

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA**

(Creada por Ley N° 25265)



**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA  
TESIS**

**"INVENTARIO DE RECURSOS HÍDRICOS DE 05 COMUNIDADES  
DEL DISTRITO DE ANTA DE LA PROVINCIA DE ACOBAMBA-  
HUANCAMELICA".**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**RECURSOS HÍDRICOS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

**KENY ROY ESPINOZA ROJAS**

**ACOBAMBA - HUANCAMELICA**

**2012**

## ACTA DE SUSTENTACIÓN O APROBACIÓN DE UNA DE LAS MODALIDADES DE TITULACIÓN

En la Ciudad Universitaria de "Común Era"; auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, a los 17 días del mes de enero del año 2012, a horas 04:00 p.m.; se reunieron; el Jurado Calificador, conformado de la siguiente manera:

**Presidente** : Ing. Isaac Nolberto ALIAGA BARRERA  
**Secretario** : Mg. Sc. Ing. Marino BAUTISTA VARGAS  
**Vocal** : Ing. Carlos Raúl VERASTEGUI ROJAS  
**Accesitario** : Mg. Sc. Ing. Rolando PORTA CHUPURGO

Designados con **RESOLUCIÓN Nº 335-2010-FCA-UNH**; del: proyecto de investigación o examen de capacidad o informe técnico u otros. Intitulado:

**"INVENTARIO DE RECURSOS HÍDRICOS DE 05 COMUNIDADES DEL DISTRITO DE ANTA DE LA PROVINCIA DE ACOBAMBA – HUANCAMELICA"**

Cuyo autor es el graduado:

BACHILLER: **ESPINOZA ROJAS, Keny Roy**

A fin de proceder con la evaluación y calificación de la sustentación del: proyecto de investigación o examen de capacidad o informe técnico u otros, antes citado.

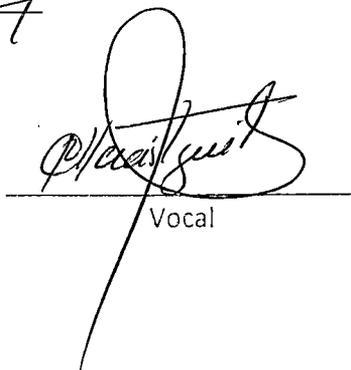
Finalizado la evaluación; se invito al público presente y la sustentante abandonar el recinto; y, luego de una amplia deliberación por parte del jurado, se llegó al siguiente resultado:

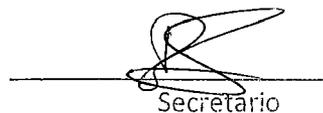
APROBADO  POR ..... *MAYORIA* .....

DESAPROBADO

En conformidad a lo actuado firmamos al pie.

  
 Presidente

  
 Vocal

  
 Secretario

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo de investigación a Dios, y en especial a mis padres Carmen Rosa y Leonardo que con su esfuerzo y dedicación supieron apoyarme incondicionalmente en el transcurso de toda mi vida

A los docentes de la Escuela Académico Profesional de Agronomía, por sus aportes incondicionales con sus conocimientos prácticos y científicos durante mi formación profesional.

## **Agradecimiento**

- A la Escuela Académico Profesional de Agronomía de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Huancavelica, por la formación profesional.
- Al Mg. Sc. Ing. RUIZ VILCHEZ, David, por brindarme su asesoramiento incondicional en la conducción, elaboración y discusión del presente proyecto de investigación.
- A todos los agricultores de las comunidades de Anta por su colaboración y su apoyo para poder elaborar el respectivo proyecto.

**Asesor:**

- Mg. Sc. Ing. RUIZ VILCHEZ, David

## Resumen

En el presente trabajo se realizó el recorrido de las comunidades de Huayanay, Sancaypampa, Patacancha, Ñahuincucho y Occoro del Distrito de Anta, Provincia de Acobamba Región Huancavelica, donde se realizó el inventario de los recursos hídricos de cada comunidad encontrándose 25 manantes y dos ríos (Río Huayanay y Occoro), donde se determinó el volumen de cada fuente hídrica en estudio encontrando el 0.1L/s el más representativo de 41% (11 unidades) que posee insuficiente agua para ser aprovechada en la actividad agrícola por la existencia de mayor demanda de agua.

