorados - PCB (14)	0,5	1,3	33	EPA 8082 EPA 8270
Tetracloroetileno	0,1	0,2	0,5	EPA 8260
Tricloroetileno	0,01	0,01	0,01	EPA 8260
<b>NORGÁNICOS</b>				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total (15)	750	500	2 000	EPA 3050 EPA 3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Cromo total	**	400	1 000	EPA 3050 EPA 3051
Cromo VI	0,4	0,4	1,4	EPA 3060/ EPA 7199 ó DIN EN 15192(16)
Mercurio	6,6	6,6	24	EPA 7471 EPA 6020 ó 200.8
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 051
Cianuro Libre	0,9	0,9	8	EPA 9013 SEMWW- AWWA-WEF 4500 CN F o ASTM D7237 y/ó ISO 17690:2015

**Notas:**

- **[\*\*]** Este símbolo dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para el uso de suelo agrícola.
- **(1) Suelo:** Material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad.
- **(2) PS:** Peso seco.
- **(3) Suelo agrícola:** Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas.
- **(4) Suelo residencial/parques:** Suelo ocupado por la población para construir sus viviendas, incluyendo áreas verdes y espacios destinados a actividades de recreación y de esparcimiento.
- **(5) Suelo comercial:** Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla está relacionada con operaciones comerciales y de servicios.
- **(6) Suelo industrial/extractivo:** Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla abarca la extracción y/o aprovechamiento de recursos naturales (actividades mineras, hidrocarburos, entre otros) y/o, la elaboración, transformación o construcción de bienes.
- **(7) Métodos de ensayo estandarizados vigentes o métodos validados** y que cuenten con la acreditación nacional e internacional correspondiente, en el marco del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo de la *International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)*. Los métodos de ensayo deben contar con límites de cuantificación que estén por debajo del ECA
- **(8)** Para aquellos parámetros respecto de los cuales no se especifican los métodos de ensayo empleados para la determinación de las muestras, se deben utilizar métodos que cumplan con las condiciones señaladas en la nota (7).
- **(9) EPA:** Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (Environmental Protection Agency, por sus siglas en inglés).
- **(10)** Este parámetro comprende la suma de Xilenos: o-xileno, m-xileno y p-xileno. En el respectivo informe de ensayo se debe reportar la suma de los Xilenos, así como las concentraciones y límites de cuantificación de los tres (3) isómeros de manera individual.
- **(11) Fracción de hidrocarburos F1 o fracción ligera:** Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contienen entre seis y diez átomos de carbono (C6 a C10). Los hidrocarburos de fracción ligera deben analizarse en los siguientes productos: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, solventes, gasolinas, gas nafta, entre otros.
- **(12) Fracción de hidrocarburos F2 o fracción media:** Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contienen mayor a diez y hasta veintiocho átomos de carbono (>C10 a C28). Los hidrocarburos fracción media deben analizarse en los siguientes productos: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, gasóleo, diesel, turbosina, queroseno, mezcla de creosota, gasolvente, gasolinas, gas nafta, entre otros
- **(13) Fracción de hidrocarburos F3 o fracción pesada:** Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contienen mayor a veintiocho y hasta cuarenta átomos de carbono (>C28 a C40). Los hidrocarburos fracción pesada deben analizarse en los siguientes productos: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, parafinas, petrolatos, aceites del petróleo, entre otros.
- **(14)** Suma de siete PCB indicadores: PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153 y PCB 180.
- **(15)** De acuerdo con la metodología de Alberta Environment (2009): *Soil remediation guidelines for barite: environmental health and human health. ISBN No. 978-0-7785-7691-4*. En el caso de sitios con presencia de baritina se podrán aplicar los valores establecidos para *Bario total real* en la Tabla 1. Un sitio con presencia de baritina se determina cuando todas las muestras de suelo cumplen con los valores establecidos para *Bario extraíble*, de acuerdo con lo indicado en la tabla 1.

