

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**ESTUDIO DEL EFECTO DE CONTAMINACIÓN DE LOS  
PRODUCTOS AGRÍCOLAS IRRIGADOS CON AGUAS DE LA  
SUBCUENCA DEL RIO HUATANAY,  
CUSCO – PERÚ**

Tesis presentada por los Bachilleres en Ciencias Agrarias, **PEÑA QUISPE, Gabriela;**  
**YABARRENA USCAMAYTA, Luis Antonio** para optar al Título Profesional de Ingeniero Agrónomo.

Asesor: **Dr. Carlos Jesús Baca García**

**CUSCO – PERÚ**

**2019**

## DEDICATORIAS

*Dedico:*

**A mis padres:** Pablo Peña Since y Simona Quispe Pacco, que siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económica para poder llegar a ser un profesional de la patria.

**A mis hermanos** y demás familia en general por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada año de mi carrera universitaria.

**A todos mis Docentes de la Escuela Profesional de Agronomía,** Por haber contribuido con su apoyo y motivación en nuestra formación profesional durante todo el periodo de estudio.

**A mis amigos,** que con el transcurso del pasar de los días nuestra amistad se afianzo más. Gracias por formar parte de mi vida.

**Gabriela Peña Quispe**

## DEDICATORIAS

A mis padres **GERMAN YABARRENA HUAMÁN** y **FLORA USCAMAYTA DURAN** quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por enseñarme, el ejemplo de esfuerzo, valentía y superación, a no temer las adversidades y confiar en uno mismo.

A mi hermano **GERMAN YABARRENA USCAMAYTA** por el apoyo incondicional durante todo este proceso. A toda mi familia, porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento, hicieron de mí una mejor persona.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todos mis amigos y compañeros, por apoyarme cuando más necesitaba y extender su mano en los momentos difíciles.

**Luis Antonio Yabarrena Uscamayta**

## **AGRADECIMIENTOS**

Dios, tu amor y tu bondad no tienen fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son el resultado de tu ayuda, este trabajo de tesis ha sido una gran bendición en todo sentido y te lo agradezco padre, es gracias a ti que esta meta está cumplida.

Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas, gracias por cada consejo y por cada una de sus palabras que me guiaron durante mi vida.

Gracias a mi universidad, por haberme permitido formarme en ella, gracias a todas las personas que fueron participes de este proceso, todos ustedes aportaron su granito de arena que el día de hoy se vería reflejado en la culminación de mi paso por la universidad.

Este es un momento muy especial que espero perdure en el tiempo, no solo en la mente de las personas a quienes agradecí, sino también a quienes invirtieron su tiempo para echarle una mirada a mi proyecto de tesis; a ellos asimismo les agradezco con todo mi ser.

**Gabriela Peña Quispe**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradecer a la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, a la Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Agronomía por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A mis docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias, en especial al Mgt. Guido Vicente Huamán Miranda y al Dr. Domingo Gonzales Gallegos, por ayudarme a mejorar el trabajo de investigación y permitir que concluya con una etapa de mi vida.

A mis padres, a hermano y a toda mi familia, por apoyarme siempre, por ser el impulso y el soporte a lo largo de mi vida académica. Por darme un hogar y formarme en base a valores sólidos que perdurarán conmigo.

Al asesor de tesis, Dr. Carlos Jesús Baca García, por su esfuerzo y dedicación, que, con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia, su motivación, su rectitud en su profesión como docente y sus consejos, me ayudó a formarme como persona, profesional e investigador.

A mis grandes amigos y compañeros de la bonita facultad de Ciencias Agrarias.

Finalmente, a todos aquellos que de cualquier forma colaboraron en la realización del presente trabajo de investigación.

**Luis Antonio Yabarrena Uscamayta**

## CONTENIDO

	Pág.
<b>Dedicatorias</b>	i
<b>Agradecimientos</b>	iii
<b>Contenido</b>	v
<b>Resumen</b>	vi
<b>Introducción</b>	viii
<b>I. Problema objeto de estudio</b>	1
<b>II. Objetivos y justificación</b>	3
<b>III. Hipótesis</b>	6
<b>IV. Revisión bibliográfica</b>	7
4.1. La problemática de las aguas residuales	7
4.2 El uso de agua residual	8
4.3 Efectos de contaminación por metales pesados	9
4.4 Agua residual en la sub cuenca del rio Huatanay	25
4.5 Clima	31
4.6 Ecología	32
4.7 Riego Y Drenaje En La Sub Cuenca Del Rio Huatanay	33
4.8 Uso Actual Del Suelo	35
<b>V. Diseño de la investigación</b>	37
5.1 Generalidades	37
5.2 Materiales	45
5.3 Metodología	46
<b>VI. Resultados y Discusión</b>	54
<b>VII. Conclusiones</b>	81
<b>VIII. Sugerencias</b>	83
<b>IX. Bibliografía</b>	84
<b>Anexos</b>	90

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación intitulado “Estudio del efecto de contaminación de cultivos agrícolas irrigados con aguas de la sub cuenca del río Huatanay – Cusco”, se desarrolló en el periodo de diciembre del 2016 hasta enero de 2018, en la sub cuenca del Rio Huatanay, específicamente en los distritos de Saylla, provincia del Cusco, Oropesa y Lucre, provincia de Quispicanchi, región Cusco.

Está enfocado principalmente en determinar la presencia de metales pesados (Hg, As, Cr, Ni, Pb, Zn) en los suelos irrigados con aguas del río Huatanay, que puedan ser perjudiciales en altas concentraciones para la producción agrícola, consumo humano y el medio ambiente. Debido a que, los metales pesados no son biodegradables, esto quiere decir que no son asimilados, siendo así acumulados.

El estudio se realizó en los terrenos agrícolas de la sub cuenca de río Huatanay, durando más de un año, se empezó con la identificación del área de estudio, georreferenciación y medición de las parcelas irrigadas con aguas del río Huatanay, la toma de muestras de suelo y de agua para el análisis respectivo en cuanto a presencia de metales pesados (Hg, As, Cr, Ni, Pb, Zn), y por último realizar las encuestas para determinar la cédula de cultivo y el destino de la producción de las parcelas irrigadas con aguas del río Huatanay.

Las concentraciones medias de los seis metales pesados evaluados, se encontraron dentro del rango normal de concentración en los suelos agrícolas. Todas las concentraciones de los seis metales pesados analizados en aguas del río Huatanay, se encontraron dentro de los rangos permisibles, resultando no

significativo, esto quiere decir que los cultivos irrigados con aguas de la subcuenca del río Huatanay no están contaminados por presencia de metales pesados.

## INTRODUCCIÓN

La degradación del medio ambiente y sus riesgos son realidades percibidas por sectores sociales cada vez más amplios, lo que ha llevado a que se presente una mayor atención con objeto de eliminarlos o atenuarlos según las posibilidades de cada caso.

El desarrollo económico suele implicar la necesidad de disponer de recursos hídricos adicionales para poder llevar a cabo las actividades industriales o agrícolas, Además, este desarrollo conlleva habitualmente un aumento de población, lo que aún incrementa más la demanda de agua. En muchos lugares de clima árido o semiárido esta escasez de recursos hídricos ocasiona una disminución de la calidad del agua, incluso en lugares con lluvia suficiente la acumulación de la demanda en el tiempo y en el espacio crea deficiencias, y genera repercusiones sociales al respecto del destino de los recursos disponibles y su afectación al medio ambiente. **(Cuenca R.M., 2015).**

Actualmente, a nivel mundial la reutilización de aguas residuales, principalmente para los sectores industriales y agrícolas, se extiende a la par de la demanda de más y mejores productos alimenticios de origen animal y vegetal. **(Mara D. y Cairncross S., 1990)**

En lugares donde se ha utilizado agua residual para el riego agrícola, se reporta una tendencia creciente en las concentraciones de metales pesados. Existe una amplia investigación sobre el riesgo de los metales pesados en la salud y el ambiente. **(García J. C. et al. 2000).**

En este sentido, los sistemas de producción agrícola constituyen una fuente importante no puntual de contaminantes tipo metales pesados, y a su vez facilita la acumulación de éstos en el suelo y/o la transferencia en la cadena suelo - planta – consumidor, principalmente en regiones donde estos procesos se realizan de manera intensiva y sin periodos de descanso ni rotación de cultivos **(Kabata Pendias A., 2004)**

Las aguas del río Huatanay son utilizadas para riego de cultivos, en los sectores de Condebamba, Saylla, Huasao, Tipón, Oropesa, Togobamba en mayor escala y en áreas más pequeñas a partir de Huacarpay hasta la unión con el río Vilcanota, para trasladar el agua del río hacia las áreas de cultivo los agricultores utilizan motobombas y canales de riego. Por la calidad del agua no son aptas para el riego de vegetales, debido a la alta cantidad de coliformes fecales. **(Calvo, Polo, 2017).**

Debido a la problemática que representa la contaminación de los suelos agrícolas irrigados con aguas residuales del río Huatanay, además por la poca información que se tiene a cerca de la contaminación de metales pesados (Hg, As, Cr, Ni, Pb, Zn) y el crecimiento de las industrias, se realizó este trabajo, para determinar el contenido de metales pesados en los suelos agrícolas de los distritos de Saylla y Oropesa irrigados con aguas del río Huatanay.

## I.- PROBLEMA OBJETO DE ESTUDIO

Millones de personas en todo el mundo practican la agricultura en las ciudades y en sus alrededores como estrategia de los pobladores para enfrentar la pobreza urbana y la inseguridad alimentaria, sin embargo, el desbalance entre el recurso hídrico y el crecimiento explosivo de las grandes ciudades, ha obligado a priorizar el uso de aguas superficiales para abastecimiento poblacional y el uso agrícola.

Las áreas agrícolas debido a la expansión urbana, se han visto afectadas en el abastecimiento del agua con fines de riego. Al suprimirse las líneas de conducción, induciendo al uso de aguas residuales urbanas para el riego de áreas ubicadas aguas debajo de las desembocaduras.

A nivel mundial China es el país que más agua residual emplea para fines de riego de grandes extensiones agrícolas, a nivel de Latino América, México riega aproximadamente 350 000 ha con agua residual, donde se cultivan especies vegetales de consumo humano. **(Mara. D, Cairncross S, 1990)**

Asimismo, se sabe que, con el surgimiento de la industrialización, el crecimiento poblacional y el aumento del parque automotor, se ha incrementado la contaminación debido al uso de combustibles fósiles, pinturas, fertilizantes, residuos sólidos, sustancias químicas y otros artículos que contienen metales pesados.

Las aguas residuales son el resultado de la acumulación de agua procedente de desechos doméstico, uso industrial, usos recreacionales y otros, los cuales tienen altos niveles de contaminación biológica, por metales pesados y otros

químicos, haciendo de está un recurso no apto para el riego de cultivos, especialmente tubérculos, raíces y hortalizas.

Según **García J.C., 2000**. Los metales pesados que ingresan en pequeñas cantidades en los suelos encuentran lugares específicos de adsorción donde son retenidos fuertemente en los coloides orgánicos e inorgánicos.

Adiciones continuas de metales pesados pueden acumularse en los suelos hasta alcanzar niveles tóxicos para el crecimiento de las plantas (**Chang A. C., 1992**). Los suelos arenosos contienen menores concentraciones de metales pesados que los suelos arcillosos (**Robles, P. C., 1992**).

Por su parte, el río Huatanay reporta un número de coliformes fecales y totales por encima de los niveles máximos permisibles (con tasas superiores a los 1100/100 ml). Junto a ello, en relación a los residuos sólidos, en la ciudad del Cusco se ha calculado que cada habitante produce 0.7 Kg. de residuos sólidos, dando un total general de más de 200 TM/día. De todo esto, solo se recolecta alrededor del 70%, quedando un 30 % que se arroja al cauce de los ríos y a las vías públicas. Esto contribuye, claramente, a la contaminación de la sub cuenca del río Huatanay (**IMA, 2002**)

Es por eso que, dado el incremento de la población en sus riberas, el creciente grado de industrialización, el aumento del parque automotor de la ciudad del Cusco, y otros factores contaminantes, es de suma importancia saber en qué medida se encuentran los metales pesados (Hg, As, Cr, Ni, Pb, Zn) en los suelos agrícolas que son irrigados con aguas del río Huatanay, para contar con datos reales y así poder generar diversos estudios que sean de beneficio para la población.

## **II.- OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Establecer la concentración de metales pesados (Hg, As, Cr, Ni, Pb, Zn) en suelos agrícolas, irrigados con aguas servidas del río Huatanay en los distritos de Saylla – Cusco, Oropesa, Lucre – Quispicanchi.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 2.1.1 Estimar el área agrícola irrigada con aguas del río Huatanay y la cédula de cultivo.
- 2.1.2 Determinar la concentración de metales pesados (Hg, As, Cr, Ni, Pb, Zn), propiedades y características edáficas en suelos agrícolas irrigados con aguas servidas del río Huatanay, mediante el análisis de los suelos.
- 2.1.3 Analizar la concentración metales pesados (Hg, As, Cr, Ni, Pb, Zn) en las aguas del río Huatanay.
- 2.1.4 Determinar el destino de la producción agrícola de los cultivos irrigados con aguas de la Subcuenca del Huatanay.

### 2.3. JUSTIFICACIÓN

Las aguas residuales contienen concentraciones importantes de contaminantes orgánicos e inorgánicos entre ellos, bacterias, coliformes, residuos orgánicos, minerales, metales pesados y otros compuestos tóxicos. **(De Esparza. M. L. y De Zumaeta. M, 1990).**

En el Perú, actualmente, de acuerdo al volumen de vertimiento anual registrado en el Programa de Adecuación de Vertimientos y Reúso de Aguas Residuales (PAVER) que existe en la Autoridad Nacional del Agua, alrededor de 54 m<sup>3</sup>/s de agua residual sin tratamiento, es entregado a fuentes superficiales y aproximadamente 4 000 hectáreas de tierras agrícolas son regadas con aguas residuales. **(ANA, 2009)**

Entre los contaminantes introducidos a los suelos a través del riego con agua residual, los metales pesados ocupan un papel importante, ya que tienden a acumularse en los suelos a largo plazo y su remoción de los mismos es prácticamente imposible. **(Jiménez C. et al, 2005)**

El río Huatanay es el único colector de las aguas servidas de la ciudad del Cusco, donde discurren residuos químicos, fecales, residuos de combustibles fósiles, insecticidas, residuos industriales y otros que contienen metales pesados.

En ese sentido, los metales pesados contribuyen fuertemente a la contaminación ambiental debido a que no son bio-degradables, no son termo-degradables, generalmente no percola a las capas inferiores de los suelos y

pueden acumularse sutilmente a concentraciones tóxicas para las plantas y animales (**García J.C. et al, 2000**).

Con el uso continuo y discriminado de estas aguas se puede conducir a la acumulación excesiva de estos contaminantes en el suelo, que lo van deteriorando de forma temporal o definitiva modificando sus propiedades físicas y químicas que finalmente afectan negativamente a los cultivos y plantas de interés económico de consumo (**Cisneros E. X. et al, 1996**).

Por esta razón, el presente trabajo de investigación se plantea determinar la incidencia de metales pesados (Hg, As, Cr, Ni, Pb, Zn) en los suelos agrícolas irrigados con aguas del río Huatanay.

### **III.- HIPÓTESIS**

#### **3.1.- Hipótesis General**

Con el uso incontrolado de aguas residuales para el riego agrícola en la subcuenca del río Huatanay, los metales pesados se han ido acumulando en el suelo, por tanto, se encuentran biodisponibles para las plantas cultivadas en la zona de riego, siendo así perjudiciales para la salud humana.

#### **3.2.- Hipótesis Específica**

- 2.1 Si se estima el área agrícola irrigada con aguas del río Huatanay y la cédula de cultivos, se tendrá información de la cantidad de alimentos que se produce en el lugar.
- 2.2 Determinar la presencia de los metales pesados (Hg, As, Cr, Ni, Pb, Zn) en suelos agrícolas irrigados con aguas servidas del río Huatanay, nos permitirá advertir sobre su posible pérdida si se continúa irrigando con esta fuente.
- 2.3 Al cuantificar la concentración de metales pesados (Hg, As, Cr, Ni, Pb, Zn) en las aguas del río Huatanay, se conocerá su calidad.
- 2.4 Al determinar el destino de la producción agrícola se advertirá a los consumidores la procedencia del producto.

## IV.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 4.1.- LA PROBLEMÁTICA DE LAS AGUAS RESIDUALES

#### 4.1.1.- AGUA RESIDUAL

El principal problema del uso de aguas residuales para riego agrícola, son las elevadas cantidades de elementos contaminantes que contiene y que son depositadas en los terrenos de cultivo incrementando su concentración natural de 3 a 6 veces con respecto a lo que ocurre en suelos donde no se emplean aguas residuales para riego. **(Jiménez C. et al, 2005).**

El uso de efluentes provenientes de zonas urbanas para fines de riego en la agricultura, es una práctica que se incrementa cada día en particular en países subdesarrollados, en zonas áridas y semiáridas, así como en zonas con crecimiento demográfico constante en donde presenta mayor explotación de recursos y generación de residuos **(Hernández, G. et al, 1994).**

Estas aguas también son una importante fuente de patógenos y sustancias químicas como metales pesados y residuos orgánicos con baja tasa de degradación que constituyen un riesgo para la salud de los agricultores y consumidores de los productos agrícolas **(Cifuentes, E, H. et al, 1993).**

El suelo, al ser un depurador biológico, se convierte en un factor importante para el tratamiento de aguas residuales para uso agrícola y se constituye como una planta tratadora natural eficiente, permitiendo que después de ser utilizadas lleguen a las cuencas principales en condiciones menos contaminadas. **(Robles, P. C, 1992).**

## 4.2.- EL USO DEL AGUA RESIDUAL

### 4.2.1.- EL AGUA RESIDUAL Y LA AGRICULTURA

La agricultura moderna depende principalmente de la aplicación de cuatro tecnologías para la producción agrícola, u que deben emplearse de manera adecuada: la mecanización, la irrigación, la fertilización y el control de plagas y enfermedades (**Vizcaino-Murray F., 1975**).

La generación de aguas residuales en nuestro país, producto de las actividades domésticas, industriales, agrícolas, han generado un impacto negativo sobre el medio ambiente ya que en estas aguas van incluidas sustancias tóxicas que afectan la flora y fauna de la región donde son utilizadas. Es un importante medio de dispersión de elementos patógenos y organismos que causan la eutrofización de ríos y lagos, incorporan sustancias indeseables a las aguas subterráneas y en las actividades agropecuarias, contaminan a las plantas y animales a través de diferentes rutas en la cadena alimenticia y que, por lo tanto, repercuten en el hombre. (**Cifuentes, E. H. et al, 1993**).

Con esta inadecuada utilización de aguas residuales para uso agrícola, la CNA (2003) estima las siguientes cifras para México:

El 10% de los suelos mexicanos sufren salinización a causa del riego por inundación.

La contaminación agrícola, genera 10.65 Km<sup>3</sup> de aguas residuales al año, lo que representa el 62% de las aguas residuales nacional.

La industria mexicana genera 2 Km<sup>2</sup> de aguas residuales al año, solo el 8% recibe tratamiento.

### **4.3.- EFECTOS DE CONTAMINACION POR METALES PESADOS**

#### **4.3.1.- LOS METALES PESADOS**

Se consideran como metales pesados a aquellos elementos cuya densidad es igual o superior a  $5\text{g/cm}^{-3}$ , cuando está en forma elemental; y en la tabla periódica son aquellos que tienen densidades mayores al del hierro y su número atómico es superior a 20, excluyendo a los metales alcalinos y alcalino- térreos **(Torral Ferrero. Y., 1996)**.

Su presencia en la corteza terrestre, como componentes naturales del suelo es inferior al 0.1% (Bowie y Thornton, 1985), la mayoría de los elementos solo están presentes en concentraciones mínimas de toxicidad y pocos son los que se requieren para los procesos fisiológicos de planta y animales **(Mortvedent, J. J., 1983)**.

Los metales pesados, son parte fundamental de las actividades antropogénicas provenientes de desechos domésticos, agrícolas e industriales, los cuales son peligrosos para la biodiversidad, el hombre y el deterioro ambiental en general. Bajo este escenario los sedimentos, uno de los principales reservorios de estos elementos, actúan como recursos secundarios de contaminación en el medio ambiente marino **(McGrath, D. et al, 1999)**.