El uso del agua se determinó con las observaciones directas en el terreno encontrando el 40% (10 unidades) para el uso poblacional el porcentaje es mayor por ser de prioridad, y el 32% (8 unidades). Para el uso Agrícola pecuario se observó la existencia de canales de riego, reservorios de concreto en las comunidades de Patacancha y Ñahuincucho, pero en la actualidad están en malas condiciones y ausencia de capacitaciones en riegos y que conlleva al mal manejo de pastos mejorados y insuficiente forraje para los ganados.

Para la determinación de la calidad del agua de riego, se recogieron muestras de 2L, de cada recurso hídrico de las 05 comunidades en estudio, donde se eligieron los principales manantes de cada comunidad, para determinar el análisis físico químico del agua obteniendo los siguientes resultados.

El pH de todas las muestras, se hallan dentro del rango 7.73 a 7.93 y por consiguiente son reconocidas como aguas recomendables para el riego, sin problema de sospecha.

Mediante la conductividad eléctrica se evaluó la salinidad de las diferentes muestras y los resultados de las comunidades de Huayanay, Patacancha, Ñahuincucho y Occoro ligeramente alto según la clasificación de C.E. y Sancaypampa con el índice menor de 669  $\mu$ S que recibe la calificación de aguas sin problema de salinización.

La Evaluación de problemas de permeabilidad que se expresa la relación de absorción de sodio (S.A.R.) los resultados de las cinco muestras representa riesgo bajo, que no provoca la degradación de mismo consiguiente pérdida de estructura de permeabilidad.

Las 05 muestras de aguas del presente trabajo, se clasifican de acuerdo a los nomogramas de Riverside, Greene y Wilcox; llegando a determinar agua de clase C2S1 y C3S1, respectivamente, y que significa aguas de buena calidad.

## Introducción

Es innegable la importancia que tienen los recursos naturales como el agua y el suelo en el desarrollo económico de un país como el nuestro, su empleo racional y eficiente, solamente se puede lograr mediante un apropiado planteamiento integral de la unidad de producción que es la cuenca hidrográfica, a través de acciones de conservación, manejo y aprovechamiento racional de estos recursos. Para esto es muy necesario la planificación de los cultivos y el riego, basándose en los momentos oportunos y cantidades óptimas de agua que requieren las plantas para satisfacer sus necesidades como también formular una adecuada política en la distribución, control y medición eficiente del agua a través de la infraestructura del sistema, hasta el nivel de parcelas.

La necesidad de riego en el Perú tiene particular importancia, especialmente en nuestra sierranía donde las inversiones ejecutadas en proyectos de aprovechamiento hidráulico, se encuentra en una proporción inferior a la de costa. Por lo tanto, la necesidad de incrementar el área cultivada bajo riego es vital para satisfacer la demanda alimentaria de una población que crece a ritmo anual del 3%, lo cual exige una mayor productividad por unidad de área cultivada; ello es posible aumentando los rendimientos de los cultivos, mejorando los factores de producción, entre ellos al uso racional del agua con una infraestructura adecuada.

Este tipo de proyectos debe ser promovido esencialmente por el estado como un medio para apoyar el desarrollo de las actividades productivas que contribuyan en elevar la calidad de vida de los sectores más deprimidos de la sierra rural del Perú.

En este sentido, el presente trabajo de tesis intenta recoger la experiencia acumulada en el desarrollo de proyectos de conservación y permitir sistematizar una metodología para la formulación de proyectos de conservación de aguas en la sierra y su aplicación –

La importancia del trabajo se justifica por la diversidad de orígenes y la composición que tiene el agua para riego, así como los múltiples efectos sobre el suelo, aun mas en el país ,

especialmente en Huancavelica no se sabe sobre la época de muestreos y como varia sus componentes en relación a esta.