## ANEXO 4

Estándares de Calidad Ambiental para agua D.S 04-2017  
Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros Agua para riego no restringido (c)	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L		5	10
Bicarbonatos	mg/L		518	**
Cianuro Wad	mg/L		0,1	0,1
Cloruros	mg/L		500	**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co		100 (a)	100 (a)
Conductividad	( $\mu$ S/cm)		2 500	5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L		15	15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L		40	40
Detergentes (SAAM)	mg/L		0,2	0,5
Fenoles	mg/L		0,002	0,01
Fluoruros	mg/L		1	**
Nitratos (NO <sub>3</sub> --N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> --N)	mg/L		100	100
Nitritos (NO <sub>2</sub> --N)	mg/L		10	10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L		≥ 4	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH		6,5 – 8,5	6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L		1 000	1 000
Temperatura	°C		Δ 3	Δ 3
<b>INORGÁNICOS</b>				
Aluminio	mg/L		5	5
Arsénico	mg/L		0,1	0,2
Bario	mg/L		0,7	**
Berilio	mg/L		0,1	0,1
Boro	mg/L		1	5
Cadmio	mg/L		0,01	0,05
Cobre	mg/L		0,2	0,5
Cobalto	mg/L		0,05	1
Cromo Total	mg/L		0,1	1
Hierro	mg/L		5	**
Litio	mg/L		2,5	2,5
Magnesio	mg/L		**	250
Manganeso	mg/L		0,2	0,2
Mercurio	mg/L		0,001	0,01

Parámetros Agua para riego no restringido (c)	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
<b>ORGÁNICO</b>				
<b>Bifenilos Policlorados</b>				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04		0,045
<b>PLAGUICIDAS</b>				
Paratión	µg/L	35		35
<b>Organoclorados</b>				
Aldrín	µg/L	0,004		0,7
Clordano	µg/L	0,006		7
Dicloro Difeníl Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001		30
Dieldrín	µg/L	0,5		0,5
Endosulfán	µg/L	0,01		0,01
Endrin	µg/L	0,004		0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01		0,03
Lindano	µg/L	4		4
<b>Carbamato</b>				
Aldicarb	µg/L	1		11
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO</b>				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1000
Escherichia coli	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	1	**

Fuente: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Decreto Supremo 004-2017 MINAM.

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.


Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

**Nota 4:**


- El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

## ANEXO 5



Universidad Nacional del Altiplano  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**  
**LABORATORIO DE MONITOREO Y EVALUACION AMBIENTAL**



---

**INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO**  
**N° 034-LA136**

<b>ASUNTO:</b> Análisis de metales pesados (As, Mn, Fe, Pb, Cd, Zn, Cu) por Espectrofotómetro de Emisión Atómica por Plasma Microondas 4210 MP-AES <b>SOLICITANTE:</b> Elisberto Rey Villegas Lima <b>TELEFONO:</b> cel. 935926746	<b>CODIGO DE LABORATORIO:</b> L01LA136 <b>N° ORDEN:</b> LMEA – 4210 – MP – AES <b>FECHA DE MUESTRO:</b> 23/08/2022 <b>FECHA DE INGRESO:</b> 10/10/2022 <b>TIPO DE SERVICIO:</b> Único
--	---

---


**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA**

<b>EMPAQUE PRIMARIO:</b> Bolsa ziploc sellada <b>TIPO DE MUESTRA:</b> Suelo <b>DESCRIPCIÓN DEL SOLICITANTE:</b> Alto contenido de metales. <b>CANTIDAD DE MUESTRAS:</b> 03	<b>TEMPERATURA DEL RECIPIENTE:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Ambiente <input type="checkbox"/> Refrigeración <b>FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:</b> 10/10/2022
---	---