#### **4.3.1.1.- METALES PESADOS Y SU EFECTO CONTAMINANTE**

Los metales pesados, potencialmente son contaminantes devastadores ya que contaminan el aire, el agua. El suelo y las plantas cuando se absorbe en altas concentraciones o se depositan en el suelo; en conjunto esta contaminación afecta a los demás eslabones de las cadenas tróficas; desde el punto de vista

biológico, se distinguen dos grandes grupos, aquellos que no presentan una función biológica conocida y los que tienen la consideración de oligoelementos o micronutrientes. **(Chang, A. C. et al, 1992).**

Los oligoelementos o micronutrientes se requieren en pequeñas cantidades, o cantidades traza, por las plantas y animales; todos aquellos son necesarios para que los organismos completen su ciclo vital pero al superar cierto umbral, se vuelven tóxicos **(McGrath, D. et al, 1999).**

En la mayoría de los suelos agrícolas, existen pequeñas cantidades de boro, cobre, zinc, manganeso, molibdeno, cadmio, etc., elementos que en concentraciones normales favorecen el crecimiento de las plantas principalmente en sus estadios tempranos, por lo que la aplicación por vía fertilizantes o abonos químicos es cada día una práctica importante que se lleva a cabo en zonas agrícolas del mundo. Por lo anterior, en los últimos años muchos investigadores se han dado a la tarea de determinar la importancia de los microelementos para el desarrollo de las plantas. **(Chang, A. C. et al, 1992).**

Dentro de este grupo están: As, B, Co, Cr, Mo, Ni, Se, Zn, entre otros, todos ellos son componentes naturales de varios suelos ya que su procedencia está relacionada con la composición del material original. **(Bowie, S. H. U.; Thornton, I., 1985)**

Cuadro 01-.Valores para suelos considerados normales y los afectados por anomalías geoquímicas (Bowie, S. H. U.; Thornton, I., 1985).

Elemento	Rango "normal" mg.kg <sup>-1</sup>	Valores normalmente elevados mg.kg <sup>-1</sup>
As	<5 – 40	>2500
Ni	2 – 100	>8000
Pb	10 – 150	10000
Zn	25 – 100	10000

Fuente: **Bowie, S. H. U.; Thornton, I., 1985).**

Existe una contaminación por metales pesado cuando el contenido de estos en el suelo excede considerablemente, los valores habituales. Estas anomalías geoquímicas pueden alcanzar valores que causan un grave peligro para las plantas y animales que habitan el suelo y para los consumidores de esta vegetación que se inicia en los herbívoros (**Kevin, C., Michael L., 2001**).

#### 4.3.1.1.1.- FUENTES DE PRODUCCIÓN DE LOS METALES PESADOS

Los metales pesados, se encuentran de forma natural en la corteza terrestre contenidos en las rocas; el intemperismo y las actividades del hombre son los responsables del incremento o disminución de los niveles normales, por ejemplo, con la utilización de aguas residuales, fertilizantes y mejoradores químicos. En el suelo se producen diversas reacciones que determinan su velocidad y tiempo de resistencia relacionadas con su ciclo biogeoquímico. (**García J.C et al., 2000**).

La causa principal del aumento de metales pesados en el suelo radica en las actividades industriales, (**Kabata Pedias A., 1984**) estimaron que las

concentraciones de metales contaminantes no han llegado a su nivel máximo y que incrementan progresivamente con el paso del tiempo por las actividades industriales y de agricultura moderna.

Existe una dependencia marcada entre las actividades humanas y el uso de compuestos químicos que generan el aumento de metales contaminantes. **Page et al., (1981)**, establece algunos límites de emisiones de metales en forma natural o por actividad humana y que causan alteraciones tanto al agua, aire y suelo.

*Cuadro 02.-Emisiones naturales de metales pesados. (Page et al, 1981).*

<b>Emisión</b>	<b>Periodo</b>	<b>Cobre (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>Níquel (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>Plomo (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>Zinc (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>
<b>Natural</b>	Anual	18	26	24	44
<b>Antropogénica</b>	Anual	56	47	450	310
<b>Antropogénica</b>	Total	2186	1000	19600	14000
<b>Uso Total</b>		307000	17000	241000	250000

*Fuente: Page et al, 1981.*

Los márgenes de variabilidad de diferentes elementos en suelos que no presentan problemas de toxicidad para las plantas.

#### **4.3.1.2.- CONTAMINACIÓN DEL SUELO**

Los metales pesados participan en varios procesos desde que son incorporados en el suelo principalmente por actividades antropogénicas se puede incorporar al ciclo del agua o acumularse en tejidos vegetales o en el suelo por el resultado de diversas transformaciones químicas, vía proceso de

adsorción, solubilización, precipitación y cambios en el estado de oxidación. **(García J.C et al., 2000).**

Para **González, J et al, 2000**, las características físico-químicas del suelo, son un factor importante para la concentración y disposición de estos, tanto para las plantas como para los animales, por lo que es imposible establecer un patrón de bioacumulación y captación de metales pesados.

#### **4.3.1.2.1.- MOVILIDAD DE LOS METALES PESADOS EN EL SUELO**

La movilización de los metales pesados en el ambiente, suelo en organismos, es una condición importante de sus características de bioacumulacion, transferencia hacia otros organismos en la cadena trófica su potencial toxico y sus efectos. **(Kevin C. et al. 2004).**

Cualquier elemento que se encuentra depositado en el suelo, no necesariamente está disponible para la planta, ya que la absorción de estos, depende de varios factores y características físico-químicas del suelo como el pH, textura, etc., **(Fitter A. H. et al. 1987).**

- pH. La mayoría de los metales tienden a estar más disponibles a pH ácido, excepto s, Mo, Se y Cr. Directa o indirectamente, el pH afecta varios mecanismos de la retención del metal por el suelo **(González, J. et al., 1996).** El pH es un parámetro muy importante que tiene influencia en los procesos-desorción precipitación y disolución, la formación de complejos y reacciones de oxido-reducción **(Narwa R. P. et al, 1999).**
- Textura. La arcilla tiende a adsorber a los metales pesados, que quedan retenidos en sus posiciones de cambio.

- Materia orgánica. La formación de complejos por la materia orgánica del suelo es uno de los procesos que intervienen en la capacidad de solubilidad y asimilabilidad de metales pesados por las plantas la toxicidad de los metales pesados aumenta en gran medida por su fuerte tendencia a formar complejos organometálicos, facilitando con ello, su solubilidad, disponibilidad y dispersión. **(Mortvedent, J. J., 1991)**.
- Capacidad de cambio. Está en función del contenido de arcilla y materia orgánica, fundamentalmente; en general cuanto mayor sea la capacidad de intercambio catiónico, mayor será la capacidad del suelo de fijar metales. El poder de adsorción de los distintos metales pesados depende de su valencia y del radio iónico hidratado; a mayor tamaño y menor valencia, se retienen con menor fuerza. **(Ahumada I. et al., 1999)**.

Las formas solubles y cambiables de metales pesados en el agua se consideran fácilmente móviles y disponibles para las plantas, mientras que los metales incorporados en estructuras cristalinas de las arcillas parecen relativamente inactivos. **(Ahumada I. et al., 1999)**.

Existen otras formas que afectan la disponibilidad y movimiento de los metales pesados; el porcentaje de carbamatos, de óxidos de Fe, Mn y Al, los complejos con la materia orgánica y los óxidos de Fe- Mn **(Kabata Pedias, A., 1984)**.

### ***Toxicidad de los metales pesados en el suelo***

Cuando los metales pesados se encuentran en la solución del suelo, pueden ser transferidos con mayor facilidad a otros medios así, cuando su concentración se incrementa, estos contribuyen a un nivel importante de toxicidad en el suelo

incluso, en elementos que se consideran esenciales para muchos procesos bioquímicos; la toxicidad de los elementos también depende de la especiación o formas que se presentan en el mismo, así como de su biodisponibilidad y su ingreso a la cadena trófica. **(Holmgren et al., 1993)**.

Su ingreso a la cadena trófica se da mediante la absorción por las plantas o el lavado hacia las aguas freáticas o cuando las concentraciones promedio de los metales en el suelo, rebasan los límites máximos de concentración **(Lindsay, 1979)**.

En suelos agrícolas inundados con aguas residuales se puede incorporar al suelo sustancias tóxicas como es el caso de metales pesados y residuos orgánicos de baja tasa de degradación, además de un incremento de salinidad tanto del suelo como del manto acuífero. **(Chang A. C. et al., 1992)**.

Muchos metales asociados con la fase acuosa del suelo pueden transportarse por medio del agua subterránea y no se degradan, su movilización hacia las aguas subterráneas, se da por los mecanismos de adsorción y precipitación; la interacción de los metales y el suelo, inicia desde que los metales se introducen desde la superficie hasta su precipitación a estratos inferiores cuando estos logran rebasar la capacidad de carga de los suelos, **(Gonzales J. et al., 2000)**.

#### **4.3.1.3.- FITOTOXICIDAD DE LOS METALES PESADOS**

El término fitotoxicidad normalmente ha sido asociado con el fenómeno causado por una sustancia potencialmente dañina en el tejido vegetal que afecta su óptimo crecimiento y desarrollo de la misma; la fitotoxicidad en las plantas se establece según su comportamiento y los signos que presentan a lo largo de

su crecimiento, además de tomar en cuenta las características ambientales y de manejo del área donde estén cultivadas. **(McGrath, D. et al, 1999).**

A las concentraciones bajas de elementos contaminantes (<0.1%), en las plantas se les llama “elementos traza”, independientemente de que sean esenciales para su metabolismo o tengan efectos tóxicos.

*Cuadro 03.-Contenido de elementos metálicos en el suelo (Lindsay W. L, 1978).*

<b>Metales</b>	Promedio seleccionado para el suelo (mg.kg <sup>-1</sup> )	Rango común para el suelo (mg.kg <sup>-1</sup> )
<b>Cr</b>	100	1-1000
<b>Cd</b>	0.06	0.01-0.70
<b>Zn</b>	50	10-300
<b>As</b>	5	1.0-50
<b>Ni</b>	40	5-500
<b>Pb</b>	10	2-200
<b>Hg</b>	0.03	0.01-0.3

*Fuente: Lindsay W. L, 1978*

Los elementos “traza”, como el arsénico (as), cadmio (Cd) o talio (Tl), son poco abundantes en el agua u el suelo en condiciones naturales, sin embargo, las actividades industriales o mineras pueden originar una contaminación por estos elementos, que pasarían a las plantas o animales donde se pueden concentrar y causar efectos tóxicos al humano. **(Fergusson J. F., 1990).**

Relación del crecimiento vegetal con las características físico-químicas del suelo

Los nutrimentos del suelo, provienen de diferentes fuentes, tales como la disolución de los materiales primarios, descomposición de materia orgánica, aplicación de fertilizantes químicos y abonos orgánicos; una vez en el suelo, los nutrimentos pueden sufrir varias reacciones. **(Chang A. C. et al., 1992).**

El retraso en el desarrollo de las plantas, no solo se limitan a la asociación de sustancias tóxicas del medio ambiente ya que existen también, otros factores como la deficiencia de nutrimentos, agua, cantidad de sales minerales y diversas enfermedades a nivel de raíz, tallo, hojas y fruto. **(Aguirre, M., J., Athie, L., M., 1981).**

La producción agrícola, debe basarse en las necesidades, físicas y químicas que requiere cada especie a cultivar, así como también, tomar en cuenta si estas características estén presentes en la zona de cultivo.

Todo esto dará una pauta importante para la selección de cultivos y fertilizantes que deben de emplearse para lograr una buena producción agrícola. **(Robles P. C., 1992).**

#### **4.3.1.3.1.- NUTRICIÓN VEGETAL**

Como parte de la nutrición vegetal, existen algunos elementos traza necesarios que se incorporan cuando están disponibles en el suelo o agua y según la especie vegetal, son requeridos en ciertas concentraciones actuando de diferente manera ya sea x su deficiencia o su excedencia; pero cuando estos elementos son abundantes para las plantas se convierten en tóxicos y generan la pérdida de la calidad y propiedades alimenticias de los productos agrícolas generando conflictos importantes. **(McGrath D. y McCormack R. J., 1999).**

Cuadro 04.- Alteraciones fisiológicas que producen algunos metales pesados que contaminan las plantas (**Nastusch J., 1997**).

<b>Metal</b>	<b>Efecto en los vegetales</b>
<b>Arsénico</b>	Reducción del crecimiento y alteración de la concentración de Ca, K, P, y Mn en la planta.
<b>Cromo</b>	Degradación de la estructura del cloroplasto, inhibición de la fotosíntesis, alteraciones en las concentraciones de Fe, Ca, K y Mg.
<b>Mercurio</b>	Alteración de la fotosíntesis, inhibición del crecimiento, alteración de la captación de K.
<b>Plomo</b>	Inhibición de la fotosíntesis, el crecimiento, el crecimiento y de la acción enzimática.
<b>Zinc</b>	Alteración de la permeabilidad de la membrana celular, inhibición de la fotosíntesis, alteración en las concentraciones de Cu, Fe y Mg.

Fuente: **Nastusch J., 1997**

Si la planta crece en diferentes tipos de suelo con igual concentración de metales, varía notablemente el nivel de fitotoxicidad por su capacidad de adsorción. Esto se relaciona con el contenido de arcillas, su composición mineral, la cantidad de materia orgánica, pH y la composición de la solución del suelo (**Nastusch J., 1997**). La toxicidad de algunos metales en las plantas, depende en mucho tipo de vegetal de que se trate y las vías metabólicas a las que afecte; esta toxicidad se puede manifestar con la alteración del balance iónico de la membrana plasmática ocasionando la salida de iones como el potasio alterando

el balance iónico en organelos celulares y el citoplasma. **(McGrath D. y McCormack R. J., 1999).**

#### **4.3.1.3.2.- MECANISMO DE ABSORCIÓN DE METALES PESADOS POR LAS PLANTAS**

Las especies vegetales, incluidos los cultivos agrícolas, tienen capacidad de acumular metales pesados en sus tejidos; a esta capacidad se le conoce como bioacumulación y es diferente entre las especies vegetales y son atribuidas también, a la capacidad de retención de metales por el suelo y la interacción planta – raíz – metal. **(Bañuelos G. S. et al, 1997).**

El agua y los minerales disponibles en el suelo, se incorporan a las plantas a través de las raíces; en estas existen unos pelos radicales que son extensiones unicelulares de las células epidérmicas y que poseen una pared muy fina con vida efímera (1-3 días); estos pelos radicales, aumentan el área de contacto con el estrato y permite una absorción más eficiente del agua y los minerales necesarios. **(Fitter A. H. et al., 1987).**

La endodermis contiene una cinta de material impermeable conocida como la banda de Caspary, que evita el paso de exceso de agua y elementos disueltos a través de células endodérmicas y de esta manera, regula el paso de nutrimentos y agua que llega a la xilema **(Nobel P. S., 1999)**. La vacuola es el orgánulo celular que ocupa un espacio considerable en las células vegetales (40 al 70%) y en muchas plantas es un almacén con gran capacidad masiva para acumular niveles elevados de materiales tóxicos sin dañar a otras células. **(Fitter A. H. et al., 1997).**

Cuando el metal pesado entra en una célula vegetal es inmovilizado por sustancias orgánicas quelantes (fitoquelatinas) que forman iones complejos con el metal y evitan la fitotoxicidad de estos; otro camino es que al formar los quelatos, estos pasan por la vacuola y ahí se alojan.

Las sustancias quelantes pueden ser producidas por la propia planta y liberadas al suelo a través de las raíces o pueden ser añadidas directamente por el hombre, empleando insumos químicos para descontaminarlos. **(Nobel P. S., 1999).**

Las plantas capaces de crecer en suelos con altos contenidos de metales lo hacen excluyendo iones potencialmente tóxicos de sus sistemas de raíces. En otras plantas, los metales son utilizados como micro nutrientes, aunque a menudo aun en concentraciones mínimas, saturan a la planta. La habilidad de tolerar la presencia de metales pesados está determinada por el nivel de variación genética de cada especie vegetal. **(García J.C. et al, 2000).**

La capacidad de las plantas de absorber y almacenar elementos minerales, como los metales pesados en sus órganos, se denomina bioacumulación y asido utilizada para monitorear el índice de contaminación de algunos ecosistemas, sin embargo, los patrones de bioacumulación son muy variables, tanto entre especies vegetales como entre los diferentes elementos minerales, y no siempre existe una relación extrapolable. **(García J.C. et al, 2000).**

#### **4.3.1.3.3.- NORMATIVIDAD**

En cuanto a la legislación existente sobre umbrales mínimos que se consideran contaminantes para el suelo, la siguiente tabla muestra los valores

aceptados por la unión europea y los correspondientes a algunos países como Holanda, especialmente sensibles a este problema.

El establecimiento de niveles estándar de elementos traza para la valoración de la contaminación del suelo, constituye el principal requisito de calidad y protección de las funciones agrícolas y ecológicas. **(Kabata Pendias A., 1995).**

*Cuadro 05.- Umbrales de contaminación en mg kg<sup>-1</sup> en los principales países que generan contaminación por metales pesados (Kabata-Pendias A., 1995).*

<b>Metal</b>	<b>Holanda (contaminación)</b>	<b>Holanda (necesidad de saneamiento)</b>	<b>España (adición de lodos)</b>	<b>Unión Europea (máximo permitido)</b>
<b>Cr</b>	100	800	100-1000	--
<b>Ni</b>	50	500	30-300	75
<b>Zn</b>	200	3000	150-2500	300
<b>Hg</b>	0.5	10	1-16	1.5
<b>Pb</b>	50	600	50-750	300

*Fuente: Kabata-Pendias A., 1995*

Cuadro 06.- Efectos de toxicidad de la función biológica.

Elemento	Función biológica	Nivel de Fitotoxicidad (mg kg <sup>-1</sup> )	Efectos de Toxicidad	Toxicidad en mamíferos	Niveles en el suelo (mg kg <sup>-1</sup> )
<b>As</b>	Ninguno en animales; es un fosfolípido en algas y hongos	Moderado a alto (5-20)	Elemento no esencial, el contenido en plantas cultivadas varía ampliamente con las concentraciones naturales de arsénico en el suelo. El crecimiento en las plantas se ve afectado por altas concentraciones de As.	Alto	3.6 a 8.8
<b>Cd</b>	Ninguno conocido	Moderado a alto (5-30)	No esencial, las plantas presentan una amplia gama de tolerancia a las concentraciones del suelo; en plantas cultivadas aumenta su concentración y se vuelven inseguras para el consumo en humanos y animales.	Alto	0.06 a 1.1

<b>Cr</b>	Metaboliza el azúcar de la sangre en los mamíferos	Moderado a alto (5-30)	No esencial, su acumulación es toxica en el suelo cuando se presenta en su estado hexavalente (Cr <sup>+6</sup> ).	Alto	20 a 85
<b>Hg</b>	Ninguna conocida	Alta (1-3)	No esencial, la magnitud de absorción por las plantas terrestres es muy baja al igual que su toxicidad, pero si es alta en animales y el hombre. Se pierde del suelo por volatilización.	Alto	0.04 a 0.28
<b>Ni</b>	Esencial para las plantas	Moderado a alto (10-100)	No esencial para las plantas. Relativamente existe una baja fitotoxicidad en plantas que crecen en suelos ácidos. No se absorbe de manera natural a concentraciones consideradas de riesgo para el hombre o los animales.	Moderado	13 a 30
<b>Pb</b>	Ninguno conocido	Moderado (10-100)	No esencial, no es tan toxico cuando es absorbido por las plantas cultivadas, pero	Alto	17 a 26

			cuando se ingiere directamente por animales o humanos presenta un alto nivel de toxicidad.		
<b>Zn</b>	Esencial en todos los mamíferos	Bajo a moderado (100-400)	Elemento esencial; se acumula en los cultivos, pero en niveles considerado normales para el consumo el hombre y los animales; la fitotoxicidad es más prevalente y aguda en suelos ácidos.	Bajo a moderado	34 a 84

Fuente: *Kabata-Pendias A., 1995*

#### **4.4.- AGUA RESIDUAL EN LA SUB CUENCA DEL RIO HUATANAY**

##### **4.4.1.- EL RÍO HUATANAY**

La subcuenca del Huatanay es el resultado de la evolución geológica de la región en el contexto de los Andes, y particularmente del levantamiento andino durante los últimos tres millones de años. En esa época empieza a formarse la depresión del Huatanay, por efectos erosivos del agua y el clima que van modificando el cauce del valle. Luego, esta depresión es ocupada alternadamente por lagos y ríos, formando lo que actualmente llamamos el Huatanay.

El Valle del Huatanay discurre en dirección noreste - sureste, tiene una longitud aproximada de 34 km. Con un ancho máximo que varía entre 1.5 y 3 km. Esta depresión se cierra en el sector de Angostura y se vuelve a ensanchar entre Saylla y Oropesa, para cambiar de dirección en Huacarpay, Huambutio. El río Huatanay es el principal drenaje de todo el valle, donde confluyen las aguas de todas las quebradas y micro cuencas. Tiempo atrás, fue la principal fuente de vida del Valle y proveedor de agua de los pueblos asentados en sus orillas.

**(Centro Guaman Poma de Ayala, 2004)**

##### **4.4.2.- CARACTERÍSTICAS DEL RÍO HUATANAY**

###### **4.4.2.1.- LOS PARÁMETROS FISIAGRÁFICOS**

Son los que nos permiten conocer las características físicas generales de la cuenca, y a la vez proporcionan la mejor posibilidad de conocer la variación en el espacio de los elementos del régimen hidrológico.

La cuenca del Huatanay tiene una extensión total de 489.21 km<sup>2</sup>, y la del bajo Huatanay tiene 333.28km<sup>2</sup>. Así se puede identificar nueve micro cuencas, de las cuales cuatro se ubican a la margen izquierda con 12,264.22 ha (35.9%) y cinco en la margen derecha con 21,063.38 ha (64.1%). La altitud varía desde 4850 msnm en el cerro Pachatusan hasta 3040 msnm en Huambutio.