Se planteó el trabajo en estudiar el agua de los manantes de las cinco comunidades del Distrito de Anta provincia de Acobamba región Huancavelica con los siguientes objetivos:

- 1.- Identificar las fuentes de agua en cada comunidad.
- 2.- Determinar el volumen y uso del agua de cada recurso hídrico encontrado.
- 3.- Determinar la calidad de agua, mediante análisis físico químico.

En función a lo descrito líneas arribas fue necesario buscar respuestas de ¿Determinar la calidad y uso agrícola de las fuentes de agua de las 05 comunidades del Distrito de Anta Provincia de Acobamba?

## Índice

Dedicatoria	Pg.
Agradecimiento	
Resumen	
Introducción	
<b>Capítulo I: Problema</b>	<b>14</b>
1.1. Planteamiento del problema	14
1.2. Formulación del problema	14
1.3. Objetivos: Generales y Específicos	15
1.4. Justificación	15
<b>Capítulo II Marco Teórico</b>	<b>16</b>
2.1 Antecedentes	16
Efecto de la calidad del agua de riego sobre las propiedades del suelo	16
Estudio de demanda hídrica actual y futura en las regiones de Cusco y Apurímac.	18
<b>2.2 Bases teóricas</b>	<b>18</b>
<b>2.2.1 Generalidades</b>	<b>18</b>
Agua	18
Ciclo hidrológico	19
¿Qué es un inventario de los recursos hídricos?	19
Inventario y Planeamiento de Recursos Hídricos	20
<b>2.2.2 Calidad del agua para riego e importancia de su estudio</b>	<b>20</b>
<b>2.2.3 Características químicas del agua</b>	<b>21</b>
<b>2.2.4 Importancia del agua en la agricultura</b>	<b>22</b>
<b>2.2.5 Factores que determinan la calidad agronómica del agua de riego</b>	<b>24</b>
Composición del agua	24

a.	Salinidad o concentración total de sales solubles	25
b.	Permeabilidad o peligro de Alcalinidad o Sodicidad	26
c.	La Composición Iónica Especifica y/o Elementos Tóxicos del agua.	28
d.	Las relaciones del sodio con el calcio; magnesio y potasio	29
e.	Dureza	29
f.	El pH.	31
<b>2.2.6</b>	<b>Clima</b>	<b>32</b>
<b>2.2.7.</b>	<b>Suelos</b>	<b>32</b>
<b>2.2.8.</b>	<b>Cultivos</b>	<b>32</b>
<b>2.2.9.</b>	<b>Manejo del Agua de Riego.</b>	<b>33</b>
<b>2.2.10</b>	<b>Relaciones de Agua de Riego, Suelo y Planta</b>	<b>33</b>
<b>2.2.11</b>	<b>Salinidad y Disponibilidad de Agua</b>	<b>34</b>
a.	Métodos de Clasificación del Agua de Riego	34
	Normas de Riverside	34
	Normas H. Greene	37
	Normas de L.V. Wilcox	38
<b>2.2.12</b>	<b>Toma de Muestras</b>	<b>40</b>
	Frecuencia de las mediciones	40
	Emplazamiento de los puntos de muestreo	40
	Métodos de muestreo	40
<b>2.2.13</b>	<b>Análisis Químicos y Físicos</b>	<b>41</b>
<b>2.3</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>41</b>
<b>2.4</b>	<b>Identificación de Variables</b>	<b>41</b>
2.4.1	Variable independiente	41
2.4.2	Variable Dependiente	42
<b>Capítulo III:</b>	<b>Metodología de la Investigación</b>	<b>43</b>
<b>3.1</b>	<b>Ámbito de estudio</b>	<b>43</b>
<b>3.2</b>	<b>Tipo de Investigación</b>	<b>44</b>