---

**I.- RESULTADO DE ANALISIS DE SUELO**


Código de muestra	ANALISIS	Cu	Zn	Cd	Fe	Mn	As	Pb	METODO DE ENSAYO
M_01	Suelo	0.06	0.10	0.25	9.83	0.19	<0.16	0.83	Método de ensayo por digestión multiacida -ICP-AES
M_02	Suelo	0.03	<0.09	0.07	1.58	0.03	<0.38	1.15	Método de ensayo por digestión multiacida -ICP-AES
M_03	Suelo	0.03	<0.02	0.10	1.29	0.04	<0.14	1.36	Método de ensayo por digestión multiacida -ICP-AES




M.Sc. FIDEL HUISA MAMANI  
 Jefe de Laboratorio de Monitoreo y Evaluación Ambiental de la FIM

*Los resultados corresponden solamente a las muestras analizadas en el laboratorio se prohíbe la reproducción parcial de este sin la aprobación escrita del laboratorio*

## ANEXO 6



Universidad Nacional del Altiplano  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**  
**LABORATORIO DE MONITOREO Y EVALUACION AMBIENTAL**



**INFORME DE ANÁLISIS DE AGUA**  
**N° 035-LA136**

---

<b>ASUNTO:</b> Análisis Físicoquímicos – con Multiparámetro de Campo HI9829	<b>CODIGO DE LABORATORIO:</b> L01LA136 <b>N° ORDEN:</b> LMEA – 4210 – MP – AES <b>FECHA DE MUESTREO:</b> 08/08/2022
<b>SOLICITANTE:</b> Elisberto Rey Villegas Lima	<b>FECHA DE INGRESO:</b> 15/08/2022 <b>TIPO DE SERVICIO:</b> Único
<b>TELEFONO:</b> cel. 935926746	

---

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA**

---

<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Agua	<b>FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:</b> 16/08/2022
<b>CANTIDAD DE MUESTRAS:</b> 03	

---

**I.- RESULTADO DE ANALISIS**

N°	ANALISIS	RESULTADOS (M_01)	RESULTADOS (M_02)	RESULTADOS (M_03)
01	DOPpm	3.61	3.81	4.03
02	pH	6.83	8.21	6.89
03	°C	18.65	18.91	18.90
04	PSI	9.254	9.267	9.269
05	µS/cm	96	62	25
06	TDS ppm	50	13	100
07	sal	0.00	0.00	0.00
08	ORP	7.2	14.9	38.6
09	DO%	62.4	66.1	69.7
10	pHmV	17.3	58.8	13.6



.....  
 M.Sc. FIDEL HUISA MAMANI  
 Jefe de Laboratorio de Monitoreo y Evaluación Ambiental de la FIM

*Los resultados corresponden solamente a las muestras analizadas en el laboratorio se prohíbe la reproducción parcial de este sin la aprobación escrita del laboratorio*

## ANEXO 7



"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

Tacna, 08 SEP 2022

**OFICIO N° 1863 -2022-300-700-EPS TACNA S.A.**

**SEÑOR:**  
**ELISBERTO REY VILLEGAS LIMA**  
**Calle 28 de Julio N°05**

**Ciudad.-**

**ASUNTO : ANALISIS FISICOQUIMICO DE AGUA DE REGADILLO DE MICROCUENCA DE HUAYÑUMA**

**REFERENCIA : HOJA DE TRAMITE N° 016764-301 SOLICITUD S/N**

Tengo el agrado de dirigirme a usted con la finalidad de saludarlo cordialmente y a la vez hacerle llegar la información solicitada respecto a la Calidad fisicoquímica de las muestras de agua proporcionadas por su persona proveniente de la **Microcuenca de Huayñuma-Huanuara, Candarave**.

El reporte de calidad indica que los parámetros analizados Arsénico, Boro y Magnesio se encuentran por encima de los límites máximos permisibles para el agua de consumo humano de acuerdo al DS N°031-2010-SA.

Adjunto:

✓ Certificado de Calidad Físicoquímica

Sin otro particular, hago propicia la ocasión para expresarle a Ud. mi especial consideración.