#### **4.4.2.2.- HIDROLOGÍA**

El río Huatanay es el colector principal de todo el Valle de Cusco y en época de lluvias transporta una cantidad importante de agua pluvial, sedimentos, residuos sólidos, aguas servidas y de reúso; desemboca en el río Vilcanota, a la altura del poblado de Huambutío (Distrito Lucre). El río Huatanay en su trayecto recibe aportes de 13 ríos permanentes que forman micro cuencas en ambas márgenes:

1. Saphy
2. Tullumayo
3. Huancaro
4. Chocco
5. Sipaspujio
6. Sajramayo
7. Cachimayo
8. Huillcarpay
9. K'ayra
10. Huaccoto
11. Huasao
12. Tipón
13. Lucre

La abundancia de su sistema hidrográfico y la riqueza de su napa freática dieron lugar a que en su geografía aparecieran los más diversos tipos de corrientes de agua, tales como ríos, arroyos, arroyuelos, lagunas, aguajales, pantanos, manantes y puquiales. **(Centro Guaman Poma de Ayala , 2004)**

#### 4.4.2.4.- LOS PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS

Los parámetros de relieve o topografía suelen tener mayor influencia sobre la respuesta hidrológica que los parámetros físicos.

La naturaleza de las cuencas andinas presenta una configuración tal que la pendiente principal va disminuyendo, y llega muchas veces a ser mínima o nula en algunos sectores, creando de esta manera remansos y embalses naturales. Estas y otras características morfológicas tienen varios factores de origen, siendo entre ellos la geología y la fisiografía del cauce los de mayor importancia e incidencia para la forma final del río.

En la sub cuenca del Río Huatanay la pendiente se presenta de la siguiente manera:

- En los tramos iniciales (río Chocco) presenta una altiplanicie cuya pendiente es baja a media (3-4%) en una cuenca de área importante.
- En el tramo de ladera (río Chocco) presenta una pendiente fuerte (14-15%) para luego entrar en una zona de desembocadura que forma los ríos Huancaro, Chocco y Saphi; en esta zona, el río es más profundo y altamente erosivo.
- En su parte intermedia (Huancaro - Aeropuerto), el río Huatanay tiene una pendiente baja de 0.8% haciendo que la zona sea inundable, para luego tener una pendiente mayor a 1.6% desde el Aeropuerto, atravesando Larapa hasta llegar a Angostura (0.7-0.9%); este tramo tiene mayor flujo e incluso es un poco erosivo.
- Luego de Angostura, aguas abajo, el río forma meandros lo que indica su baja pendiente (0.4%) siendo las zonas críticas entre Saylla y Oropesa

donde ocurren constantes desbordes e inundaciones, además de contar con un suelo de alto nivel freático.

Las regiones naturales de la sub cuenca del Río Huatanay se distribuyen según la altitud y se asocian con las unidades geomorfológicas presentes.

Unidades geomorfológicas.

*Cuadro 09.- Geomorfología de la Sub Cuenca del Río Huatanay*

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS		SUPERFICIE	
		(Ha)	%
<b>Fondos de valle</b>	Terrazas	559.24	1.67%
	Abanico aluvial	2023.40	6.055
	Llanura aluvial	2545.36	7.61%
<b>Laderas</b>		17642.2	52.74%
<b>Altiplanicies ondulada</b>		6167.11	18.44%
<b>Montañas</b>	Colinas montañosas	2552.02	7.63%
	Cumbres montañosas	1961.48	5.86%
<b>Total</b>		33451.25	100%

Fuente: Centro Huamán Poma de Ayala, 1999

Los Fondos de Valle (15,33%) son formas de suelos recientes cuaternarios, caracterizados por tener una topografía plana a ligeramente inclinada. Su origen está ligado a los antiguos cursos fluviales que han modelado diversos terrenos, incluyendo los depósitos lacustres. Esta unidad es muy importante para el desarrollo de las actividades agrarias y el asentamiento de centros poblados, por lo que ha sido dividido en: Terrazas, Abanico aluvial y Llanura aluvial.

#### **4.4.3.- PRINCIPALES FUENTES DE AGUA SUPERFICIAL**

La sub cuenca del Río Huatanay es el colector principal de todo el Valle de Cusco y en época de lluvias transporta una cantidad importante de agua pluvial, sedimentos, residuos sólidos, aguas servidas y de reúso; desemboca en el río Vilcanota, a la altura del poblado de Huambutio (Distrito Lucre).

La Subcuenca del Rio Huatanay en su trayecto recibe aportes de 13 ríos permanentes que forman micro cuencas en ambas márgenes:

La abundancia de su sistema hidrográfico y la riqueza de su napa freática dieron lugar a que en su geografía aparecieran los más diversos tipos de corrientes de agua, tales como ríos, arroyos, arroyuelos, lagunas, aguajales, pantanos, manantes y puquiales.

#### 4.4.3.1.- PRINCIPALES FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEA

Las aguas subterráneas se encuentran ligadas a las condiciones geomorfológicas de la sub cuenca, la naturaleza de la roca y las condiciones litológicas de las formaciones geológicas.

*Cuadro 10.- Principales ríos de la Sub cuenca del Rio Huatanay*

<b>DISTRITO</b>	<b>RIO</b>
<b>Cusco</b>	Saphy Tullumayo
<b>Santiago</b>	Huancaro Chocco
<b>San Sebastián</b>	Sipaspujio Sajramayo Cachimayo
<b>San Jerónimo</b>	Huillcarpay Kayra Huaccoto
<b>Oropesa</b>	Huasao Tipon
<b>Lucre</b>	Lucre

Fuente: Centro Huamán Poma de Ayala, 1999

Las propiedades hidrogeológicas están relacionadas con las propiedades físicas de la roca que almacenará el agua, en particular a la porosidad eficaz (permeabilidad), determinando el volumen de agua contenido en el manto acuífero y los parámetros hidrogeológicos, como la permeabilidad o la transmisividad, que determinan el caudal útil que se puede obtener de la roca almacén.

Las principales formaciones acuíferas del Valle Sur se localizan en laderas, montañas y también en el piso de valle. Estas son de dos tipos:

- **Acuíferos fisurados.** - Son los más importantes por la gran exposición y, sobre todo, por las características físicas de las rocas, como sus fracturas y poros, ya que en estos espacios se encuentran las reservas de aguas subterráneas. Estas salen a la superficie de forma natural a través de fallas o fracturas mayores, ayudadas por la gravedad, y se llaman manantiales.
- **Acuíferos porosos no consolidados.** - Se caracterizan por tener bancos de arena y grava depositados por el paso del río Huatanay. A través de la grava que posee buena porosidad y transmisividad se favorece el almacenamiento de aguas subterráneas.

El Centro Huamán Poma de Ayala ha realizado el censo de los manantes de la subcuenca del Río Huatanay.

Cuadro 11.- Manantes de la Sub cuenca del Rio Huatanay

<b>Distrito</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total (l/s)</b>
<b>Poroy</b>	39.00	32.18
<b>Cusco</b>	56.00	43.28
<b>San Sebastián</b>	37.00	15.22
<b>San Jerónimo</b>	67.00	53.40
<b>Lucre</b>	64.00	16.85
<b>Oropesa</b>	68.00	48.98
<b>Santiago</b>	69.00	51.90
<b>Saylla</b>	24.00	48.12
<b>Total</b>	424.00	309.94

Fuente: Centro Huamán Poma de Ayala, 1999

#### **4.5.- CLIMA**

##### **4.5.1.- TEMPERATURA**

La temperatura es uno de los elementos climáticos más importantes en la caracterización de un área, ya que sus variaciones influyen directamente en la distribución de la flora y fauna, así como en las actividades humanas.

El comportamiento térmico de la cuenca se ve influenciada principalmente por la altitud y el relieve, por lo que el cambio de la temperatura entre el día y la noche es notorio. Según los registros obtenidos desde el año 2000 al 2009, de la Estación Meteorológica de Perayoc de la UNSAAC; la temperatura media mensual es de 11.82°C.

Los meses más fríos con presencia de heladas se dan entre los meses de mayo a julio e incluso agosto y los meses de mayor temperatura son en setiembre octubre hasta noviembre, presentándose un veranillo. **(Calvo, Polo., 2017).**

## 4.6.- ECOLOGÍA

### 4.6.1 ZONAS DE VIDA

La clasificación se basa en el Sistema de Zonas de Vida de Leslie R. Holdrige, ampliamente empleado y muy útil para la caracterización de los ecosistemas que alberga una cuenca. Con relación al área de estudio se ha identificado 06 Zonas de Vida.

*Cuadro N° 12, Zonas de vida en la sub Cuenca del Río Huatanay.*

Zona de vida	Símbolo	Superficie (ha)	%
Tundra pluvial Andino Subtropical	tp-AS	67.94	0.14
Páramo muy húmedo Subandino Subtropical	pmh-SaS	12818.53	26.34
Estepa espinosa Montano Bajo Subtropical	ee-MBS	1.31	0.001
Bosque seco Montano Bajo Subtropical	bs-MBS	17118.44	35.18
Bosque húmedo - Montano Subtropical	bh-MS	18592.68	38.21
Nival Subtropical	NS	65.88	0.14
<b>TOTAL</b>		<b>48664.78</b>	<b>100.00</b>

Fuente: (IMA, 2012)

## 4.7.- POBLACIÓN

*Cuadro N° 13, Población por distritos en la Sub Cuenca del Río Huatanay*

PROVINCIA	DISTRITO	POBLACIÓN TOTAL	%
<b>Cusco</b>	Cusco	108798	29.30%
	Santiago	83721	22.55%
	Wanchaq	59134	15.93%
	San Sebastián	74712	20.12%
	San Jerónimo	31687	8.53%
	Saylla	2934	0.79%
<b>Quispicanchis</b>	Lucre	3850	1.04%
	Oropesa	6432	1.73%
<b>TOTAL</b>		<b>371268</b>	<b>100.0%</b>

Fuente: (INEI, 2007)

Los distritos que tienen mayor cantidad de población son: Cusco, Santiago, San Sebastián, Wanchaq y San Jerónimo, respectivamente, como se puede apreciar en el cuadro anterior.

#### **4.7.- RIEGO Y DRENAJE EN LA SUB CUENCA DEL RIO HUATANAY**

##### **4.7.1.- LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS**

###### **4.7.1.1.- TIEMPO DE SECAS**

Los valores de la densidad hídrica no superan la unidad, lo que indica un valor estable de acción de los ríos durante la temporada seca.

Además, existen micro cuencas que son totalmente secas. La margen izquierda presenta un mayor valor frente a la margen derecha, donde destacan los aportes de la cuenca de Lucre.

###### **4.7.1.2.- TIEMPO DE LLUVIAS**

Los valores de la densidad hídrica superan la unidad, lo que indica un nivel de incremento notorio de la acción de los ríos, de donde se evalúa que las cuencas de la margen derecha tienen mayor comportamiento que las de la izquierda, siendo más grandes. Esto está referido al caudal de las micro cuencas, que son mayores en la margen derecha. Se puede ver en el cuadro de oferta hídrica.

###### **4.7.2.- CAUDAL DE LA SUBCUENCA Y SUS AFLUENTES**

El régimen hídrico es estacional, es decir depende estrechamente del ritmo e importancia de las lluvias, de la duración del periodo seco, así como de la importancia y duración de las precipitaciones. La descarga de agua al río, procedente de acuíferos muy permeables, conjuntamente con los caudales de

lluvias, puede incrementar rápidamente el volumen que discurre por el cauce, y ocasionar crecientes devastadoras e inundaciones en el piso de valle.

Con las medidas de aforos realizadas, el río Huatanay tiene las siguientes características:

- Caudal época de secas: 500 l/s (mes de abril)
- Caudal época de lluvias: 1200 l/s (mes de enero)

#### 4.7.3.- OFERTA HÍDRICA

El siguiente cuadro resume la oferta hídrica de ambas márgenes:

*Cuadro 14.- Oferta Hídrica de la Sub cuenca del Río Huatanay.*

N <sup>a</sup>	Microcuenca	Área (ha)	Long. Rio(km)	Caudal (l/s)	
				Estiaje	Lluvias
<b>Margen Izquierda</b>					
1	Huaccoto	49990.80	10.4	65.5	88.0
2	Huasao	2851.03	7.5	14.0	44.4
3	Choquepata	1948.57	7.8	17.0	88.0
4	Oropesa	2464.82	4.7	8.0	13.0
		12264.22		1045	233.4
<b>Margen Derecha</b>					
5	Pillao Matao	1835.02	6.3	5.8	12.0
6	Kayra	1349.00	9.4	38.1	86.3
7	Saylla	1368.05	3.0	Seco	
8	Paucarpatata	2231.29	4.6	Seco	
9	Lucre	11280.03	14.9	265.5	450.0

		21063		309.4	548.3
<b>Total Bajo Huatanay</b>		3332.61		493.0	11873

Fuente: Centro Huamán Poma de Ayala, 1999.

#### 4.8.- USO ACTUAL DEL SUELO

Las características de la cobertura vegetal del bajo Huatanay que comprende los distritos de San Jerónimo, Saylla, Oropesa y Lucre, presentan: Bosques cultivados, bosques nativos, matorrales, pastizales, cultivos con riego, cultivos en seco, vegetación rala, cuerpos de agua y humedales.

*Cuadro N° 15.- Áreas de cobertura vegetal de Bajo Huatanay*

N°	AREAS DE COBERTURA VEGETAL Descripción	AREA	
		Ha	%
1	Pastizales	12814.85	38.3%
2	Matorrales	5436.53	16.3%
3	Bosques Nativos	52.91	0.2%
4	Bosques Cultivados	3449.63	10.3%
5	Vegetación rala	4181.50	12.5%
6	Cultivos Intensivos	2465.13	7.4%
7	Cultivos Secano	3569.43	10.7%
8	Zonas Urbanas y Arqueología	1250.98	3.7%
9	Cuerpos de agua y Humedales	230.30	0.7%
<b>TOTAL</b>		33451.26	100.00%

Fuente: Centro Huamán Poma de Ayala, 1999.

## **Diagnóstico de Recursos Naturales – Huamán Poma de Ayala 1999**

El piso de valle, se caracteriza por poseer un clima templado, y suelos de alta calidad agrologica para los cultivos con riego, además de una pendiente que fluctúa entre el 10% y 25%., su altitud frecuente se sitúa entre los 3050 m.s.n.m. hasta los 3300 m.s.n.m. y presenta una oferta ambiental diversificada debido a las características ecológicas y a la forma de producción, encontrándose entre estos: leguminosas, tubérculos, gramíneas, hortalizas y agroforestería, que en su mayor parte son irrigadas por aguas del Rio Huatanay y sus afluentes.

## **V.- DISEÑO DE LA INVESTIGACION**

### **5.1.- Generalidades.**

#### **5.1.1.- Ámbito de estudio**

El presente trabajo de investigación se realizó en la Sub cuenca del Rio Huatanay, específicamente en los distritos de Saylla - Cusco y Oropesa, Lucre – Quispicanchi, el cual está ubicado al sureste de la provincia del Cusco, durante el periodo entre los años 2016 – 2018.

#### **5.1.2.- Ubicación Política**

Región : Cusco  
Provincias : Cusco, Quispicanchi.  
Distritos : Saylla, Oropesa, Lucre.

#### **5.1.3.- Ubicación Geográfica**

Altitud : 3040 a 4850 m.s.n.m.  
Altitud Media : 3945 m.s.n.m.  
Latitud Sur : 13° 34' y 13° 36'  
Latitud Oeste : 71° 43' y 71° 49'

#### **5.1.4.- Ubicación hidrográfica**

Cuenca : Vilcanota  
Sub Cuenca : Huatanay

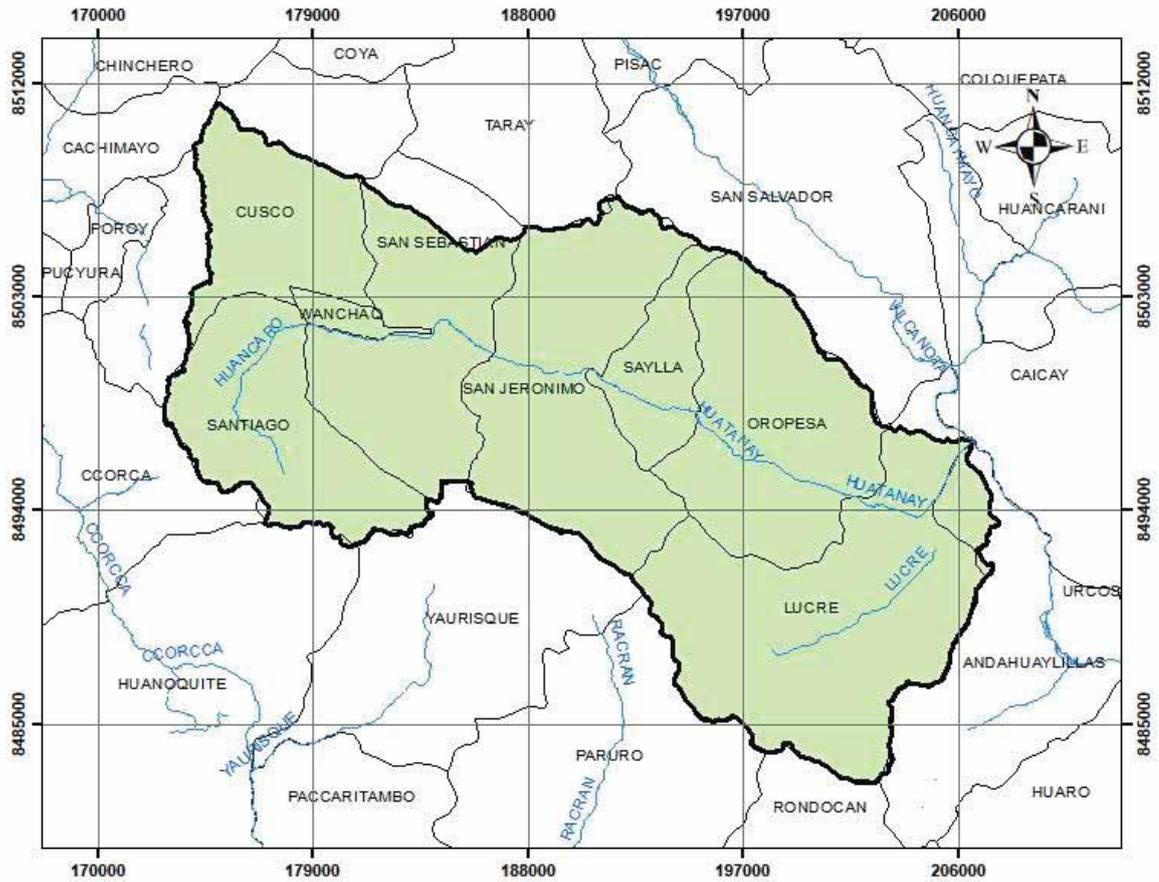
#### **5.1.5.- Superficie del estudio**

La sub cuenca del rio Huatanay tiene un área de 490 Km<sup>2</sup>, encontrándose en la ciudad del Cusco en la zona de confluencia de varias micro cuencas y del nacimiento del río Huatanay.

El río Huatanay presenta características fisiográficas propias de lechos de río con un cause sinuoso e irregular. En la Margen izquierda predomina material de arrastre que se acumula junto al material de desmonte en las orillas (producto de la expansión urbana, habiendo formado una plataforma donde se han edificado viviendas). En cambio, la margen derecha presenta áreas con fuertes pendientes en las que se han instalado viviendas de manera precaria, y en las zonas y las zonas planas están a nivel del río, encontrándose expuestas a desbordes e inundaciones en épocas de crecida de río.

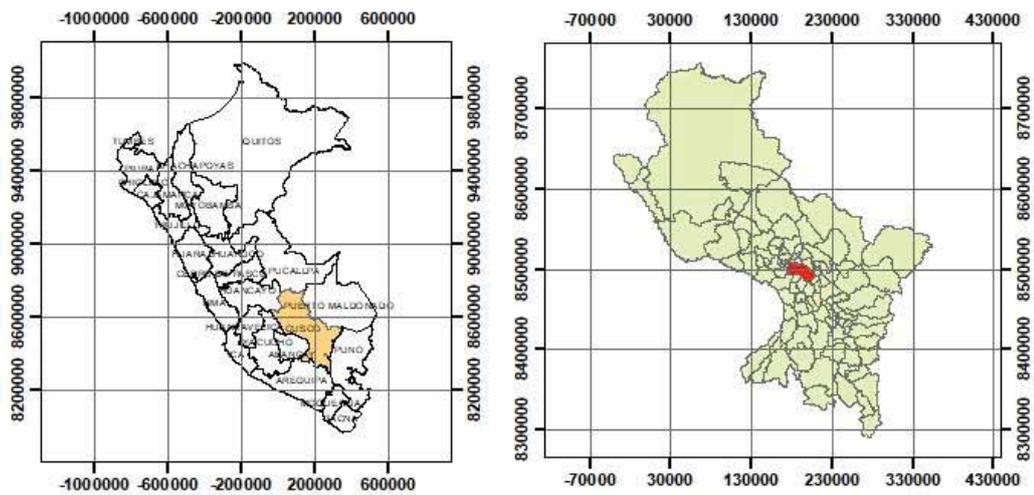
Mapa N° 01. Ubicación geográfica de la Subcuenca del Rio Huatanay.