<b>3.3 Nivel de Investigación</b>	44
<b>3.4 Método de Investigación</b>	44
<b>3.5 Diseño de Investigación</b>	44
<b>3.6 Población, Muestra, Muestreo</b>	44
<b>3.7 Técnicas e instrumentos de Recolección de Datos</b>	45
<b>3.8 Procedimiento de Recolección de Datos</b>	45
<b>3.9 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos</b>	45
<b>Capítulo IV: Resultados</b>	46
<b>4.1. Presentación de resultados</b>	46
Actividades Preliminares	46
Reuniones de Coordinación	46
<b>4.1.1 Inventario</b>	46
Fase de campo	46
Cuadro N° 01 Inventario de los recursos hídricos de 05 comunidades del Distrito de Anta	48
Cuadro N° 02 Numero de fuentes por comunidad	49
Gráfico N° 01 Representación porcentual según cantidad de manantiales	50
<b>4.1.2 Volumen del agua</b>	50
Gráfico N° 02 Caudal	52
<b>4.1.3 Uso del agua</b>	52
Gráfico N° 3 Uso Actual de las fuentes	53
<b>4.1.4 Determinación del Análisis físico- químico del agua</b>	53
Muestras de agua	54
Cuadro N° 05 Características de las muestras	55
Cuadro N° 06 Resultados del análisis Físico –Químico	56
El pH	57
Evaluación de la Salinidad	57
Evaluación de problemas de permeabilidad	58

<b>4.1.5 Clasificación de las aguas en Estudio</b>	59
Norma de RIVERSIDE	59
Norma de L. V. Greene	61
Norma de L. V. Wilcox	63
<b>Conclusiones</b>	65
<b>Recomendaciones</b>	67
<b>Referencia Bibliográfica</b>	68
<b>Artículo Científico</b>	70
<b>Anexos</b>	73

## Índice de cuadros y gráficos

Cuadro N° 01 Inventario de los recursos hídricos de 05 comunidades del Distrito de Anta	48
Cuadro N° 02 Numero de fuentes por comunidad	49
Gráfico N° 01 Representación porcentual según cantidad de manantiales	50
Cuadro N° 03 Caudal (L/s)	51
Gráfico N° 02 Caudal	52
Cuadro N° 04 Uso Actual del agua	52
Gráfico N° 03 Uso Actual de las fuentes	53
Cuadro N° 05 Características de las Muestras	55
Cuadro N° 06 Resultados del análisis Físico –Químico	56
Cuadro N° 07 Clasificación de agua para riego según su CE	57

## **CAPÍTULO I: PROBLEMA**

### **1.1. Planteamiento del Problema**

Actualmente, en la Provincia de Acobamba no se cumplen las normas para el desarrollo sostenibles y uso del recurso agua. La creciente demanda del recurso hídrico, así como la reducción de los caudales en ríos con sus graves consecuencias para usuarios y ecosistemas, la sobre explotación de acuíferos a tasas superiores a la reposición natural, los problemas de contaminación y degradación de la calidad de las aguas, las dificultades de acceso al recurso para satisfacer necesidades básicas de un alto porcentaje de la población, son desafíos que demandan con urgencia estrategias que permitan resolver las numerosas tareas pendientes en cuanto a la utilización de los recursos hídricos. Por lo cual se identificara y realizara un registro de las fuentes y caudales del recurso hídrico existentes de las comunidades de Huayanay, Sancaypampa, Patacancha, Ñahuincucho y Occoro del Distrito de Anta Provincia de Acobamba.

### **1.2. Formulación del Problema**

Actualmente se desconoce la cantidad del recurso hídrico existente en sus diferentes formas en las comunidades de Huayanay, Sancaypampa, Patacancha, Ñahuincucho y Occoro, para poder realizar proyectos de infraestructura de desarrollo, se necesita identificar y registrar las fuentes del recurso hídrico, haciendo referencia sus características según su uso, caudal y calidad de agua, para ser utilizados en los sistemas de producción agraria en dichas comunidades.

### 1.3. Objetivo: General y Específicos

#### Generales

Elaborar el inventario de los recursos hídricos en 05 comunidades del Distrito de Anta Provincia de Acobamba.

#### Específicos

Identificar las fuentes de agua en cada comunidad.

Determinar el volumen del agua de cada recurso hídrico encontrado.

Determinar el uso del agua de cada recurso hídrico encontrado.