Atentamente,

**ING. JOSE SALINAS MEDINA**  
**GERENTE GENERAL (E)**  
**EPS TACNA S.A.**

C.c. / G. O / D. O / Archivo  
JSM/jsm/afv/ecv





**EPS TACNA S.A.**  
**GERENCIA DE OPERACIONES**  
**DIVISION DE OPERACIONES - LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**  
**ANALISIS QUIMICO DEL AGUA**

**SOLICITANTE:** Sr. Elisberto Rey Villegas Lima

**HOJA DE TRAMITE N°018764-301**

**PUNTO DE MUESTREO:** Especificado por el usuario

**TIPO DE MUESTRA:** LIQUIDA - AGUA

**PROCEDENCIA:** MICROCUENCA HUAYÑUMA-HUANUARA-CANDARAVE

**FECHA DE ANALISIS:** 29 de Agosto 2022

**HORA:** 09.00 hrs

ITEM	PARAMETRO	UNIDAD	NORMA CONSUMO HUMANO SUNASS	NORMA CONSUMO HUMANO DS 031-2010-SA MIN. SALUD	NORMA USO AGRARIO CATEG. N° 03 DS 002-2008-MINAM	MUESTRA TMCA	MUESTRA TMCH	MUESTRA TMVC
1	pH	und	6.5-8.5 (*)	6.5-8.5 (*)	6.5-8.5 (*)	8.21	8.60	8.16
2	TURBIDEZ	UNT	5	5	5	0.60	1.62	0.66
3	CONDUCTIVIDAD	us/cm	1500	1500	<2000	1063	1439	1546
4	MAGNESIO	mg/l Mg++	30		150	26	29	53
5	BORO	mg/l B		1.5	0.5 - 6	3.60	5.00	4.40
6	ARSENICO	mg/l As	0.050	0.010	0.1	0.942	1.110	1.120

**NOTA:** \* El pH y el Cloro Residual debe estar comprendido entre un rango mínimo y uno máximo.

\*\* El primer dato es el máximo admisible y el segundo dato es el máximo tolerable.

\*\*\* Si el agua es de origen geotermal se admite hasta un valor de 0.050 mg/l As.

Las EPS del Pais se encuentran en proceso de Adecuación Sanitaria DS N° 031-2010-SA

**COMENTARIO SOBRE AGUA:**

El agua presenta valores altos de metales Arsenico, Boro y Magnesio.

Tacna, 07 de Setiembre 2022



  
**BLGA-ERIKÁ CALDERON VASCONSUELO**  
 Especialista en Control de Calidad  
 CBP N° 8606



## ANEXO 8

## Precipitaciones medio anuales por estaciones climatológicas

Años	Cairani	Candarave	llabaya	Tacalaya	Umalso
1964	98,7	102,5	0,0	86,2	290,5
1965	38,3	98,9	6,4	9,5	274,8
1966	27,4	112,0	0,5	26,1	232,6
1967	9,,7	229,2	1,4	159,9	502,0
1968	115,3	186,5	2,8	112,2	371,1
1969	114,4	163,1	0,5	93,0	482,5
1970	40,7	311,2	0,0	47,5	734,6
1971	98,3	106,3	5,5	117,7	143,0
1972	187,6	218,4	10,0	170,4	598,6
1973	142,9	248,9	28,0	148,1	631,2
1974	189,6	211,5	16,5	180,3	723,0
1975	159,8	205,4	23,0	119,9	851,2
1976	183,7	113,3	22,2	143,6	696,1
1977	125,4	179,9	13,0	153,5	554,9
1978	53,7	117,7	0,0	43,7	313,8
1979	57,9	146,7	2,9	59,9	299,5
1980	10,8	74,4	0,2	31,5	142,3
1981	116,2	246,6	14,6	84,2	470,0
1982	96,7	155,7	9,4	42,2	237,9
1983	8,4	80,9	10,8	0,5	96,2
1984	175,6	365,6	2,3	134,1	396,3
1985	118,3	196,1	1,9	181,4	155,1
1986	172,2	208,7	30,4	244,7	172,3
1987	6,4	112,8	9,0	68,5	192,6
1988	53,9	74,1	1,0	88,1	273,7
1989	153,6	112,4	23,1	161,6	408,3
1990	133,4	83,7	2,7	14,3	188,3
1991	65,8	17,2	0,6	11,1	272,6
1992	40,7	81,5	22,3	9,9	43,8
1993	104,7	146,9	47,4	131,3	159,2
1994	122,7	247,6	1,3	96,9	282,4
1995	112,7	133,1	23,9	88,2	150,0
1996	46,7	75,7	4,6	45,0	249,9
1997	193,9	215,8	24,9	218,9	509,4
1998	81,3	146,6	17,7	118,6	292,0
1999	176,6	319,7	25,5	316,7	507,0
2000	187,5	292,9	21,0	174,2	450,0