### MAPA DE LA SUB CUENCA DEL RIO HUATANAY



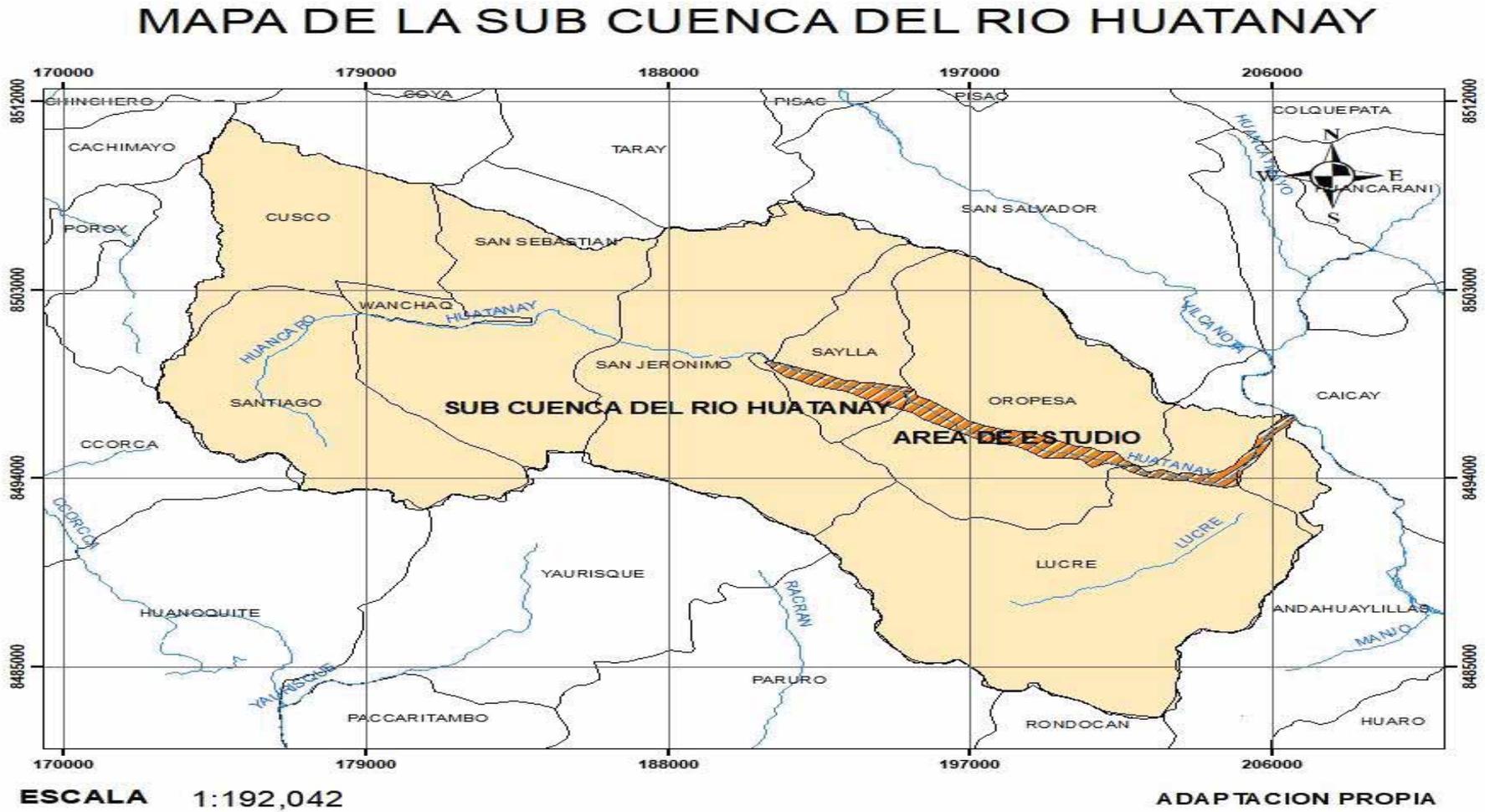
ESCALA 1:242,231

ADAPTACION PROPIA



Fuente: **INSTITUTO GEOGRÁFICO DEL PERÚ**

Mapa N° 02. Ubicación política de la Sub cuenca del Rio Huatanay.



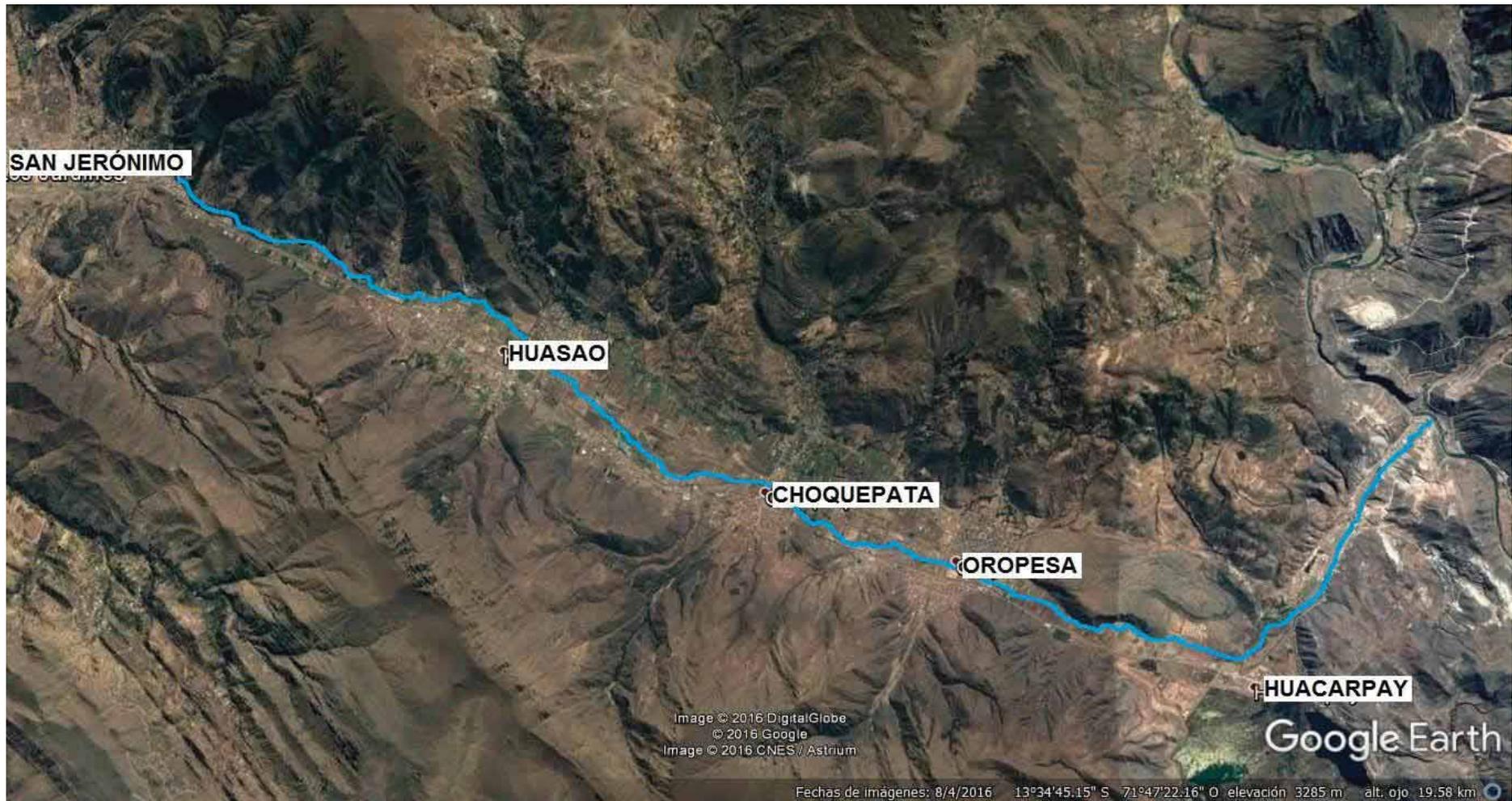
Fuente: INSTITUTO GEOGRÁFICO DEL PERÚ

### 5.1.6.- Datos Generales de la Subcuenca del Huatanay

- Extensión total : 490 Km<sup>2</sup>.
- Longitud : 38.35 Km.
- Dirección : noreste – sureste
- Caudal: Caudal época de secas: 500 l/s (mes de abril)  
Caudal época de lluvias: 1200 l/s (mes de enero)
- Ocupación urbana : 41.13 Km<sup>2</sup>, con problemas de organización del espacio, y expansión descontrolada

**Fuente:** Centro Huamán Poma de Ayala, 2008

Fotografía 1: Imagen Satelital Google Earth de la sub cuenca del Rio Huatanay



Fuente: **Google Earth**

*Fotografía 2: Vista panorámica de la sub cuenca del Rio Huatanay*



Fuente: **Google Earth**

### **5.1.7.- Vías de acceso a la sub cuenca**

El área de estudio, la sub cuenca de Rio Huatanay, se encuentra ubicada en la carretera Cusco – Sicuani – Arequipa, a 26km al sur se desvía hacia el centro poblado de Huambutio, donde el rio Huatanay desemboca en el Rio Vilcanota.

Desde la ciudad de cusco hace un recorrido de 30km (Cusco - Huambutio), en un tiempo de 25 minutos por toda la sub cuenca.

Las vías de acceso a la sub cuenca del Rio Huatanay son de distintas maneras ya que se encuentra ubicada en una vía principal.

**Fuente:** PROVIAS RURAL

## **5.2.- MATERIALES**

### **5.2.1.- Materiales de Campo**

- Plano de ubicación
- Cuestionario de preguntas para los productores
- Bolsas plásticas
- Botellas de polietileno con capacidad para 1 litro
- Bolsas de polietileno.
- Icepack (conserva frio)
- Guantes protectores.
- Cajas de technopor
- Libreta de campo
- Cámara fotográfica
- Grabadora de audio
- Movilidad
- GPS

### **5.2.2.- Materiales de Gabinete**

- Una laptop
- Software Google Earth
- Software de ArcGis
- Útiles de escritorio.
- Imágenes satelitales

### **5.2.2.- Herramientas**

- Pico
- pala

### **5.3.- METODOLOGÍA**

La metodología utilizada se describe mediante las siguientes fases.

#### **5.3.1.- Duración del Trabajo de Investigación**

El trabajo de estudio se realizó con la colaboración de los pobladores de los distritos de Saylla, Oropesa y Lucre en la subcuenca del Rio Huatanay, autoridades municipales y otros (Ministerio de Agricultura).

La duración aproximada del presente estudio, desde la fase de recolección de información secundaria (pre campo), fase de campo hasta la fase de gabinete, fue 12 meses, iniciando entre los primeros días del mes de agosto del 2016 y culminando en el mes de julio del 2017.

##### **5.3.1.1.- La Fase de pre campo (información secundaria)**

Se realizó la recopilación de información cartográfica, fotográfica, bibliográfica, revisión de estudios y proyectos de tesis y proyectos elaborados por instituciones públicas como: INEI, GOBIERNO REGIONAL CUSCO, IMA, DIRECCION REGIONAL DE AGRICULTURA, internet y otros; específicamente para conocer en primera aproximación las características de la zona en estudio.

##### **5.3.1.2.- La Fase de Campo**

###### **5.3.1.2.1.- Determinación del Área Agrícola**

La determinación del área agrícola irrigada con aguas del rio Huatanay, se realizó mediante encuestas, visitas a los agricultores de los lugares en estudio y georreferenciación con los programas de Google Earth y Arc Gis.

## **Técnica empleada**

Georreferenciación es el posicionamiento en el que se define la localización de un objeto espacial a una posición en la superficie de la Tierra, con un sistema de coordenadas y datum determinado. Es una operación habitual dentro de los sistemas de información geográfica (SIG) tanto para objetos ráster (imágenes de mapa de píxeles) como para objetos vectoriales (puntos, líneas, polilíneas y polígonos que representan objetos físicos). **Instituto Nacional de Estadística y Censos Ecuador - [www.inec.gob.ec](http://www.inec.gob.ec)**

Con este método se logró obtener el área de parcelas irrigadas con aguas del río Huatanay:

En primer lugar, se obtuvo las imágenes satelitales de la sub cuenca del río Huatanay mediante el programa Google Earth. En total fueron 10 imágenes, después se procede a georreferenciar cada imagen, esto quiere decir que se insertaron las imágenes en el sistema de coordenadas de la tierra, para poder obtener una visión real del lugar de estudio, mediante el programa de ARCGIS.

Una vez georreferenciadas las imágenes, se procede a seleccionar mediante shapefiles Polygon (polígonos), las parcelas irrigadas con aguas del río Huatanay.

La particularidad del programa de ArcGis es que, una vez seleccionadas las parcelas, nos genera el Área de cada polígono, esto quiere decir que al sumar todas las áreas nos da la superficie total de parcelas irrigadas con aguas Servidas del río Huatanay.

### **5.3.1.2.2.- Análisis de Suelos**

Para determinar la presencia de los metales pesados (Hg, As, Cr, Ni, Pb, Zn) en suelos agrícolas irrigados con aguas servidas de la sub cuenca del río Huatanay, se obtuvo una muestra representativa que se envió al laboratorio para su análisis.

Para los análisis físicos – químico del suelo, se obtuvo 2 muestras representativas.

#### **Muestreo**

Se sacaron muestras de 6 puntos de manera aleatoria de los terrenos de cultivo ubicados en: Angostura (margen derecha e izquierda del río Huatanay); Huasao (Margen Izquierda del río Huatanay); Oropeza (margen derecha e izquierda del río Huatanay); Huacarpay (Margen Izquierda del río Huatanay). Por ser estos, terrenos irrigados directamente con aguas del río Huatanay.

#### **Técnica Empleada**

Se sacaron varias muestras de 6 puntos en total, cada uno de 1 kilo, con la ayuda de una pala se efectuaran dos cortes en **V** hasta la profundidad de 30 cm desechando el suelo comprendido entre los dos cortes, luego se separó con la pala una capa delgada de suelo aproximadamente 3 cm de espesor e inmediatamente se cortó los bordes de la tajada con badilejo, dejando una columna central de unos 3 cm de ancho, la que posteriormente se mezcló en forma homogénea con las demás muestras, después de mezclado se separó las raicillas, rastros, piedrecillas y toda materia extraña.

## **Muestra de Suelo**

Las muestras compuestas se extendieron, sobre hojas de papel periódico durante tres días con la finalidad de someterlas a un proceso de secado a temperatura ambiente y libre de contaminación; después de mezclar las muestras para obtener la muestra representativa, se recolectó en una bolsa etiquetada para el análisis correspondiente.

## **Análisis de Laboratorio**

El análisis de suelo se realizó siguiendo las especificaciones:

- Mercurio en Suelo, EPA Method 7474 (Validado), Revised 2017. **Ver Anexos**
- Metales en Suelo por ICP-AES. EPA Method 6010 B, Revised 2, Dicember 1996. **Ver Anexos**

## **Análisis de características Físicas y Químicas del suelo**

Las características físico-químicas del suelo analizadas, fueron seleccionadas por su influencia en la dinámica de los metales en el suelo (Ross, 1994b; Kabata-Pendias, 1995; Recatalá et al., 2001; Hlavay et al., 2004).

- Análisis de Fertilidad

Se consideró el pH, porcentaje de Materia Orgánica.

- Análisis de Caracterización

Se consideró la Capacidad de intercambio catiónico, Textura.

### **5.3.1.2.3.- Análisis de Agua**

Para la identificación de metales pesados (Hg, As, Cr, Ni, Pb, Zn) en el agua del río Huatanay se realizó muestreos en tres puntos específicos de la subcuenca: al inicio, al medio y al final.

#### **Toma de Muestras de Agua**

Se empleó el método de muestreo SISTEMÁTICO ESTRATIFICADO, que consiste en que se debe tener en cuenta que el agua muestreada debe ser homogénea, y se debe tratar de que la composición de la misma no varíe en el intervalo de tiempo, desde su colección hasta la entrega al laboratorio.

Es por eso que en cada punto se recolectó 500ml de muestra de agua en botellas de polietileno, teniendo las tres muestras se vació a un recipiente esterilizado para poder tener una sola muestra representativa y homogénea. La muestra homogénea se vertió en una botella de polietileno que contenía 500ml, fue sellada y enviada al laboratorio.

#### **Técnica empleada**

Para tomar las muestras se dispuso de botellas de polietileno esterilizadas de 500ml, donde se realizó la siguiente técnica:

Sumergir rápidamente la botella debajo de la superficie del agua unos 15 – 20 cm de profundidad, para evitar coleccionar restos de materiales flotantes, tomando la muestra en sentido contrario a la corriente del río, con los guantes de protección debidamente puestos para prevenir el contacto con el agua.

Los frascos deben ser tapados rápidamente.

## **Análisis de Laboratorio**

Metales en Agua:

- Mercurio, Arsénico, Cromo, Níquel, Plomo y Zinc por Epa 200.8. Espect ICP-MS. **Ver Anexos**

### **5.3.1.3.- La Fase de gabinete**

Donde se procesó la información de campo sobre la base de la información secundaria, para poder obtener los resultados necesarios y luego proceder a la redacción del trabajo final.

#### **5.3.1.2.4.- Criterios Considerados para obtener datos de Campo para las encuestas (Cédula de Cultivo, rendimiento y destino de la producción).**

Se efectuó encuestas a los productores de las parcelas que se encuentran a la ribera del río Huatanay, pertenecientes a los distritos de Saylla, Oropesa y Lucre.

Para saber la cantidad necesaria de encuestas que se iban a realizar, se dedujo la población (universo), de acuerdo a la cantidad de habitantes agricultores de los tres distritos.

Saylla : 137 personas.

Oropesa : 414 personas.

Lucre : 229 personas.

Fuente: **(INEI, 2008)**

Entonces sumando las cantidades tenemos un total de 780 Agricultores como la población.

Con los datos antes mencionaos se ha diseñado una muestra estadística en base a la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 p * q * N}{e^2 (N - 1) + Z^2 p * q}$$

**Dónde:**

**Z** = Nivel de confianza.

**N** = Universo

**p** = Probabilidad a favor.

**e** = Error de estimación

**q** = Probabilidad en contra

**n** = Tamaño de la muestra.

**Valores a estimar:**

**n** = ¿?

**e** = 20% =0.2

**Z** = 1.28 (tabla de distribución normal para el 80% de confiabilidad y 20% error)

**N** = 780 (universo).

**p** = 0.50

**q** = 1- 0.50

**Reemplazando:**

$$n = \frac{(1.96)^2 (0.5) * (1 - 0.5) * (137)}{(271.48)(0.2)^2 + (1.96)^2 (0.50) * (1 - 0.50)}$$

$$n = 136$$

Según los cálculos realizados con la fórmula, el tamaño de muestra es de 136. Entonces, la cantidad de encuestas por distrito, se distribuirá proporcionalmente:

Saylla:

$$780 - 136$$

$$137 - x \quad x = 23.8$$

Redondeando 24 Encuestas.

Oropesa:

$$780 - 136$$

$$414 - x \quad x = 72.1$$

Redondeando 72 Encuestas.

Lucre:

$$780 - 136$$

$$229 - x \quad x = 39.9$$

Redondeando 40 Encuestas.

## **VI.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **6.1.- Estimación de Área Agrícola y Cédula de Cultivo.**

#### **6.1.1.- Área Agrícola**

##### **6.1.1.1.- Identificación de La zona**

Para determinar el área agrícola se identificó la zona mediante las salidas al campo y con el software Google Earth se ubicaron las parcelas irrigadas con aguas residuales del río Huatanay.

A través de la observación y delimitación de polígonos con el programa de ArcGis se logró apreciar de mejor manera.