Determinar la calidad de agua, mediante el análisis físico-químico.

### 1.4. Justificación

**Científico:** Con el inventario de los recursos hídricos, permitirá registrar los recursos hídricos encontrados como también el uso, volumen, altitud y calidad recurso hídrico fuentes, uso y calidad del recurso hídrico a nivel de las 05 comunidades del Distrito de Anta Provincia de Acobamba como fuente de información para futuros trabajos productivos en la sociedad.

De este modo sentar las bases de la agricultura campesina andina como propuesta tecnológica en los Andes.

#### Social:

Con el registro de los recursos hídricos encontrados, permitirá el conocimiento de la comunidad para el mejor uso del agua tanto para la agricultura, ganadería y así mejorara la calidad de vida del agricultor.

#### Económico:

Con el inventario del recurso hídrico, se determinara el caudal adecuado para incrementar la producción por ende aumentaran las ganancias.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### **Efecto de la calidad del agua de riego sobre las propiedades del suelo**

**Agustín Báez (1999)** Los problemas más importantes asociados a la calidad del agua de riego son la salinización y sodificación del suelo. Ambos procesos son consecuencia del aporte de sales durante el riego y el aumento de la concentración de la solución del suelo, cuando el agua es absorbida por el cultivo y ocurre evaporación desde la superficie.

El objetivo de este trabajo es discutir las modificaciones que las aguas de riego pueden producir en las propiedades de los suelos.

Los resultados de evaluaciones realizadas en campos de productores y recopilación de antecedentes nacionales e internacionales, destacan que la magnitud de los efectos dependerá de las características del suelo y cultivo a regar, de las condiciones climáticas, de la intensidad y frecuencia del riego, del manejo de suelo y del cultivo, y del riego utilizado.

Existen antecedentes de incrementos en la conductividad eléctrica (CE), relación de adsorción sodio (RAS), pH y porcentaje de sodio intercambiable (PSI). El riego con aguas con elevada relación entre bicarbonatos y calcio más magnesio, ha producido un deterioro de las propiedades del suelo, dando lugar a precipitación de los cationes divalentes e incrementos del PSI. El concepto de Carbonato de Sodio Residual (CSR) tiene en cuenta los contenidos de carbonatos y bicarbonatos, los cuales pueden regular el efecto del sodio. Se reportaron

disminuciones de la CE y PSI después de períodos sin riego y con abundante precipitación.

Aguas con CE inferior a 0,5 dS m<sup>-1</sup>, particularmente por debajo de 0,2 dS m<sup>-1</sup>, favorecen la lixiviación de sales, minerales e incluyendo al calcio, con efecto sobre la estructura del suelo y reduciendo notablemente la infiltración. La formación de costra superficial dificulta la germinación y emergencia del cultivo.

Algunos cultivos pueden producir rendimientos, aceptables aún con niveles de salinidad relativamente elevados (cebada, sorgo, trigo, entre otros). Los rendimientos del trigo no han sido afectados por la aplicación de riegos con aguas de 2,5 y 6,5 dS m<sup>-1</sup>.

La tendencia actual consiste en adecuar la clasificación de aguas destinadas al riego a los resultados experimentales disponibles y a la creciente expansión del riego hacia regiones en las cuales se aplica el riego suplementario.

El exceso de sodio de intercambio origina un deterioro de la estructura, con reducción de la permeabilidad. Los cambios en densidad aparente de la capa superficial, dependen fundamentalmente del tipo de suelo. En los casos en los cuales hubo incremento en densidad aparente, éste ocurrió en suelos pocos profundos, con drenaje impedido, horizonte textural con alto contenidos de arcilla y cercano a la superficie. ,

En el norte de la provincia de Bs.As. Se reporta la incidencia negativa del riego sobre el contenido de materia orgánica y el índice de estabilidad de estructura de DeBoodt y De Leenheer. Sin embargo, en 5 sitios del sur de Santa Fe y en 6 situaciones del sur de la provincia de Buenos Aires no hubo cambios en el contenido de materia orgánica.