## Precipitaciones medio anuales por estaciones climatológicas

Años	Cairani	Candarave	llabaya	Tacalaya	Umalso
2001	281,9	360,8	27,7	285,4	620,0
2002	102,8	192,5	19,4	102,7	716,3
2003	49,1	94,8	2,9	51,5	368,6
2004	114,5	130,5	8,5	69,2	439,6
2005	69,6	103,5	5,0	83,0	432,9
2006	92,3	178,0	6,5	104,3	507,9
2007	58,6	102,2	6,0	62,1	212,1
2008	121,5	124,4	20,5	105,4	242,5
2009	67,9	221,4	2,0	66,7	216,9
2010	30,9	54,8	0,0	23,0	294,4
2011	197,4	349,6	37,9	157,5	563,8
2012	290,2	467,5	49,0	208,8	396,2
2013	144,9	251,5	27,1	52,7	404,6
2014	41,3	96,4	2,6	21,6	213,6
2015	222,1	258,2	56,5	181,3	464,2
2016	56,9	110,2	9,2	64,6	311,3
2017	192,6	283,1	29,2	167,6	432,9
2018	69,2	133,8	6,1	61,0	252,3
2019	140,8	277,8	59,8	136,8	288,4

Fuente: SENAMHI-Tacna

## ANEXO 9

## BLOQUE DE RIEGO CALLAZAS – HUANOARA

Cultivo	Parámetro	Unid	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Cultivo	Et o	m m	127.7	108.4	113.9	102.6	89.7	77.5	85	99	117.2	136.6	137.5	138.5	1333.6
	Pe	m m	13.3	12.1	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25.8
Alfalfa	Kc	-	0.7	0.7	0.7	0.7	0.65	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.55	-
	RN(módulo)	m3/ ha	761	638	793	718	583	465	510	495	586	683	687	762	7681
	RB(módulo)	m3/ ha	2000	1675	2083	1887	1532	1222	1339	1300	1540	1795	1806	2001	20180
	Área	ha	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8
	Total	1000m 3	1093.5	916.1	1139.2	1031.9	837.9	668.2	732.3	710.9	842.2	981.3	987.4	1094.1	11034.9
Orégano	Kc	-	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	-
	RN(módulo)	m3/ ha	582	486	634	575	502	434	476	554	657	765	770	775	7210
	RB(módulo)	m3/ ha	1530	1277	1664	1510	1320	1140	1250	1456	1725	2010	2022	2037	18942
	Área	ha	57.2	57.2	57.2	57.2	57.2	57.2	57.2	57.2	57.2	57.2	57.2	57.2	57.2
	Total	1000m 3	87.6	73.1	95.3	86.4	75.5	65.3	71.5	83.3	98.7	115	115.7	116.6	1084
	Kc	-	0.8	1	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.45	-
Maíz	RN(módulo)	m3/ ha	889	963	679	0	0	0	0	0	0	0	0	623	3154
amiláceo	RB(módulo)	m3/ ha	2335	2530	1784	0	0	0	0	0	0	0	0	1637	8286
	Área	ha	6.4	6.4	6.4	0	0	0	0	0	0	0	0	6.4	6.4
	Total	1000m 3	14.8	16.1	11.3	0	0	0	0	0	0	0	0	10.4	52.7
Papa	Kc	-	1	1	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.75	-
	RN(módulo)	m3/ ha	1144	963	1021	0	0	0	0	0	0	0	687	1039	4854
	RB(módulo)	m3/ ha	3007	2530	2681	0	0	0	0	0	0	0	1806	2728	12752
	Área	ha	25.4	25.4	25.4	0	0	0	0	0	0	0	25.4	25.4	25.4
	Total	1000m 3	76.5	64.3	68.2	0	0	0	0	0	0	0	45.9	69.4	324.3
Haba	Kc	-	0.9	1	0.75	0	0	0	0	0	0	0.4	0.4	0.55	-
	RN(módulo)	m3/ ha	1017	963	850	0	0	0	0	0	0	546	550	762	4687
	RB(módulo)	m3/ ha	2671	2530	2233	0	0	0	0	0	0	1436	1445	2001	12314