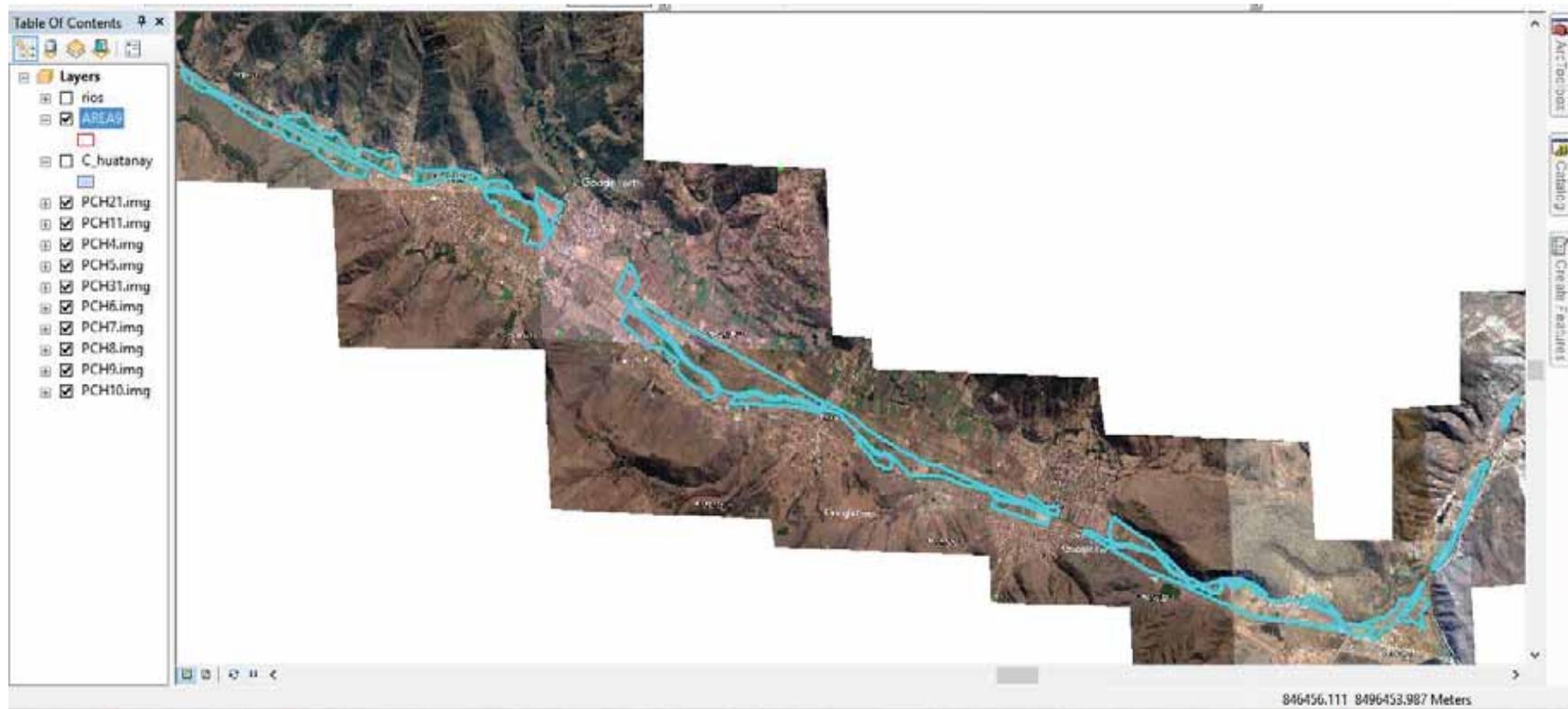
##### **6.1.1.2.- Área Agrícola Irrigada con aguas residuales del Río Huatanay**

Teniendo las parcelas ya identificadas, se procedió a determinar el área total de las parcelas irrigadas con aguas residuales.

Para esto se utilizó imágenes Satelitales de la Sub Cuenca del río Huatanay procedentes del software Google Earth.

Una vez teniendo las imágenes satelitales, se dividió en 10 imágenes para georreferenciarlas mediante el software ArcGis, al hacer esto tenemos una sola imagen a escala y mediante polígonos seleccionamos las parcelas para obtener el área total de suelo agrícola irrigado con aguas servidas de la sub cuenca del río Huatanay como se ve en la imagen:

Imagen N° 01. Selección de Parcelas mediante polígonos. ArcGis



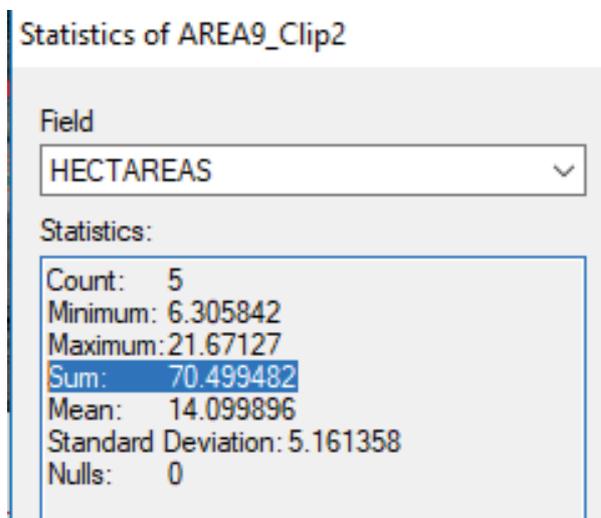
Fuente: **ArcGis**

Obteniendo así:

Cuadro de Polígonos que representan las parcelas irrigadas con aguas servidas.

## Áreas identificadas por distritos

*Imagen N° 02. Área de terrenos de uso agrícola en el distrito de Saylla*

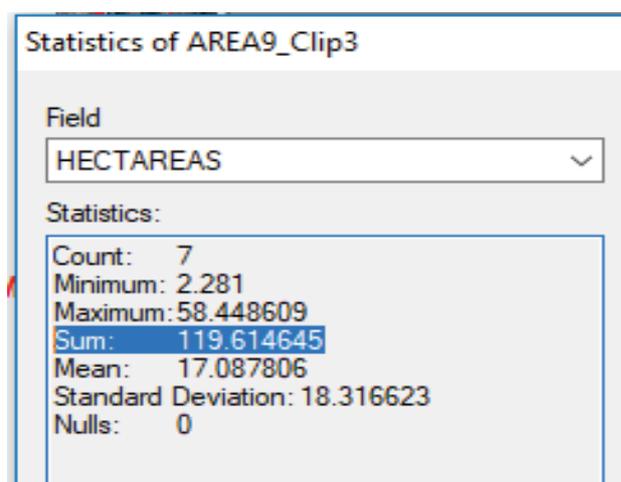


Fuente: **ArcGis**

La imagen N° 02, nos indica que el área total, en el distrito de Saylla, utilizado para la agricultura es de **70.4994 ha**, que es irrigada con aguas del río Huatanay.

Dentro de los cuales se encuentran los sectores de: Condebamba, Saywa, Agostura, Ferroviaria e Inafer.

*Imagen N° 03. Área de terrenos de uso agrícola en el distrito de Oropesa*



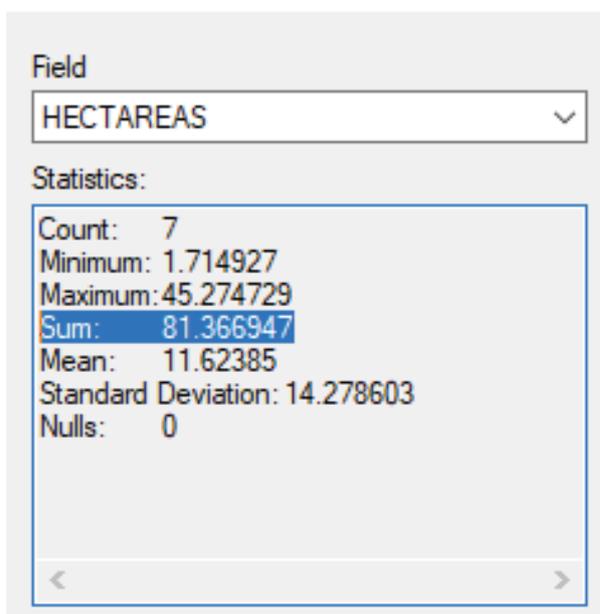
Fuente: **ArcGis**

La imagen N° 03, nos indica que el área total, en el distrito de Oropesa, utilizado para la agricultura es de **119.614645 ha**, que es irrigada con aguas del río Huatanay.

Dentro de los cuales se encuentran los Sectores de: Pumamarca, Huasao, Chingo Grande, Oropesa, Choquepata, Tipon, Nuevo Huasao, Chinicara.

*Imagen N° 04. Área de terrenos de uso agrícola en el distrito de Lucre*

#### Statistics of AREA9\_Clip4



Fuente: **ArcGis**

La imagen N° 04, nos indica que el área total, en el distrito de Lucre, utilizado para la agricultura es de **81.3669 ha**, que es irrigada con aguas del río Huatanay.

Dentro de los cuales se encuentran los Sectores de: La Cantuta Tongobamba y Ticahuerta.

## Área Total

Imagen N° 05. Screenshot del Cuadro de Polígonos Total ArcGis

The screenshot displays the ArcGIS interface. On the left, a 'Table' window titled 'AREA9' shows a list of 19 polygons. Each row includes an 'FID' (Feature ID), 'Shape \*', 'Id', and 'HECTAREAS' (area in hectares). The 'HECTAREAS' column is highlighted in blue. At the bottom of the table window, it indicates '(19 out of 19 Selected)'. On the right, a 'Statistics of AREA9' window is open, showing the 'Field' set to 'HECTAREAS'. The statistics displayed are: Count: 19, Minimum: 1.714927, Maximum: 58.448609, Sum: 271.481074 (highlighted in blue), Mean: 14.288478, Standard Deviation: 14.534119, and Nulls: 0.

FID	Shape *	Id	HECTAREAS
0	Polygon	8	58.448609
1	Polygon	9	22.166994
2	Polygon	10	3.47906
3	Polygon	11	7.288882
4	Polygon	12	2.281
5	Polygon	13	45.274729
6	Polygon	14	14.409069
7	Polygon	15	2.356515
8	Polygon	16	7.033116
9	Polygon	17	6.187147
10	Polygon	18	1.714927
11	Polygon	7	6.742525
12	Polygon	6	19.207574
13	Polygon	5	6.305842
14	Polygon	4	16.880258
15	Polygon	3	11.38512
16	Polygon	2	14.256992
17	Polygon	1	21.67127
18	Polygon	19	4.391445

Fuente: ArcGis

Por consiguiente, el área total de suelos Agrícolas irrigados con aguas de la subcuenca del río Huatanay es **271.481074 ha**.

Según los resultados obtenidos se observa que se ha disminuido el área agrícola esto debido a la expansión demográfica.

### 6.1.2.- Cedula de Cultivo

La obtención de los datos para la cédula de cultivos, se realizó mediante la encuesta, por lo que la información recabada representa una aproximación del total de la población (Parcelas de cultivo).

Existen 270 ha de terreno de cultivo identificadas a la ribera del río Huatanay, tanto en la margen derecha e izquierda, de las cuales identificamos mediante la encuesta 49.5 ha, donde se utiliza como fuente de riego las aguas de dicho río.

Cuadro N° 16. Cédula de Cultivo

CÉDULA DE CULTIVO									
Provincia	Distrito	Sector	Área (ha)						
			Maiz	Papa	Haba	Cebada	Quinua	Hortalizas	Total
CUSCO	SAYLLA	Condebamba	2.68	0.13	0.13	0.33	0	0	3.27
		Saywa	0.8	0.3	0	0.2	0.1	0.2	1.63
		Angostuta	0.73	0.2	0	0	0.33	0.13	1.39
		Ferroviana	0.8	0.0	0	0.29	0	0	1.09
		Inafer	0.45	0.2	0	0	0	0	0.65
		<b>Sub Total</b>	<b>5.46</b>	<b>0.86</b>	<b>0.13</b>	<b>0.82</b>	<b>0.43</b>	<b>0.33</b>	<b>8.03</b>
QUISPICANCHI	OROPESA	Huasao	2.37	0.2	0.13	0.25	0	0	2.9
		Pumamarca	1.52	0.0	0	0.56	0.2	0	2.28
		Chingo Grande	2.17	0.0	0.19	0.38	0	0.25	2.99
		Oropesa	3.67	0.1	0.3	0.44	0	0	4.51
		Choquepata	1.72	0.0	0.05	0.33	0.15	0	2.25
		Tipon	2.49	0.2	0	0.25	0	0	2.89
		Nuevo Huasao	1.86	0.0	0	0.38	0.33	0	2.57
		Chinicara	4.38	0.4	0.15	0.51	0	0.33	5.77
		<b>Sub Total</b>	<b>20.18</b>	<b>0.8</b>	<b>0.82</b>	<b>3.1</b>	<b>0.68</b>	<b>0.58</b>	<b>26.16</b>
	LUCRE	La Cantuta Tongobamba	5.65	0.7	0	0.32	0.55	0.33	7.54
		Ticahuerta	5.57	1.3	0	0.45	0.5	0	7.77
<b>Sub Total</b>		<b>11.22</b>	<b>1.94</b>	<b>0</b>	<b>0.77</b>	<b>1.05</b>	<b>0.33</b>	<b>15.31</b>	
<b>TOTAL</b>			<b>36.86</b>	<b>3.6</b>	<b>0.95</b>	<b>4.69</b>	<b>2.16</b>	<b>1.24</b>	<b>49.5</b>

Según el cuadro N° 16 se tiene estimada a cédula de cultivo por distrito, donde:

El distrito de Saylla, provincia del Cusco tiene un total de 8.03 ha identificadas.

El distrito de Oropesa, provincia de Quispicanchi tiene un total de 26.16 ha identificadas.

El distrito de Lucre, provincia de Quispicanchi tiene un total de 15.31 ha identificadas.

*Gráfico N° 01.- Cédula de Cultivo en porcentaje*



Según el gráfico N° 01 el maíz es el cultivo principal que se produce en la sub cuenca, que representa el 74.5%. A su vez, la quinua expresa un 4.3%, cebada 9.5%, Habas 1.9%, la papa un 7.3%.

Por otra parte, las hortalizas representan el 2.5%, donde se pudo observar los cultivos de: Betarraga, Acelga, Brócoli, Repollo, Lechuga.

## 6.2.- Propiedades edáficas y concentración de Metales pesados (HG, AS, CR, NI, PB, ZN) en suelos agrícolas.

### 6.2.1.- Caracterización física del suelo

La caracterización física del suelo, se refiere a las características de organización estructural que determinan sus propiedades cualitativas y cuantitativas para el desarrollo de los cultivos, es decir la interacción suelo – aire – agua – microorganismo – plantas. **(Honorato R., 1988).**

Los sitios de muestreo corresponden a 3 distritos (Saylla, Oropesa y Lucre), donde se obtuvo **dos muestras representativas.**

*Cuadro N° 17.- Sitios de muestreo*

Sitio	Uso de agua	Coordenadas	Distrito
P1	Residual	192358.74 m E 8498946.40 m N	Saylla
P2	Residual	193704.48 m E 8498381.59 m N	Saylla
P3	Residual	197015.64 m E 8496240.55 m N	Oropesa
P4	Residual	198915.50 m E 8495477.12 m N	Oropesa
P5	Residual	201770.98 m E 8494583.47 m N	Oropesa
P6	Residual	204256.31 m E 8493705.13 m N	Lucre

\*Sitios Donde se riega con aguas del río Huatanay.

#### **6.2.1.1.- Color del suelo**

El color del suelo sirve como indicador para denominar horizontes y es determinante para su clasificación; el color del suelo puede deberse a las características de material generador o intemperización de minerales durante su formación. Los suelos agrícolas de la subcuenca de Río Huatanay, van de color gris pardo a gris muy oscuro y esto habla en general, de suelos con concentraciones de materia orgánica adecuada para el crecimiento de cultivos, de tipo arcilloso ideal para las actividades agrícolas.

#### **6.2.1.2- Clase textural**

Denominada también como la composición granulométrica, expresa las proporciones relativas de las partículas minerales del suelo; es decir, su expresión cualitativa y cuantitativa (tamaño, naturaleza y proporción de las partículas del suelo). Estas partículas minerales pueden clasificarse según su composición química, su densidad, su forma o su tamaño **(Boul s., 1997)** y determinan el grado de humedad, drenaje, agregación, plasticidad, cohesión, retención de nutrientes y capacidad de intercambio catiónico, entre otras propiedades del suelo **(Reyes I., 1996)**.

La composición granulométrica promedio de los suelos analizados presentan los siguientes porcentajes: 43% arena, 34% limo y 23% arcilla y lo clasifican como clase textural FRANCO, este tipo de textura presenta un mayor equilibrio entre sus componentes y se considera como el estado ideal en la textura de los suelos agrícolas. **(Talavera S., 1983)**.

En general, los suelos de la Subcuenca presentan textura Franco (Cuadro N° 18), buenos para el cultivo de *Brassicaceas* y para especies adaptables, tales como la papa y el maíz.

*Cuadro N° 18.- Determinación de la clase textural del suelo por el procedimiento de hidrómetro de bouyoucos.*

Muestra	Arena %	Limo %	Arcilla %	Clase textural
M-01	43	34	23	FRNACO

### **6.2.1.3- Densidad aparente y densidad real; espacio poroso del suelo**

La densidad real (DR), se expresa como la relación de la masa total de las partículas sólidas en un volumen conocido, excluyendo el volumen ocupado por los poros existentes entre tales partículas, está en función de los constituyentes sólidos del suelo y varía según el estado de agregación y el volumen ocupado por espacios intersticiales **(Leon A., 1991)**.

La densidad aparente (DA) por su parte, es la relación de la masa y volumen macroscópico ocupado por las partículas del suelo más el espacio poroso. Esta propiedad influye en la elasticidad, conductividad eléctrica, dureza y conductividad térmica del **suelo (Lopez-Ritas J. y Lopez-Melida,J. 1978)**.

El volumen que no es ocupado por material sólido en el suelo, se denomina espacio poroso (EP) y puede estar ocupado por agua o por aire; también es un parámetro importante que permite el desarrollo vital y la actividad biológica en el suelo **(Leon A., 1988)**.

La porosidad depende de la textura, estructura y la actividad biológica del suelo. La actividad biológica del suelo y la materia orgánica presenta mayor espacio poroso de esta forma, los suelos coloidales los que tienen la mayor porosidad (**Aguilar S., 1988**).

Los suelos analizados, presentan porcentajes que permiten la aireación y retención adecuada del agua en el suelo (40.07%). Clasificados como suelos Franco.

#### **6.2.1.3.1.- Interpretación de la DR, DA y EP.**

Los datos obtenidos de las densidades real y aparente son empleados en diferentes ecuaciones para obtener algunos valores del suelo tales como: lamina de riego, contenido de humedad por volumen de suelo y la masa del suelo por Ha de cultivo.

*Cuadro N° 19.- Determinación de la DR, DA, EP.*

N°	Densidad Aparente Kg*m <sup>-3</sup>	Densidad Real Kg*m <sup>-3</sup>	Espacio Poroso %
M-01	1.51	2.52	40.07

Los suelos agrícolas de la subcuenca del río Huatanay, presentan características físicas buenas para la actividad agrícola, ya que su porosidad y textura franca permite la fácil aireación y retención adecuada del agua en el suelo; permite también el contacto radical directo con las estructuras formadoras del suelo y a la disponibilidad de materia orgánica para las plantas; aunado a esto, difícilmente puede considerarse la acumulación de metales pesados biodisponibles para las plantas al menos en la capa arable.

## 6.2.2.- Caracterización química del suelo

### 6.2.2.1.- pH en el suelo

El pH en el suelo varía según su composición y la proporción de agua que contenga. Este parámetro determina la concentración de iones hidrogeno y otros elementos generadores de la acidez del suelo. El pH se relaciona con la biodisponibilidad de metales pesados y nutrimentos en el suelo ya que puede desencadenar varias reacciones químicas y bioquímicas; también determina la actividad microbiológica y por tal, la degradación de la materia orgánica, fuente importante de nutrimentos **(Buol S., 1997)**.

#### 6.2.2.1.1.- Interpretación del pH

El pH en los suelos agrícolas del valle de la subcuenca del rio Huatanay, presenta un promedio de 8.30, se presentan suelos alcalinos.

*Cuadro N° 20.- Determinación del pH del suelo.*

Nº	Ph	DESCRIPCIÓN
M-01	8.20	Medianamente Alcalino

#### 6.2.2.2- Materia orgánica

Es el material de origen orgánico que se encuentra en diferentes grados de descomposición en el suelo; es muy importante en relación con la fertilidad del suelo ya que determina en gran parte, diferentes propiedades físicas y químicas, aumenta los niveles de filtración de agua y facilita la labranza, también reduce

las pérdidas por erosión y es una fuente importante de nutrientes para los cultivos **(Aguilar S., 1988)**.

La mayor parte de la materia orgánica del suelo está formada por residuos vegetales y animales contiene variables de nutrientes como fósforo, magnesio, calcio, azufre y otros micronutrientes **(Blandinck A. y Dick R., 1999)**.

El contenido de MO es de 1.33, en general contenido medio bajo.

Según los parámetros del suelo para determinar la calidad productiva del suelo, se considera que los suelos que tienen de 2 a 3% de materia orgánica son adecuadas para el cultivo y que, los que presentan porcentajes menores a 2% son pobres en materia orgánica y no garantizan la buena productividad agrícola **(Etchevers B., 1971)**.

*Cuadro N° 21.- Determinación del porcentaje de materia orgánica en los suelos agrícolas.*

N°	M.O. %	M.O. Interpretación
M-01	1.33	Medio bajo

#### **6.2.2.3.- Conductividad eléctrica (CE)**

La salinidad de los suelos, particularmente en la sub cuenca de río Huatanay, se debe al empleo de aguas residuales y fertilizantes de base sódica para los cultivos **(Leon A., 1991)**.

El contenido de sales totales en el suelo, se refiere a los constituyentes inorgánicos que intervienen en el crecimiento y desarrollo de las plantas y que responden específicamente a la presión osmótica de la solución del suelo; este contenido de sales, varía inversamente con el contenido de agua, cuando se mide la conductividad eléctrica en el suelo por medio de una pasta de saturación, se está midiendo de manera casi exacta, el contenido de sales disueltas en el suelo **(Whitney M., 1897)**.

*Cuadro N° 22.- Medición de la conductividad eléctrica.*

N°	C.E. (mmhos/cm)
M-01	0.84

El rango de la conductividad eléctrica de los suelos en la subcuenca del Río Huatanay es 0.84 mmhos/cm, con ello se considera que los efectos de salinidad generalmente son desapercibidos (Cuadro N° 23).

*Cuadro N° 23.- Conductividad eléctrica del extracto de saturación (mmhos/cm) respuesta de las plantas.*

Conductividad eléctrica del extracto de saturación (mmhs/cm)	Respuesta de las plantas
0-2	Efectos de salinidad generalmente desapercibidos.
2-4	El rendimiento de los cultivos muy sensibles a las sales puede ser limitado.

4-8	El rendimiento de los cultivos sensibles a las sales se restringe.
8-16	Únicamente los cultivos tolerantes a las sales rinden satisfactoriamente.
Más de 16	Únicamente unos cuantos cultivos tolerantes a las sales rinden satisfactoriamente.

Propuesto por Scofiel (1949), modificado por el U.S. Sanitary Laboratory (USSLS, 1954)

#### 6.2.2.4.- Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

La capacidad de intercambio catiónico (CIC), es una propiedad química que tienen las arcillas del suelo para retener e intercambiar cationes de Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ), Sodio ( $\text{Na}^{++}$ ), hidrogeno ( $\text{H}^+$ ) y amonio ( $\text{NH}_4$ ). A partir de esta propiedad, es posible inferir acerca del tipo de arcilla presente, la magnitud de la reserva nutrimental y del grado de intemperismo y fertilidad de los suelos (**Pierce F.,1999**).

Cuando la CIC es alta, el suelo puede retener una mayor concentración de cationes y hacerlos intercambiables; esto depende principalmente, de la cantidad y el tipo de arcillas, así como del contenido de materia orgánica (**Aguilar S., 1987**).

En la subcuenca del río Huatanay, los valores determinados de CIC es de 16.21 meq/100g (tabla), presentando en promedio un grado de fertilidad adecuado.

*Cuadro N° 24.- Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y grado de fertilidad del suelo a través del método as-12, con Acetato de Amonio.*

N°	C.I.C. Meq/100	Grado de fertilidad
M-01	16.21	Media

**6.2.2 Determinación de la concentración total de metales pesados en suelos agrícolas de la sub-cuenca del río Huatanay, en los sectores de Saylla y Oropesa.**

La determinación de la concentración de metales pesados de los suelos agrícolas de la sub cuenca de río Huatanay, se llevó a cabo en el “NSF International Inassa ENVIROLAB”, empleando la técnica de: Mercurio en Suelo, EPA Method 7474 (validado), Revised 2007 y Metales en suelo por ICP-AES.EPA Method 6010 B, Revised 2, Dicember 1996.

*Cuadro N° 25.- Determinación de la concentración de metales pesados totales en suelos agrícolas de la sub cuenca del río Huatanay.*

Muestra	Hg mg/Kg	As mg/Kg	Cr mg/Kg	Ni mg/Kg	Pb mg/Kg	Zn mg/Kg
h-01	0.016	4	13.7	11	17	72
RANGO PERMISIBLE	0.04 – 0.28	4 – 20	<65	<20	10 - 150	25 - 200

#### **6.2.2.1.- Mercurio**

Las concentraciones de Hg, en los suelos de la Sub cuenca del rio Huatanay, teniendo un resultado de 0.016 mg/Kg. Según Hagedom (1996), la concentración normal de Mercurio que deberá presentar un suelo es de 0.04 a 0.28 mg/Kg, por lo que el valor obtenido según el análisis puede considerarse como normal.

#### **6.2.2.2.- Arsénico**

El total de As, encontrado en los suelos agrícolas de la subcuenca del Rio Huatanay, se obtiene un resultado de 4 mg/Kg. Considerando un nivel de fitotoxicidad de moderado a alto los valores entre 5 y 20; por lo tanto, los análisis demuestran que los niveles de Arsénico encontrados no presentan un peligro de fitotoxicidad.

#### **6.2.2.3.- Cromo**

Las concentraciones de Cr total en los suelos agrícolas de la sub cuenca del rio Huatanay tiene un promedio de 13.7 mg/kg, el valor obtenido no es significativo en comparación al valor promedio mundial establecido de 65 mg/Kg.

#### **6.2.2.4.- Níquel**

El total de Ni, encontrado en los suelos agrícolas de la subcuenca del Rio Huatanay, es de 11mg/Kg. Aunque este considerado como un nutrimento necesario para las plantas, también se han reportado índices de toxicidad por altas concentraciones en el suelo; este valor no sobrepasa a la media de 20 mg/Kg establecida para el rango normal en el suelo.

#### **6.2.2.5.- Plomo**

El total de Pb determinado en los suelos de la sub cuenca del río Huatanay, es de 17 mg/Kg, esta concentración, según Bowie y Thornton (1985), cae dentro del rango normal de Pb total en el suelo (10 a 150mg/Kg).

#### **6.2.2.6.- Zinc**

Las concentraciones de Zn, en los suelos de la Sub cuenca del río Huatanay, teniendo un promedio de 72 mg/Kg. Según Bowie S. y Thomton I. (1985), la concentración normal de Zinc que deberá presentar un suelo es de 25 a 200 mg/Kg, por lo que el valor obtenido según el análisis puede considerarse como normal.

### **6.3.- Identificación de metales pesados en aguas superficiales del río Huatanay.**

Con el objetivo de estimar la presencia de metales pesados (Hg, As, Cr, Ni, Pb, Zn), potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica y sulfatos en el agua superficial del río Huatanay, se realizó el análisis de agua correspondiente. Donde se obtuvo una muestra representativa, al juntar las muestras de varios puntos.

Cuadro N° 26, *Criterios Ecológicos de Calidad de Agua CE-CCA-001/89, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 2 de diciembre de 1989.*

<b>Metales</b>	<b>Método</b>	<b>Rango</b>
<b>Arsénico</b>	EPA 200.8	0.00004 – 50.00 mg/L
<b>Cromo</b>	EPA 200.8	0.001 – 50.00 mg/L

<b>Mercurio</b>	EPA 200.8	0.00007 – 10.00 mg/L
<b>Niquel</b>	EPA 200.8	0.009 – 50.00 mg/L
<b>Plomo</b>	EPA 200.8	0.00006 – 50.00 mg/L
<b>Zinc</b>	EPA 200.8	0.002 – 100 mg/L

*Cuadro N° 27.- Criterios ecológicos de calidad de agua para diferentes usos (\*)*

Parámetro mg/L	Fuente de Abastecimiento de Agua Potable	Recreativo e Industrial	Riego Agrícola
Potencial de Hidrógeno (pH)	5.0 - 9.0	6.0 - 9.0	4.5 - 9.0
Sulfato	500		130
Mercurio (Hg)	0.001		
Arsénico (As)	0.05		0.1
Cromo (Cr)	0.5	0.1	1
Níquel (Ni)	0.01		0.2
Plomo (Pb)	0.05	0.1	5
Zinc (Zn)	5		2

(\*) = Criterios Ecológicos de Calidad de Agua CE-CCA-001/89, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 2 de diciembre de 1989

*Cuadro N° 28.- Valores encontrados de los parámetros analizados en el agua superficial del río Huatanay. (\*)*

Muestra	pH	C.E. (mmohs/cm)	SO4 (meq/L)	Hg	Ar	Cr	Ni	Pb	Zn
H-1	7.3	1.19	1.4	<0,00007	0,00356	0,001	0,0019	0,00120	0,050

(\*)La concentración se expresa en mg/L a menos que se especifique otra unidad

### 6.3.1.- pH

En lo que respecta al pH de las aguas del río Huatanay, se puede observar en el cuadro N°28 que tiene un valor de 7.3, esto quiere decir que las aguas son neutras.

### 6.3.2.- Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica es otro parámetro fundamental para el análisis de las aguas residuales, ya que es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad. Es indicativa de la materia ionizable total presente en el agua. La conductividad del agua pura es mínima, mientras que las residuales presentan valores diversos.

En lo que respecta a la conductividad eléctrica de las aguas del río Huatanay que se puede observar según el cuadro N°28, tiene el valor de 1.19 mmhos/cm.

### 6.3.3.- Sulfatos

El sulfato (SO4) se encuentra en casi todas las aguas naturales. La mayor parte de los compuestos sulfatados se originan a partir de la oxidación de las menas de sulfato, la presencia de esquistos, y la existencia de residuos industriales. El sulfato es uno de los principales constituyentes disueltos de la lluvia. Las aguas residuales del drenado de minas de hierro pueden aportar

grandes cantidades de sulfato debido a la oxidación de la pirita. • Análisis de Aguas y Desagües (2da edición-1998) Autor: Ing. Enrique Jimeno Blasco

Podemos observar en la Cuadro N°28, que la cantidad de sulfatos encontrados es de 1.4, entonces podemos decir, que según el cuadro N°27, el resultado no es significativo.

#### **6.3.4.- Metales Pesados (Hg, Ar, Cr, Ni, Pb, Zn)**

La presencia de metales pesados en las aguas del rio Huatanay, se debe a que es el único colector de residuos de la ciudad del cusco, y aunque no sea una zona minera, la creciente población de las ciudades que pertenecen a la sub cuenca del rio Huatanay, hacen que el problema este latente.

Según la cuadro N°28 tenemos los resultados de los análisis, donde el mercurio (Hg) presenta  $<0,00007$ , esto quiere decir que no sobrepasa los límites de toxicidad, que presenta el cuadro N°26, al igual que el arsénico (Ar) que presenta  $0,00356$ , también el cromo (Cr) con  $0,001$ , Níquel (Ni) =  $0,0019$ , Plomo (Pb) =  $0,00120$  y el Zinc (Zn) =  $0,050$ .

Este resultado puede que se deba a que está en funcionamiento la planta de tratamiento, ubicado en angostura, a la salida de la ciudad de Cusco. Así mismo, a la poca presencia industrial en las ciudades por donde pasa el rio Huatanay, no obstante, este trabajo sirve como una medida de comparación con las siguientes generaciones y el crecimiento poblacional.

#### **6.4.- Destino de la Producción**

El destino de la producción está destinado al ámbito local y regional.

Local, donde se llevan los productos a los diferentes mercados del pueblo y de la ciudad de Cusco.

Regional, donde los productos son acopiados principalmente por comerciantes que lo llevan a la región de Puno y en menor medida a Arequipa.

Cuadro N° 29.- Destino de la producción a nivel de sector y distrital

DESTINO DE LA PRODUCCIÓN POR DISTRITO - PERSONAS																	
Provincia	Distrito	Sector	Maiz		Papa		Haba		Cebada		Quinua		Hortalizas		TOTAL		
			Local	Regio nal	Local	Regio nal	Local	Regio nal	Local	Regio nal	Local	Regio nal	Local	Regio nal	LOCAL	REGIONAL	ENCUEST AS
CUSCO	SAYLLA	Condebamba	2	4	1		1		1						5	4	24
		Saywa	1	2	1								2		2	4	
		Angostuta	1	1								1	1		2	2	
		Ferroviana		2					1						1	2	
		Inafer	1			1									1	1	
		<b>Sub total</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	
QUISPICANCHI	OROPESA	Pumamarca	2	3					1		1				4	3	72
		Huasao	1	4	1		1		1						4	4	
		Chingo Grande	2	3			1		1	1				1	4	5	
		Oropesa	1	5	1		1								3	5	
		Choquepata	2	2			1		1		1				5	2	
		Tipon		6	1				2						3	6	
		Nuevo Huasao	2	3					2		1				5	3	
		Chinicara		10	1		1		3				1		6	10	
	<b>Sub total</b>	<b>10</b>	<b>36</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>11</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>34</b>	<b>38</b>		
	LUCRE	La Cantuta Tongobamba	3	11	2				2		1		1		9	11	
Ticahuerta		1	12	3				3		1				8	12		
<b>Sub total</b>		<b>4</b>	<b>23</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>17</b>	<b>23</b>		
<b>TOTAL</b>			<b>19</b>	<b>68</b>	<b>11</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>18</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>62</b>	<b>74</b>	<b>136</b>
<b>PORCENTAJE TOTAL</b>															<b>46%</b>	<b>54%</b>	

Todos los números representan personas encuestadas.

Cuadro N° 30.- Destino de la Producción de los Cultivos.

<b>DESTINO DE LA PRODUCCIÓN PORCENTAJE</b>				
<b>Cultivo</b>	<b>Local (personas %)</b>		<b>Regional (personas %)</b>	
Maíz	19	31%	68	92%
Papa	11	18%	1	1%
Haba	6	10%	0	0%
Cebada	18	29%	1	1%
Quinoa	5	8%	1	1%
Hortalizas	3	5%	3	4%
<b>TOTAL</b>	<b>62</b>	<b>100%</b>	<b>74</b>	<b>100%</b>

El cuadro N° 30, nos indica que, de acuerdo a las personas entrevistadas, el destino de la producción por producto es variado, teniendo así:

Como destino local:

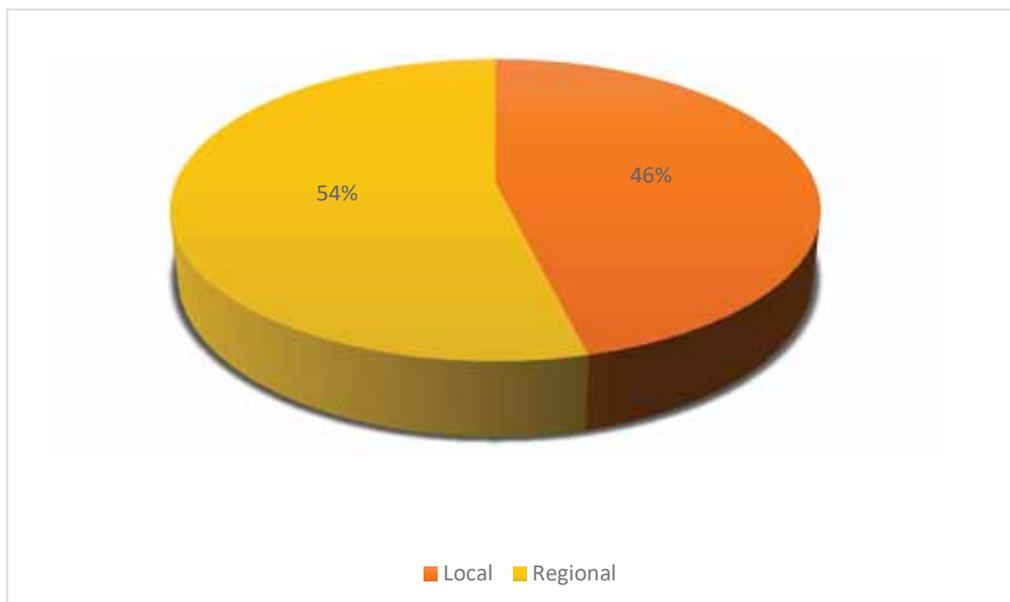
- Cultivo de Maíz, 19 personas que representan el 31%.
- Cultivo de papa, 11 personas que representan el 18%.
- Cultivo de Haba, 6 personas que representan el 10%.
- Cultivo de Cebada, 18 personas que representa el 29%.
- Cultivo de quinua, 5 personas que representa el 8%.
- Hortalizas, 3 personas que representan el 5 %.

Como destino regional:

- Cultivo de Maíz, 68 personas que representan el 92%.
- Cultivo de papa, 1 persona que representan el 1%.
- Cultivo de Cebada, 1 persona que representa el 1%.
- Cultivo de quinua, 1 persona que representa el 1%.

- Hortalizas, 3 personas que representan el 4 %.

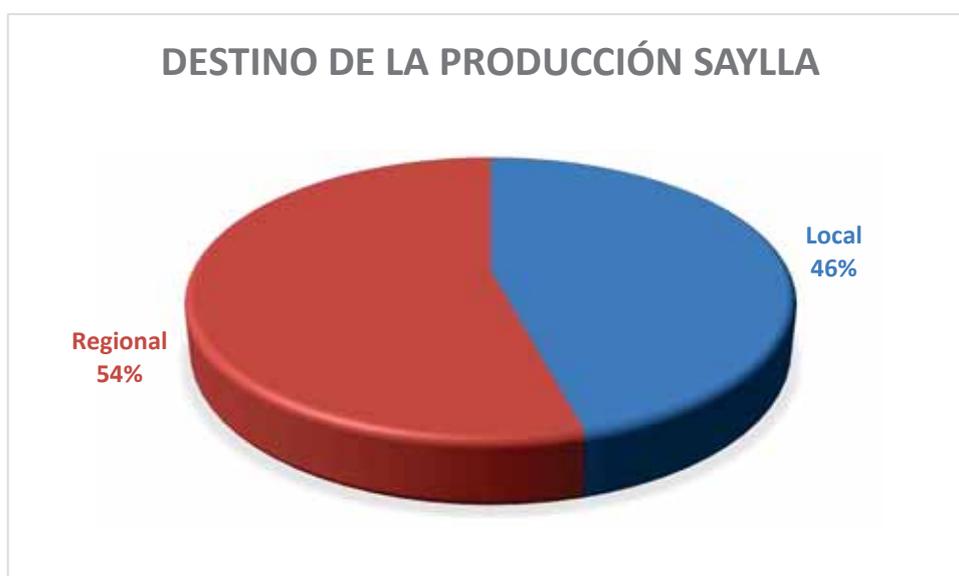
Gráfico N° 02. Destino de la producción general.



Los principales cultivos que se producen en la subcuenca son distribuidos de la siguiente manera.

### Destino de Producción a Nivel Distrital

Gráfico N° 03.- Destino de producción en el distrito de Saylla.



El distrito de Saylla, provincia de Cusco tiene 46% como destino Local y un 54% como destino Regional.

Gráfico N° 04.- Destino de Producción en el distrito de Oropesa.



El distrito de Oropesa, provincia de Quispicanchi, tiene 47% para destino Local y 53% para destino Regional.

Gráfico N° 05.- Destino de producción en el distrito de Lucre.



El distrito de Lucre, provincia de Quispicanchi, tiene 42.5% para el destino Local y 57.5% para el destino regional.

## VII.- CONCLUSIONES

A lo largo del presente trabajo de investigación, se logró determinar la concentración de metales pesados (Hg, As, Cr, Ni, Pb, Zn) en los suelos irrigados con aguas del río Huatanay que ocupa la sub cuenca, llegando a las siguientes conclusiones:

1.- La superficie de parcelas irrigadas con aguas del río Huatanay, en la sub cuenca es de 271.5 ha.

Respecto a la cédula de cultivo se tiene: 132.3 Ha de Maíz que representa el 49%, 24.3 Ha de Papa que representa el 9%, 16.2 Ha de Quinoa que representa el 6%, 16.2 Ha de trigo que representa el 6%, 13.5 Ha de Arveja que representa el 5%, 10.8 Ha de Haba que representa el 8% , 37.8 Ha de Forraje que representa el 14% y 18.9 Ha de Hortalizas que representa el 7%, de las 270 Ha de la Sub Cuenca del Río Huatanay que se estudian en este Proyecto de Investigación.

2.- Las concentraciones medias de los elementos evaluados se encuentran dentro del rango normal de concentración en el suelo:

- Mercurio. - Este presenta una media de concentración de 0.016 mg/kg.
- Arsénico. - Este presenta una media de concentración de 4mmg/kg.
- Cromo. - La media de concentración es de 13.7 mg/kg.
- Níquel. - El valor encontrado es de 11 mg/kg.
- Plomo. - Este presenta una media de concentración de 17 mg/kg.
- Zinc. - La media de concentración es de 72 mg/kg.

Resultando no significativo o peligroso, debido a que se encuentran en los rangos permisibles de concentración.

3.- Todas las concentraciones de los seis metales pesados analizados en aguas del río Huatanay se encuentran dentro de los rangos permisibles según: lo Criterios Ecológicos de Calidad de Agua CE-CCA-001/89, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 2 de diciembre de 1989. Anexo técnico, emitido por el laboratorio AGQ.

- Mercurio. - Este presenta una media de concentración menor a 0.00007 mg/L.
- Arsénico. - Este presenta una media de concentración de 0.00356 mg/L.
- Cromo. - La media de concentración es de 0.001 mg/L.
- Níquel. - El valor encontrado es de 0.0019 mg/L,
- Plomo. - Este presenta una medida de concentración de 0.0012 mg/L.
- Zinc. - La medida de concentración es de 0.050 mg/L.

Todos estos se encuentran dentro de los rangos normales de concentración.

4.- El destino de la producción se distribuye de la siguiente manera: El 54% de la producción está destinado al mercado regional, siendo este principalmente a la localidad de Juliaca, y el 46% está destinado al mercado local, principalmente el mercado de productores de San Jerónimo y el Mercado de Vinocanchon.

Por su parte, el destino de la producción Regional esta principalmente abarcado por el cultivo de maíz, que representa el 92%, la papa, cebada y quinua, representan 1% cada uno, y finalmente las hortalizas representan el 4%.