	Área	ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	1000m 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	RB(módulo)	m3/ ha	2001	1682	2066	1851	1512	1214	1331	1315	1558	1815	1825	2030	20201
	Área	ha	635.8	635.8	635.8	604	604	604	604	604	604	604	629.5	635.8	
	Total	1000m 3	1272.4	1069.6	1314	1118.3	913.4	733.4	803.9	794.3	940.9	1096.3	1149.1	1290.5	12495.9

Fuente: Estudio de recursos hídricos de la cuenca del río Locumba

### BLOQUE DE RIEGO CHAULLANI – HUANUARA

	Parámetro	Unid	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Cultivo	Et o	m m	127.7	108.4	113.9	102.6	89.7	77.5	85	99	117.2	136.6	137.5	138.5	1333.6
	Pe	m m	13.3	12.1	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25.8
Alfalfa	Kc	-	0.7	0.7	0.7	0.7	0.65	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.55	-
	RN(módulo)	m3/ ha	761	638	793	718	583	465	510	495	586	683	687	762	7681
	RB(módulo)	m3/ ha	2000	1675	2083	1887	1532	1222	1339	1300	1540	1795	1806	2001	20180
	Área	ha	71.6	71.6	71.6	71.6	71.6	71.6	71.6	71.6	71.6	71.6	71.6	71.6	71.6
	Total	1000m <sup>3</sup>	143.2	120	149.2	135.1	109.7	87.5	95.9	93.1	110.3	128.5	129.3	143.3	1445
Orégano	Kc	-	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	-
	RN(módulo)	m3/ ha	582	486	634	575	502	434	476	554	657	765	770	775	7210
	RB(módulo)	m3/ ha	1530	1277	1664	1510	1320	1140	1250	1456	1725	2010	2022	2037	18942
	Área	ha	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
	Total	1000m <sup>3</sup>	11.5	9.6	12.5	11.3	9.9	8.5	9.4	10.9	12.9	15.1	15.2	15.3	141.9
Maíz amiláceo	Kc	-	0.8	1	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.45	-
	RN(módulo)	m3/ ha	889	963	679	0	0	0	0	0	0	0	0	623	3154
	RB(módulo)	m3/ ha	2335	2530	1784	0	0	0	0	0	0	0	0	1637	8286
	Área	ha	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0.8
	Total	1000m <sup>3</sup>	1.9	2.1	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1.4	6.9
Papa	Kc	-	1	1	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.75	-
	RN(módulo)	m3/ ha	1144	963	1021	0	0	0	0	0	0	0	687	1039	4854
	RB(módulo)	m3/ ha	3007	2530	2681	0	0	0	0	0	0	0	1806	2728	12752
	Área	ha	3.3	3.3	3.3	0	0	0	0	0	0	0	3.3	3.3	3.3
	Total	1000m <sup>3</sup>	10	8.4	8.9	0	0	0	0	0	0	0	6	9.1	42.5
Haba	Kc	-	0.9	1	0.75	0	0	0	0	0	0	0.4	0.4	0.55	-
	RN(módulo)	m3/ ha	1017	963	850	0	0	0	0	0	0	546	550	762	4687
	RB(módulo)	m3/ ha	2671	2530	2233	0	0	0	0	0	0	1436	1445	2001	12314
	Área	ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	1000m <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	RB(módulo)	m3/ ha	2001	1682	2066	1851	1512	1214	1331	1315	1558	1815	1825	2030	20201
	Área	ha	83.3	83.3	83.3	79.1	79.1	79.1	79.1	79.1	79.1	79.1	82.4	83.3	
	Total	1000m <sup>3</sup>	166.6	140.1	172.1	146.4	119.6	96	105.3	104	123.2	143.6	150.5	169	1636.3