Asimismo, el destino de la producción Local se distribuye de la siguiente manera: Cultivo de maíz 31%, cultivo de cebada 29%, cultivo de papa 18%, cultivo de haba 10%, cultivo de quinua 8%, y por último, hortalizas 5%.

## VIII.- SUGERENCIAS

Una vez terminada la tesis, se considera interesante otros aspectos relacionados al análisis de metales pesados en la agricultura local y se propone:

- Extender los estudios expuestos en este trabajo, haciendo hincapié en los cultivos de mayor importancia económica.
- Trabajar en mejorar la optimización del uso de aguas para el riego en la sub cuenca del río Huatanay.
- Realizar estudios de crecimiento demográfico en contraste a la agricultura y la contaminación de los recursos.
- Extender los estudios propuestos en el presente trabajo al estudio de otros tipos de metales pesados y contaminantes, que puedan perjudicar la calidad del producto y por ende a la salud humana.

## IX. BIBLIOGRAFIA.

1. Aguilar, S.A. (1988). *Metodo de analisis de suelos, Manual de analisis de suelos, Sociedad Mexicana de la ciencia del suelo A.C, Chapingo, MEXICO*
2. Aguirre, M., J., Athie, L., M. (1981). *Municipal wastewater in agricultura. Academic Press, New York. EEUU.*
3. Ahumada, I., Mendoza, J., Ascar, L. (1999). *Sequential extraction of heavy metals in soils irrigated with wastewater. Commun. Soil Sci Plant Anat., 30, (pp. 1507-1519). EEUU.*
4. AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. (2009). *Tratamiento Sanitario de Aguas Residuales.*
5. Bañuelos G.S., Ajawa H.A., Mackey, M., Wu, L., Cook, C., Akohoue, S., Zambruzuki, S., (1997). *Evaluation of different plants species used for phytoremediation of high soil selenium. J. Environ. Qual. 26:239-46. Washington, D.C., EEUU.*
6. Blandinck A.K., R. P. Dick. (1999). *Field management effects on soil enzyme activities. Soil Biology and Biochemistry, MEXICO.*
7. Boul, S. W., Hole, F.D., Mc Cracken. (1997). *Genesis y clasificacion de suelos, Primera Edicion ene español. MEXICO.*
8. Bowie, S. H. U.; Thornton, I. (1985). *Environmrntal Geochemistry and Healt. Boston: D. Reidel Publishing Co. EEUU.*
9. Calvo, Polo, (2017). *Evaluación De La Contaminación Del Río Huatanay – Provincias De Cusco Y Quispicanchi. Trabajo de tesis. Cusco, Perú.*
10. Centro Guaman Poma de Ayala. (2004). *Salvemos el Huatanay, Una prioridad para la vida en el Valle del Cusco. Cusco.*

11. Chang, A. C., Granato, T. C., Page, A. L. (1992). *A methodology for establishing phytotoxicity. Criteria for chromium, copper, nickel and zinc in agricultural land application of municipal sewage sludges*. J Environ. Qual. 21. (Pp 521-536.4). EEUU.
12. Cifuentes, E, H. Blumenthal, G. Ruiz Palacios, S. Bennett, M. Quigley, A. y H. Romero Álvarez. (1993). *Problemas de salud asociadas al riego agrícola con agua residual en Mexico*. SSA. Mex.; 35(6). (Pp 614-619). Mexico.
13. Cisneros E. X., Gontes B.R., Nuño R.R. (1996). *Contaminación de aguas y su efecto en el riego rejido en San Andres, Ocotlan Jalisco*. Mexico: Universidad de Guadalajara.
14. Cuenca R. M. (2015). *Selección de un sistema de desinfección en proyectos de reutilización de las aguas residuales tratadas*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.
15. De Esparza. M. L. y De Zumaeta. M. (1990). *Riesgos para la salud por el uso de aguas residuales en agricultura*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS)
16. Etchevers B.J., D. Espinoza, E. Riquelme. (1971). *Manual de fertilidad y fertilizantes*. Chillan , CHILE.
17. Fergusson, J.F., (1990). *The heavy Elements. Chemistry, Enviromental Impact and Health Effects*. Pergamon Press. Oxford, Inglaterra.
18. Fitter, A. H., Kay, R. K. M. (1987). *Enviromental Physiology of Plants*. Academic Press. San Diego, EEUU.
19. García J.C., Plaza C., Muñoz F. y Polo A. (2000). *Evaluation of heavy metals pollution on barley crop by agricultural use of municipal solid waste compost*. Centro de Ciencias Medioambientales, CSIC. Madrid. 3rd Internacional

- Symposium on Geotechnics related to the European Environment. Berlín, Alemania.
20. Gómez Villasante, H. (2004). *Contaminación del agua y deterioro ambiental caso de los ríos Vilcanota – Huatanay. Cusco - Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente. Cusco, Perú.*
21. González, J., Moreno, A. M., Perez L., Larrea, M. T., Prieto, P., de la Rosa, C. Angeles, M., (2000). *Nivel de contaminación en suelos por elementos traza. Impacto sobre las comunidades microbianas. Edafol. V. 7-3. septiembre 2000. (Pp. 47-54). Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid.*
22. Hernández, G.; Flores, F.; Maples; Solorio; J., y Alcala, J. (1994). *Riesgo de acumulación de Cd, Pb, Cr y Co en tres series de suelos de DR03, Estado de Hidalgo, Mexico. Revista Mexicana de Ciencias Geologicas, V. 11.1 (pp. 53-61).*
23. Holmgren, G. G. S., M. W. Meyer, R. L., Chaney, R. B., Daniels. (1993). *Cadmium, lead, zinc, copper and nickel in agricultural soil of the United States of America. J. Env. Qual. 22. (Pp. 235-348). National Institute of Science and Technology (NIST). EEUU.*
24. Honorato, R., H. Silva, y C. Bonomelli. (1988). *Efecto del suelo en el patron de enraizamiento y productividad de la vid. Ciencia e investigacion agraria, MEXICO.*
25. IMA. (2002) *Gestión Del Agua En la Subcuenca del Huatanay Y La Concertación Para El Tratamiento De Problemas Ambientales. Cusco, Perú).*
26. INEI. (2007). *Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda. Perú.*
27. INSTITUTO GEOGRÁFICO DEL PERÚ. (2018). *Base de datos Perú - Shapefile - Límites Políticos. Perú*

28. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA.(2008). *Perfil del productor agropecuario*. Perú
29. Jiménez C., B.; Siebe G., Ch.; Cifuentes G., E. (2005). *El Reúso Intencional y no Intencional del Agua en el Valle de Tula*. Academia Mexicana de Ciencias. México D.F., México.
30. Kabata Pedias, A., Pedias H., (1995). *Trace Elements in Soils and Plants*. CRC Press, London. Inglaterra.
31. Kabata Pedias, A., Pedias, H. (1984). *Agricultural Problems relates to excessive trace metal contents of soils*. En *Heavy Metals*, Salomons W., Forstner U., Mader P. (Eds). Springer, Berlin. Alemania.
32. Kabata Pedias A. (2004). *Soil-plant transfer of trace elements—an environmental issue*. *Geoderma*.; 122(2):143-149.
33. Kevin, C., Michael L. (2001). *Bioaccumulation of metals in plants, arthropods, and mice at a seasonal wetland*. University of California, John Muir Institute of the Environment, Davis, California, USA.
34. Leon, A. R., (1991). *Nueva edafología , regiones tropicales y áreas templadas de México*, 2° edición corregida y aumentada. MEXICO.
35. Lindsay, W.L. y W.A. Norvell. (1978). *Development of a DTPA soil zinc, iron, manganese and copper*. J. Am. Sci. Soil. 42. (Pp. 421-428). Soil Science Society of America Journal. Digital Library.
36. Lopez Ritas J., Lopez Melida, J. (1985). *El diagnóstico de suelos y plantas*. Prensa mundial, MEXICO.
37. Lyngby, S.S., Martens, D.C., Miller, W.P. (1981). *Distribution and plant availability of soil zinc fractions*. Soil Sci Soc. Am. J., 45, (pp. 735-739). Soil Science Society of America Journal. Digital Library.

38. Mara, D., Cairncross S., (1990). *Directrices para el uso sin riesgo de aguas residuales y excretas en agricultura y acuicultura*. España
39. McGrath, D., McCormack, R.J. (1999). *The significance of heavy metal and organic micropollutants in soil*. End of Project Report No. 4268.
40. Mendivil, R., Arriaga, B., Castañeda, J. (2002). *Gestión del agua en la cuenca del río Huatanay y la concertación para el tratamiento de problemas ambientales*. Cusco, Perú: IMA.
41. Mortvedent, J. J., (1983). *Micronutrientes en Agricultura*. AGT Editor, S.A. Mexico.
42. Narwal, R.P., Singh, B. R., Selbu, b. (1999). *Association of cadmium, zinc, copper and nickel with components in naturally heavy metal rich soils studied by parallel and sequential extraction*. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 30, (pp. 1209-1230)
43. Nastusch, J. (1997). *Application and development of contaminated site remediation technologies in Australia*. ANZAC Fellowship Report to Department of Internal Affairs, Wellington, New Zealand and Department of Foreign Affairs and Trade, Canberra, Australia.
44. Nobel, P. S. (1999). *Physicochemical and Environmental Plant Physiology*. Academic Press. San Diego, EEUU.
45. Pierce, F. J., P. Nowak. (1999). *Advance in agronomy*. Prensa mundial, MEXICO.
46. Reyes Jaramillo I. (1996). *Fundamentos teorico-practicos de temas selectos de la ciencia del suelo*. MEXICO.
47. Robles, P. C. (1992). *Variación de algunos parámetros químicos del suelo por irrigación con aguas negras urbanas*. (Pp. 103). Memorias de XXV Congreso

del Suelo. Barquisimeto, Venezuela. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado.

48. Talavera S.G. (1983). *Comparacion de seis metodos para la determinacion de capacidad de campo en suelos del campo experimental CENAMAR.*

Lagunera, MEXICO.

49. Toral Ferrero. Y., (1996). *Estudio comparativo de esquemas de especialización en muestras solidas de interés medioambiental. Trabajo de Licenciatura.*

Universidad de Valladolid, España.

50. Vizcaino-Murray, F. (1975). *La contaminación en Mexico. Fondo de Cultura Economica.* Mexico.

51. Whitney M., T. H. Means. (1897). *An electrical method of determining the soil.* EEUU.

## **ANEXOS**

## **MODELO DE ENCUESTA**

## FORMATO DE ENCUESTAS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
 ESCUELA PROFESIONAL DE CIENCIAS AGRARIAS  
 DEPARTAMENTO ACADEMICO DE AGRICULTURA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA  
 AREA DE INGENIERIA AGRICOLA



### FICHA DE INFORMACION DE VISITA DE CAMPO

#### 1. INFORMACION GENERAL

##### DATOS DEL PROPIETARIO

Nombres y apellidos:.....

#### 2.-UBICACIÓN DE LA PARCELA:

Región	Cusco	Comunidad:	
Provincia:		Subcuenca:	
Distrito:		Coordenadas UTM	

#### ACCESO A LA PARCELA:

Desde	A	Tipo de Via	Medio de Transporte	Tiempo (hr)
Cusco				

#### 3.-CARACTERISTICAS DE LA PARCELA:

AREA TOTAL	AREA IRRIGADA	FUENTE

#### 4.-CEDULA DE CULTIVO:

CULTIVOS	HECTAREAS		RENDIMIENTO	COSTO DE PRODUCCION	PRECIO DE PRODUCTOS EN CHACRA
	Secano	Bajo Riego			
1° campaña					
2° campaña					


**6.-DESTINO DE LA PRODUCCION AGRICOLA:**

PRODUCTOS	AUTO CONSUMO	MERCADO LOCAL	MERCADO REGIONAL
1.-			
2.-			
3.-			
4.-			
5.-			
6.-			
7.-			

## **CUADRO RESUMEN DE ENCUESTAS REALIZADAS**

**CUADRO RESUMEN DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS EN EL DISTRITO DE SAYLLA - CUSCO**

N°	NOMBRES Y APELLIDOS	Ubicación			Area Total (Ha)	Fuente de Riego	Cedula de Cultivo	Mercado	
		Sector	COORDENADAS (UTM)				Cultivo	Local	Regional
			Este	Norte					
1	VICENTINA QUISPE ROJAS	Condebamba	192206.81	8498994.87	0.33	Huatanay	Maiz, Haba	X	
2	AURORA HUALLPA QUISPE	Condebamba	192313.2	8498961.63	0.33	Huatanay	Cebada, Maiz	X	
3	FELICITAS BACA QUISPE	Condebamba	192367.04	8498909.03	0.4	Huatanay	Maiz.		X
4	VALERIO OJEDA VARGAS	Condebamba	192423.33	8498886.87	0.5	Huatanay	Maiz	X	
5	RICARDO OJEDA ZUNIGA	Condebamba	192467.2	8498843.34	0.6	Huatanay	Maiz		X
6	AURELIO QUISPE SINCHON	Condebamba	192558.65	8498823.67	0.25	Huatanay	Maiz		X
7	MARCELINO HUAMAN MERCADO	Condebamba	192612.04	8498824.11	0.33	Huatanay	Maiz, Cebada	X	
8	JULIAN FARFAN HERRERA	Condebamba	192640.57	8498781.81	0.2	Huatanay	Maiz		X
9	HERNAN HUALLPA HUAMAN	Condebamba	192712.55	8498748.99	0.33	Huatanay	Maiz, Papa	X	
10	ZAIDA CUTIPA QUISPE	Saywa	191157.02	8499316.67	0.3	Huatanay	Maiz	X	
11	FELIPE HUALLPA CHUNGO	Saywa	191265.82	8499292.09	0.15	Huatanay	Quinoa, Hortalizas		X
12	ALCIRA BALDERRAMA CARRASCO	Saywa	191500.37	8499160.39	0.33	Huatanay	Papa	X	
13	MARIBEL TORRES FERRO	Saywa	191573.98	8499133.34	0.25	Huatanay	Maiz		X
14	JORGE YAÑEZ BELLOTA	Saywa	191702.52	8499047.23	0.35	Huatanay	Hortalizas, Cebada		X
15	VOLMA POLO VALENCIA	Saywa	191788.95	8499032.08	0.25	Huatanay	Maiz		X
16	BETTY ROJAS TAPIA	Angostura	191900.18	8498953.96	0.33	Huatanay	Maiz	X	
17	TIMOTEA FERNANDEZ GONZALO	Angostura	191997.31	8498932.68	0.4	Huatanay	Maiz		X
18	GREGORIO QUISPE CAMALA	Angostura	192134.95	8498834.75	0.33	Huatanay	Quinoa		X
19	FLORA MAMANI SANCHEZ	Angostura	192243.62	8498810.19	0.33	Huatanay	Papa, Hortalizas	X	
20	QUINTINA SINCHI GARCIA	Ferroviana	192543.56	8498700.45	0.25	Huatanay	Maiz		X
21	MATILDE VEGA HUAYTA	Ferroviana	192645.39	8498587.92	0.59	Huatanay	Maiz, Cebada	X	
22	TEODORA TTITO PALOMINO	Ferroviana	192736.16	8498534.33	0.25	Huatanay	Maiz		X
23	ELENA ZEBALLOS GUTIERREZ	Inafer	192933.87	8498468.94	0.5	Huatanay	Maiz, Papa		X
24	BRIGIDA HUALLPA CONDORI	Inafer	192845.39	8498583.91	0.15	Huatanay	Maiz	X	
<b>TOTAL</b>					<b>8.03</b>			<b>11</b>	<b>13</b>

**CUADRO RESUMEN DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS EN EL DISTRITO DE OROPESA - QUISPICANCHI**

N°	NOMBRES Y APELLIDOS	Ubicación			Area Total (Ha)	Fuente de riego	Cedula de Cultivo	Mercado	
		Sector	COORDENADAS (UTM)				Cultivo	Local	Regional
			Este	Norte					
1	MARIA QUISPE ROJAS	Pumamarca	194158.88	8498436.7	0.2	Huatanay	Quinoa	X	
2	HILARIA MAQUE HUAMAN	Pumamarca	194207.86	8498454.01	0.33	Huatanay	Cebada	X	
3	JULIANA CHACA JARA	Pumamarca	194242.13	8498410.02	0.3	Huatanay	Maiz	X	
4	JERONIMO VARGAS MERCADO	Pumamarca	194291.58	8498439.67	0.2	Huatanay	Maiz, Cebada		X
5	ROLANDO FERNANDEZ GARCIA	Pumamarca	194317.98	8498401.01	0.59	Huatanay	Maiz	X	
6	WILLY AYME BARRIOS	Pumamarca	194668.36	8498289.35	0.33	Huatanay	Maiz		X
7	DANIEL CONGORA QUISPE	Pumamarca	194783.15	8498263.09	0.33	Huatanay	Maiz, Cebada		X
8	MONICA HUILLCA RONDON	Huasao	194569	8498164.85	0.4	Huatanay	Maiz		X
9	ENRIQUE BARRETO	Huasao	194626.16	8498167.35	0.35	Huatanay	Maiz, Papa	X	
10	CESAR CONGORA SANTA CRUZ	Huasao	194657.93	8498114.78	0.5	Huatanay	Maiz		X
11	NICOLAS SARAYA CATUNTA	Huasao	194764.94	8498159.2	0.15	Huatanay	maiz	X	
12	ESTEBAN CATNTA BERMUDEZ	Huasao	194898.67	8498015.51	0.33	Huatanay	Maiz, Haba	X	
13	ESTANISLAO CONDORHUANCA SANCHEZ	Huasao	195004.81	8497938.8	0.25	Huatanay	cebada	X	
14	FORTUNANTO FERNANDEZ GONZALO	Huasao	194872.68	8497904.76	0.33	Huatanay	Maiz.		X
15	JULIAN GUTUERREZ AYMA	Huasao	195041.36	8497860.11	0.59	Huatanay	Maiz		X
16	MARIANO ROSARIO HUALLPA	Chingo Grande	195113.33	8497459.33	0.25	Huatanay	Hortalizas		X
17	WALTER HUALLPA QUISPE	Chingo Grande	195217.1	8497402.31	0.33	Huatanay	Maiz	X	
18	NARCISO HUALLPA H.	Chingo Grande	195005.83	8497235.37	0.33	Huatanay	Maiz, Cebada		X
19	DOROTEO BARRETO QUISPE	Chingo Grande	195472.41	8497318.26	0.59	Huatanay	Maiz, Haba	X	
20	JUDITH MARTINEZ GUTIERREZ	Chingo Grande	195220.11	8497100.29	0.25	Huatanay	cebada	X	
21	HERMENEGILDA QUISPE SALINAS	Chingo Grande	195476.08	8497108.45	0.33	Huatanay	Maiz.		X
22	MILTON HUAMAN QUISPE	Chingo Grande	195702.36	8497174.79	0.25	Huatanay	Maiz		X
23	EUSEBIA CCURA HUAMAN	Chingo Grande	195826.81	8496990.54	0.33	Huatanay	Maiz		X
24	RICHAR ALVAREZ QUISPE	Chingo Grande	195635.98	8496970.15	0.33	Huatanay	Maiz	X	
25	HONORATO TTITO BACA	Oropesa	196266.9	8496919.47	0.25	Huatanay	Maiz, Cebada		X
26	YOMIRA FARFAN MOJONERO	Oropesa	196278.09	8497013.01	0.59	Huatanay	Maiz	X	
27	HILARIO YUCRA LUNA	Oropesa	196004.09	8496844.34	0.2	Huatanay	Maiz, Papa	X	
28	CIRILO CONDORI CHILLIHUANI	Oropesa	196421.8	8496847.57	0.59	Huatanay	Maiz		X