Fuente: Estudio de recursos hídricos de la cuenca del río Locumba

### BLOQUE DE RIEGO HUANUARA (MANANTIALES)

Cultivo	Parámetro	Unid	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Cultivo	Et o	m m	127.7	108.4	113.9	102.6	89.7	77.5	85	99	117.2	136.6	137.5	138.5	1333.6
	Pe	m m	13.3	12.1	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25.8
	Kc	-	0.7	0.7	0.7	0.7	0.65	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.55	-
Alfalfa	RN(módulo)	m3/ ha	761	638	793	718	583	465	510	495	586	683	687	762	7681
	RB(módulo)	m3/ ha	2000	1675	2083	1887	1532	1222	1339	1300	1540	1795	1806	2001	20180
	Área	ha	152.6	152.6	152.6	152.6	152.6	152.6	152.6	152.6	152.6	152.6	152.6	152.6	152.6
	Total	1000m <sup>3</sup>	305.2	255.7	317.9	288	233.8	186.5	204.4	198.4	235	273.9	275.6	305.4	3079.8
	Kc	-	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
Orégano	RN(módulo)	m3/ ha	582	486	634	575	502	434	476	554	657	765	770	775	7210
	RB(módulo)	m3/ ha	1530	1277	1664	1510	1320	1140	1250	1456	1725	2010	2022	2037	18942
	Área	ha	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
	Total	1000m <sup>3</sup>	24.4	20.4	26.6	24.1	21.1	18.2	20	23.3	27.5	32.1	32.3	32.5	302.5
Maíz	Kc	-	0.8	1	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.45	-
amiláceo	RN(módulo)	m3/ ha	889	963	679	0	0	0	0	0	0	0	0	623	3154
	RB(módulo)	m3/ ha	2335	2530	1784	0	0	0	0	0	0	0	0	1637	8286
	Área	ha	1.8	1.8	1.8	0	0	0	0	0	0	0	0	1.8	1.8
	Total	1000m <sup>3</sup>	4.1	4.5	3.2	0	0	0	0	0	0	0	0	2.9	14.7
Papa	Kc	-	1	1	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.75	-
	RN(módulo)	m3/ ha	1144	963	1021	0	0	0	0	0	0	0	687	1039	4854
	RB(módulo)	m3/ ha	3007	2530	2681	0	0	0	0	0	0	0	1806	2728	12752
	Área	ha	7.1	7.1	7.1	0	0	0	0	0	0	0	7.1	7.1	7.1
Haba	Total	1000m <sup>3</sup>	21.3	18	19	0	0	0	0	0	0	0	12.8	19.4	90.5
	Kc	-	0.9	1	0.75	0	0	0	0	0	0	0.4	0.4	0.55	-
	RN(módulo)	m3/ ha	1017	963	850	0	0	0	0	0	0	546	550	762	4687
	RB(módulo)	m3/ ha	2671	2530	2233	0	0	0	0	0	0	1436	1445	2001	12314
	Área	ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	1000m <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	RB(módulo)	m3/ ha	2001	1682	2066	1851	1512	1214	1331	1315	1558	1815	1825	2030	20201
	Área	ha	177.5	177.5	177.5	168.6	168.6	168.6	168.6	168.6	168.6	168.6	175.7	177.5	
	Total	1000m <sup>3</sup>	355.1	298.5	366.7	311	254.9	204.7	224.4	221.7	262.6	306	320.7	360.2	3487.6

Fuente: Estudio de recursos hídricos de la cuenca del río Locumba.