29	CEFERINO YANA CONDORI	Oropesa	196364.98	8496704.83	1.3	Huatanay	Maiz		X
30	CASIANO QUISPE HUANCA	Oropesa	196552.5	8496692.21	0.66	Huatanay	Maiz		X
31	BARBARA CONDORI CONDORI	Oropesa	196563.52	8496589.53	0.33	Huatanay	Maiz		X
32	HONORATO CHILLIHUANI CCOLQQUE	Oropesa	196413.33	8496600.96	0.59	Huatanay	haba, Cebada	X	
33	WERNER CHILLIHUANI ESPETIA	Choquepata	197508.04	8496242.9	0.59	Huatanay	Maiz	X	
34	FELICITAS HUANCA YUCRA	Choquepata	197600.81	8496173.12	0.33	Huatanay	Maiz		X
35	JUANA HUANCA LUNA	Choquepata	197756.65	8496181.86	0.45	Huatanay	Maiz	X	
36	VICTORIA YUPA APAZA	Choquepata	197902.26	8496143.75	0.15	Huatanay	Quinoa	X	
37	HIGIDIO CHILLIHUANI HUANCA	Choquepata	197794.43	8496062.39	0.25	Huatanay	Maiz		X
38	VERONICA HUALLPA QUISPE	Choquepata	198003.21	8496037.45	0.15	Huatanay	Maiz, Haba	X	
39	FROILAN MERMA CUTIPA	Choquepata	198171.58	8496067.51	0.33	Huatanay	Cebada	X	
40	LEONCIO CCOLQQUE QUISPE	Tipon	198351.14	8495918.03	0.33	Huatanay	Maiz.		X
41	EMPERATRIZ YUCRA LUNA	Tipon	198264.93	8495901.82	0.25	Huatanay	Maiz		X
42	HILDA LUNA HUANCA	Tipon	198385.6	8495873.91	0.25	Huatanay	Maiz		X
43	FLORENTINA APAZA LUNA	Tipon	198331.28	8495848.67	0.3	Huatanay	Maiz		X
44	KARINA FUENTES QUISPE	Tipon	198468.47	8495725.53	0.4	Huatanay	Maiz, Cebada	X	
45	ESTEBAN LAYME JALANOCCHA	Tipon	198563.87	8495773.46	0.25	Huatanay	Maiz, Cebada	X	
46	CEFERINA CHOQUE CRUZ	Tipon	198492.09	8495709.49	0.33	Huatanay	Maiz		X
47	PAULINO HUANCCA CHILLIHUANI	Tipon	198573.43	8495660.41	0.45	Huatanay	Maiz, Papa	X	
48	PAOLA CHULLIHUANI YUCRA	Tipon	198665.12	8495640.71	0.33	Huatanay	Maiz		X
49	BENIGNA PUMA LUNA	Nuevo Huasao	198938.06	8495588.28	0.25	Huatanay	Maiz		X
50	BENEDICTA CONDORI NAYWA	Nuevo Huasao	199046.64	8495682.27	0.15	Huatanay	Maiz		X
51	ANGELINO HUANCA APAZA	Nuevo Huasao	199048.23	8495578.91	0.33	Huatanay	Maiz, Cebada	X	
52	FRANCISCO MERMA YUCRA	Nuevo Huasao	199166.12	8495433.4	0.34	Huatanay	Maiz		X
53	JUAN TURPO YUCRA	Nuevo Huasao	198869.37	8495436.5	0.59	Huatanay	Maiz	X	
54	CLEMENTE CCORIMANYA MERMA	Nuevo Huasao	199433.06	8495348.5	0.33	Huatanay	Maiz	X	
55	ROBERTO CONDORI CONDORI	Nuevo Huasao	199578.46	8495341.58	0.33	Huatanay	Quinoa	X	
56	CERAFINA CHILLIHUANI YAPURA	Nuevo Huasao	199772.62	8495286.62	0.25	Huatanay	Cebada	X	
57	FLORENTINO QUISPE TURPO	Chinicara	201316.3	8494731.6	0.33	Huatanay	Maiz		X
58	JUAN BAUTISTA MENDOZA CONDORI	Chinicara	201370.44	8494691.31	0.33	Huatanay	Cebada	X	
59	GIOVANA TURPO MAMANI	Chinicara	201289.5	8494629.99	0.66	Huatanay	Maiz		X

60	VILMA QUISPE CHILLIHUANI	Chinicara	201436.01	8494675.48	0.66	Huatanay	Maiz		X
61	FLORA CONDORI MAMANI	Chinicara	201569.75	8494693.68	0.25	Huatanay	Maiz		X
62	JERÓNIMO CRISPIN CONDORI	Chinicara	201462.08	8494537.43	0.15	Huatanay	haba	X	
63	EDWIN CHILLIHUANI JARA	Chinicara	201544.02	8494582.66	0.4	Huatanay	Papa	X	
64	FLORENCIO QUISPE CONDORI	Chinicara	201558.03	8494479.18	0.33	Huatanay	Maiz		X
65	HERNAN QUISPE CRISPIN	Chinicara	201641.38	8494670.29	0.33	Huatanay	Maiz, Cebada	X	
66	BRAULIO CRUZ YANA	Chinicara	201620.99	8494567.09	0.4	Huatanay	Maiz		X
67	HIGIDIO HUANCA CONDORI	Chinicara	201595.64	8494446.78	0.45	Huatanay	Maiz		X
68	JUSTINO MAMANI CONDORI	Chinicara	201790.43	8494621.87	0.5	Huatanay	Maiz		X
69	HERNAN CONDORI HUAMANTINA	Chinicara	201847.57	8494418.98	0.25	Huatanay	Maiz		X
70	MÁXIMO CONDORI MANDURA	Chinicara	201929.31	8494333.69	0.15	Huatanay	Maiz		X
71	VICTOR SALAZAR CONDORI	Chinicara	202037.45	8494371.45	0.25	Huatanay	Maiz, Cebada	X	
72	PERCY CONDORI HUAMANTOMA	Chinicara	202082.11	8494234.53	0.33	Huatanay	Hortalizas	X	
<b>TOTAL</b>					<b>26.16</b>			<b>34</b>	<b>38</b>

**CUADRO RESUMEN DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS EN EL DISTRITO DE LUCRE - QUISPICANCHI**

N°	NOMBRES Y APELLIDOS	Ubicación		Area Total (Ha)	Fuente de riego	Cedula de Cultivo	Mercado		
		Sector	COORDENADAS (UTM)			Cultivo	Local	Regional	
			Este						Norte
1	ZULMA SALAZAR MANDURA	La cantuta Tongobamba	202438.6	8494211.42	0.33	Huatanay	Maiz		X
2	TOMAS CHOQUE MANDURA	La cantuta Tongobamba	202619.48	8494184.42	0.33	Huatanay	Maiz		X
3	FRANCISCA CCAHUANA CONDORI	La cantuta Tongobamba	202715.91	8494129.81	0.59	Huatanay	Maiz, Cebada	X	
4	SAMUEL LAURA TTITO	La cantuta Tongobamba	202851.31	8494131.96	0.4	Huatanay	Maiz		X
5	MARIO GONZALO CCAHUANA	La cantuta Tongobamba	202749.74	8493986.47	0.55	Huatanay	Maiz.		X
6	VICTOR SALAZAR MANDURA	La cantuta Tongobamba	202879.02	8494108.54	0.25	Huatanay	Maiz		X
7	MANUEL MERMA HUANCA	La cantuta Tongobamba	202850.64	8493945.48	0.33	Huatanay	Hortalizas	X	
8	ADRIEL QUISPE TTITO	La cantuta Tongobamba	202968.46	8494092.57	0.15	Huatanay	Maiz	X	
9	MARIANO FLORES SULLCAPUMA	La cantuta Tongobamba	203016.88	8493892.21	0.33	Huatanay	Maiz, Cebada	X	
10	ALEJANDRINA CONDORI JANCCO	La cantuta Tongobamba	203155.93	8494014.61	0.33	Huatanay	Maiz		X
11	JUANITA QQESHUALLPA GARCIA	La cantuta Tongobamba	203389.84	203510.67	0.25	Huatanay	Maiz, Papa	X	
12	INOCENCIA GARCIA GONZALES	La cantuta Tongobamba	203547.82	8494109.47	0.33	Huatanay	Maiz		X
13	EPIFANIA CUTIPA QUISPE	La cantuta Tongobamba	203468.55	8494106.94	0.55	Huatanay	Quinoa	X	
14	CAROLINA QUISPE APAZA	La cantuta Tongobamba	203434.8	8493873.45	0.59	Huatanay	Papa	X	
15	AGRIPINO TTITO YUCRA	La cantuta Tongobamba	203724.54	8494015.77	0.66	Huatanay	Maiz		X
16	MARIA FUENTES YAPURA	La cantuta Tongobamba	203648.54	8493928.16	0.33	Huatanay	Maiz		X
17	VICENTE FLORES QUISPE	La cantuta Tongobamba	203792.86	8493853.04	0.25	Huatanay	Maiz.		X
18	FORTUNATO HUAMAN YAPURA	La cantuta Tongobamba	203697.13	8493873.51	0.33	Huatanay	Maiz		X
19	ROSALIA QUISPE TTITO	La cantuta Tongobamba	203858.56	8493846.48	0.33	Huatanay	Maiz	X	
20	JUANA FUENTES QQESUALLPA	La cantuta Tongobamba	203210.96	8493893	0.33	Huatanay	Maiz	X	
21	MARIA QQESUALLPA CONDORI	Ticahuerta	204260.7	8493723.26	0.45	Huatanay	Maiz, Cebada	X	
22	MARUJA CONDORI CUTIPA	Ticahuerta	204457.25	8493943.83	0.33	Huatanay	Maiz		X
23	GREGORIO QQESUALLPA CONDORI	Ticahuerta	204630.98	8493916.43	0.25	Huatanay	Maiz, Papa	X	
24	MARIA QUISPE QUISPE	Ticahuerta	204768.34	8493849.56	0.59	Huatanay	Maiz		X
25	LEONARDA FUENTES CCANAHUIRI	Ticahuerta	204703.83	8493755.94	0.6	Huatanay	Maiz		X
26	JHON RONAL CONDORI CUTIPA	Ticahuerta	204615.62	8494004.8	0.33	Huatanay	Maiz		X
27	NIEVES GARCIA SULLCAPUMA	Ticahuerta	204777.46	8493968.32	0.3	Huatanay	Maiz	X	

28	DOMINGO FUENTES TTITO	Ticahuerta	204736.48	8494032.87	0.35	Huatanay	papa, Cebada	X	
29	DAMIANA TTITO QQUESUALLPA	Ticahuerta	204845.82	8494064.25	0.45	Huatanay	Maiz		X
30	MARIO QUISPE GARCIA	Ticahuerta	204632.43	8494249.44	0.33	Huatanay	Maiz		X
31	BRAULIO GONZALO MANDURA	Ticahuerta	204807.86	8494259.12	0.33	Huatanay	Maiz		X
32	NAZARIA LAYME JALANOCCA	Ticahuerta	204967.7	8494483.47	0.5	Huatanay	Quinoa	X	
33	BUENAVENTURA FLOREZ HUAMAN	Ticahuerta	205067.71	8494598.34	0.59	Huatanay	Papa	X	
34	SIMEON FLOREZ PERES	Ticahuerta	205192.04	8494792.84	0.15	Huatanay	Maiz		X
35	ANTERO CONDORI FLOREZ	Ticahuerta	205344.79	8495136.92	0.25	Huatanay	Maiz, Cebada	X	
36	EUFROSINA FLORES MACHACA	Ticahuerta	205280.5	8495332.03	0.35	Huatanay	Maiz		X
37	DIONICIA QUISPE LUNA	Ticahuerta	205477.31	8495496.52	0.66	Huatanay	Maiz, Papa	X	
38	DAVID QUISPE FLORES	Ticahuerta	205483.35	8495723.94	0.3	Huatanay	Maiz		X
39	MARCELINA TAPE DE CCAHUANA	Ticahuerta	205687.89	8496023.54	0.33	Huatanay	Maiz		X
40	TANIA CLADERON ZEBALLOS	Ticahuerta	205796.59	8496195.44	0.33	Huatanay	Maiz		X
<b>TOTAL</b>					<b>15.31</b>			<b>17</b>	<b>23</b>

## **ANALISIS REALIZADOS**

**Información General**

Matriz: Suelo

Solicitud de Análisis: Cotización N° 30998 (Ago-790)

Muestreado por: Cliente

Procedencia: Luis Antonio Yabarrena Uscamayta (Av. Enrique Yabar S/N - Distrito de Paucartambo, Provincia de Paucartambo, Cusco)

Lugar de Muestreo: Parcelas de los Distritos: Saylla, Lucre, Oropesa - Cusco

Referencia: Sub - Cuenca del Río Huatanay - Cusco

Identificación de Laboratorio: S-0001291600  
 Tipo de Muestra: Suelo  
 Identificación de Muestra: H-01  
 Fecha de Recepción/Inicio de Análisis: 2016-11-29  
 Fecha y hora de Muestreo: 2016-11-27 07:00

Análisis	Fecha de Fin de Análisis	Resultado	Unidad
<b>Química</b>			
Mercurio en Suelo, EPA Method 7474(Validado), Revised 2007	2016-11-12		
Mercurio		0,016	mg/Kg
Metales en Suelo por ICP-AES, EPA Method 6010 B, Revised 2, December 1996	2016-11-13		
Arsénico		4	mg/Kg
Cromo		13,7	mg/Kg
Níquel		11	mg/Kg
Plomo		17	mg/Kg
Zinc		72	mg/Kg

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

- **APARTADO POSTAL**  
N° 921 - Cusco - Perú
- **FAX:** 238156 - 238173 - 222512
- **RECTORADO**  
Calle Tigre N° 127  
Teléfonos: 222271 - 224891 - 224181 - 254398
- **CIUDAD UNIVERSITARIA**  
Av. De la Cultura N° 733 - Teléfonos: 228661 - 222512 - 232370 - 232375 - 232226
- **CENTRAL TELEFÓNICA:** 232398 - 252210  
243835 - 243836 - 243837 - 243838
- **LOCAL CENTRAL**  
Plaza de Armas s/n  
Teléfonos: 227571 - 225721 - 224015
- **MUSEO INKA**  
Cuesta del Almirante N° 103 - Teléfono: 237380
- **CENTRO AGRÓNOMICO K'AYRA**  
San Jerónimo s/n Cusco - Teléfonos: 277145 - 277246
- **COLEGIO "FORTUNATO L. HERRERA"**  
Av. De la Cultura N° 721  
"Estadio Universitario" - Teléfono: 227192

## FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS CENTRO DE INVESTIGACION EN SUELOS Y ABONOS(CISA) LABORATORIO ANALISIS DE SUELOS

TIPO DE ANALISIS : FERTILIDAD CARACTERIZACION Y OTROS ANALISIS.  
 PROCEDENCIA DE MUESTRAS : SAYLLA, GROPEZA, LUCRE, QUISPICANCHI - CUSCO  
 INSTITUCION SOLICITANTE : LUIS ANTONIO YABARRENA USCAMAYTA.

### ANALISIS DE FERTILIDAD :

N°	CLAVE	mmhos/cm C.E.	pH	% CaCO <sub>3</sub>	% M.ORG.	% N.TOTAL	ppm P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	ppm K <sub>2</sub> O
01	M-01	0.84	8.20	--	1.33	0.07	23.8	112

### ANALISIS MECANICO :

N°	CLAVE	meq/100 C.I.C.	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	CLASE-TEXTURAL
01	M-01	16.21	43	34	23	FRANCO

### OTROS ANALISIS :

N°	CLAVE	% H.E.	% C.C.	g/c.c. Da	g/c.c. Dr	% PMP	% POROSIDAD
01	M-01	22.54	22.11	1.51	2.52	11.03	40.07

CUSCO-K'AYRA, 21 DE FEBRERO DEL 2,019.

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CENTRO DE INVESTIGACION EN SUELOS Y ABONOS

*Arcadio Calderón Choquechambi*  
Mgt. Arcadio Calderón Choquechambi  
DIRECTOR

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CENTRO DE INVESTIGACION EN SUELOS Y ABONOS

*Fausto Yapura Condori*  
FAUSTO YAPURA CONDORI  
ANALISTA QUIMICA DE SUELOS, AGUAS Y PLANTAS



# LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO, FISICO DE SUELOS AGUAS Y PLANTAS

CALLE ALMAGRO N° 190  
TELF.: 277471 - CEL: 984 163025  
SAN JERÓNIMO - CUSCO



## ANALISIS DE AGUA RUTINA

SOLICITANTE : PEÑA QUISPE GABRIELA – YABARRENA USCAMAYTA LUIS  
PROCEDENCIA : LUCRE - QUISPICANCHI – CUSCO  
FECHA : CUSCO 12 DE FEBRERO DEL 2017

Nº	DETERMINACIONES	MUESTRA
01	C.E. mmhos/cm	1.19
02	pH	7.30
03	CALCIO meq/L	8.40
04	MAGNESIO meq/L	4.80
05	SODIO meq/L	6.00
06	POTASIO meq/L	0.60
	<b>SUMA DE CATIONES</b>	<b>19.80</b>
01	CLORUROS meq/L	6.70
02	SULFATOS meq/L	1.40
03	BICARBONATOS meq/L	10.40
04	NITRATOS meq/L	0.03
05	CARBONATOS meq/L	9.00
	<b>SUMA DE ANIONES</b>	<b>27.53</b>
	RAS	2.60
	CLASIFICACION	C3-S1
	<b>NOTA: LA MUESTRA DE AGUA, SE CLASIFICA COMO AGUA DE SALINIZACION ALTA Y UNA ALCALINIZACION BAJA</b>	



Anula y sustituye a la versión anterior : A-17/009164

Nº de Referencia: A-17/009164-M1

Descripción: SUBCUENCA DEL RIO HUATANAY - (OROPESA - SAYLLA - HUACARPAY)

Tipo Muestra: Agua de Manantial/Pozo

Fecha Fin: 28/02/2017

**RESULTADOS ANALITICOS**

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
<b>Metales Totales</b>				
Aluminio Total	1,15	± 13 %	mg/L	
Antimonio Total	0,00034	± 13 %	mg/L	
Arsénico Total	0,00356	± 13 %	mg/L	
Bario Total	0,0831	± 14 %	mg/L	
Berilio Total	0,00004	± 13 %	mg/L	
Bismuto Total	0,00036	± 18 %	mg/L	
Boro Total	0,150	± 19 %	mg/L	
Cadmio Total	0,00009	± 13 %	mg/L	
Calcio Total	135	± 14 %	mg/L	
Cerio Total	0,00101	± 8 %	mg/L	
Cobalto Total	0,00107	± 10 %	mg/L	
Cobre Total	0,0083	± 11 %	mg/L	
Cromo Total	0,001	± 12 %	mg/L	
Estaño Total	0,0001	± 10 %	mg/L	
Estroncio Total	1,2702	± 17 %	mg/L	
Fósforo Total	5,27	± 17 %	mg/L	
Hierro Total	0,67	± 9 %	mg/L	
Litio Total	0,0299	± 11 %	mg/L	
Magnesio Total	15,7	± 14 %	mg/L	
Manganeso Total	0,28936	± 13 %	mg/L	
Mercurio Total	< 0,00007	± 18 %	mg/L	
Molibdeno Total	0,00223	± 17 %	mg/L	
Niquel Total	0,0019	± 12 %	mg/L	
Plata Total	< 0,00006	± 18 %	mg/L	
Plomo Total	0,00120	± 18 %	mg/L	
Potasio Total	17	± 13 %	mg/L	
Selenio Total	0,00104	± 14 %	mg/L	
Sodio Total	183	± 15 %	mg/L	
Talio Total	< 0,00001	± 17 %	mg/L	
Titanio Total	0,0207	± 8 %	mg/L	
Torio Total	0,00033	± 14 %	mg/L	
Uranio Total	0,00034	± 17 %	mg/L	
Vanadio Total	< 0,006	± 11 %	mg/L	
Wolframio Total	< 0,00002	± 12 %	mg/L	
Zinc Total	0,050	± 17 %	mg/L	

# **REGISTRO FOTOGRÁFICO**

## RECOLECCIÓN DE MUESTRA DE SUELOS



*Fotografía N° 02.-Identificación del terreno agrícola.*



*Fotografía N°03.-Elección del terreno agrícola.*



*Fotografía N°04.- Proceso de desmalezado de área en donde se sacará la muestra.*



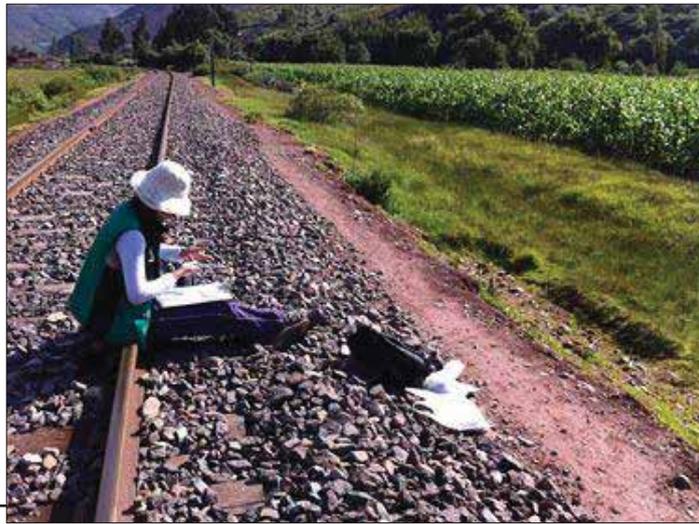
*Fotografía N°05.- limpieza del área de limpieza..*



*Fotografía N°06.- Extracción de la muestra.*



*Fotografía N° 07.- hoyo listo para la extracción de muestra.*



*Fotografía N° 08.- Toma de datos de la muestra recolectada.*



*Fotografía N°09.- Mezcla y separación de la muestra representativa.*

## RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE AGUA



*Fotografía N°10.-, Ruteo de la rivera del rio Huatanay.*



*Fotografía N°11.- Recolección de la muestra.1|*



*Fotografía N°12.- Sellado y Etiquetado de la muestra.*  
CULTIVOS



*Fotografía N°13- Cultivo de forraje(cebada).*



*Fotografía N°14.- Cultivo de brócoli y coliflor,*



*Fotografía N°15.- Cultivo de Maiz y Papa.*



*Fotografía N°16.- Cultivo de perejil y culantro.*



*Fotografía N°17.- Cultivo de lechuga.*

**MAPA DE LA IDENTIFICACIÓN DE  
TERRENOS IRRIGADOS CON AGUAS DEL  
RÍO HUATANAY EN LOS DISTRITOS DE  
SAYLLA – CUSCO, OROPESA, LUCRE –  
CUSCO.**