## ANEXO 10

## VISTAS DE LA COMUNIDAD DE HUANUARA



**Vista panorámica:** Infraestructura hidráulica, bocatoma Coranchay – río Callazas – a 3900 msnm. Se capturaron un promedio de 1150 L/S. de agua para riego por gravedad, en los distritos de Cairani, Candarave, Huanuara y Quilahuani.



**Vista panorámica:** Infraestructura hidráulica, repartidor Marisol, a 3800 msnm. Distribución de agua para riego a los distritos de Candarave, Cairani, Huanuara y Quilahuani de la provincia de Candarave.



**Vista panorámica:** La ganadería, crianza de ovinos, con manejo semi extensivo en la comunidad de Huanuara, en proceso de merma continua, desde 1964 a 2020 ha disminuido en 85 %, debido a deficiente recurso hídrico en cantidad y calidad.



**Vista panorámica:** La ganadería de bovinos, para producción de leche, en proceso de rotación a otro potrero o parcela de cultivo de alfalfa (forraje), y ganadero con su vestimenta típica de la comunidad de Huanuara.



**Vista panorámica:** La agricultura, el cultivo de orégano con certificación orgánica, producida en base a agua de manantial de la microcuenca, con riego por gravedad en surcos, su producción es dos campañas al año. La venta es para la exportación.



**Vista panorámica:** Parte de la biodiversidad, la flora y fauna en zonas alta de la microcuenca Huayñuma. En esta zona agroecológica, existen vizcachas, zorros, venados y especies vegetales de tipo arbustivas y pasto natural, propios de la zona alto andina.



**Vista panorámica:** La geografía de la zona baja de la comunidad y el cultivo de la alfalfa en sistema de andenes, para la alimentación del ganado vacuno de producción de leche.



**Vista panorámica:** Conservación y manejo de suelos y agua en sistema de andenería, con prácticas agronómicas (rotación de cultivos) y prácticas mecánicas estructurales (acequias, reservorios y otros).



**Vista panorámica:** Zona agroecología intermedia de la microcuenca Huayñuma, y el pueblo de Huanuara, (capital del distrito), y sistema de andenes con cultivos de orégano, alfalfa y otros cultivos.



**Vista panorámica:** Sistema de andenes pre incas con valor ecosistémico, en situación de abandono por falta de agua. En toda la microcuenca de Huayñuma, existen un promedio de 300 hectáreas, la que debe ser restaurada para la producción agrícola y puesta en valor.



**Vista panorámica:** Infraestructura de riego, reservorio utilizado para almacenar agua por las noches y para el riego por gravedad durante el día, con el propósito de lograr la eficiencia del riego.



**Vista panorámica:** Labores culturales agrícolas, siembra de papas en surco en sistema de andenes.



**Vista panorámica:** Cultivo de maíz en zona baja del pueblo de Huanuara, con aguas de manantiales de la microcuenca de Huayñuma, aplicando las buenas prácticas agronómicas.



**Vista panorámica:** El paisaje y otros componentes de la microcuenca Huayñuma, (suelo, clima, temperatura etc.) con vista al fondo del volcán Yucamani, sin nevado por efectos del calentamiento global y en la parte media el pueblo de Huanuara al pie del cerro Cahuallune, en su entorno observamos el sistema de andenería con cultivos y zonas sin cultivos por falta de agua.