El conocimiento de estos efectos, permitirá desarrollar estrategias de manejo de suelo, de cultivo y del riego que conducirán a un uso racional del recurso agua, a proteger su calidad y a conservar el recurso suelo.

### **Estudio de demanda hídrica actual y futura en las regiones de Cusco y Apurímac.**

IMA (2010), concluye que luego de la recopilación de información de campo y gabinete y posterior procesamiento de los datos, se logró determinar que para los usos consuntivos, el 94.89% de la demanda total de agua en la microcuenca corresponde a la demanda agrícola (7819484,81 m<sup>3</sup>/año); el 3,166% de la demanda total corresponde a la demanda pecuaria (260933,11 m<sup>3</sup>/año), el 1,94% de la demanda total corresponde a la demanda de consumo humano y pública (160260,79 m<sup>3</sup>/año) y finalmente el 0,0005% corresponde a la demanda de tipo industrial (40,52 m<sup>3</sup>/año)

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Generalidades**

**Agua** (Del *latinaqua*) Sustancia compuesta por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno. A temperatura ambiente es líquida, inodora, insípida e incolora. Se considera fundamental para la existencia de la vida. Su fórmula química es: H<sub>2</sub>O **Catalán, (1962).**

#### **El agua**

El agua, al mismo tiempo que constituye el líquido más abundante en la tierra, representa el recurso natural más importante y la base de toda forma en la vida. No es usual encontrar el agua pura en forma natural, aunque en el laboratorio puede llegar obtenerse o separarse en sus elementos constituyentes, que son el hidrógeno (H) y el oxígeno (O). Cada molécula de agua está formada por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, unidos fuertemente en la forma H-O-H.

El agua del planeta esta principalmente almacenada en los océanos (97,37%) y en los inlandsis, glaciares y banquisas (2,01%). Un porcentaje importante está contenido en las formaciones geológicas

(0,54%). El remanente (0,06%) está constituido por aguas superficiales, que en gran proporción (más de la mitad) son saladas y por lo tanto no potables. El agua dulce directamente disponible para el uso humano constituye menos de 0,02% de la hidrosfera. De esa cantidad, 95% esta almacenada en los lagos, quedando solamente 0,001% para todos los ríos y arroyos **Catalán, (1962).**

**Ciclo hidrológico**

El ciclo hidrológico se define como la secuencia de fenómenos por medio de los cuales el agua pasa de la superficie terrestre, en la fase de vapor, a la atmósfera y regresa en sus fases líquida y sólida. La transferencia de agua desde la superficie de la Tierra hacia la atmósfera, en forma de vapor de agua, se debe a la **evaporación** directa, a la **transpiración** por las plantas y animales y por **sublimación** (paso directo del agua sólida a vapor de agua), **Catalán, (1962).**

**¿Qué es un inventario de los recursos hídricos?**

“El inventario es una herramienta que nos permite analizar el estado de las fuentes de agua, los tipos de usos, las características de la organización para la gestión del agua, los conflictos (actuales y potenciales, y los procesos de contaminación existente), además, posibilita la comprensión de la dinámica entre la oferta y la demanda de agua; con el fin de asegurar el equilibrio ambiental y responder a la demanda social, económica y productiva. Esta herramienta nos sirve para planificar el uso eficiente y sostenible del recurso. **PRONAMACHCS, (1 997).**

**Inventario y Planeamiento de Recursos Hídricos.-** Permite conocer y obtener una visión global de la micro cuenca, respecto a: i) Capacidad real de los recursos hídricos y demandas a fin de satisfacer necesidades múltiples y ii)

Conocer conflictos actuales y potenciales entre usos y usuarios, con el propósito de iniciar un proceso de concertación local sobre usos y protección del escaso recurso y manejo de conflictos y sentar las bases para una capacidad local de gestión de los recursos hídricos **PRONAMACHCS, (1997)**.

### **2.2.2 Calidad del agua para riego e importancia de su estudio**

La calidad del agua se refiere a las características de una fuente de agua que influyen sobre su aptitud para un uso específico. Es decir, en que grado la calidad del agua cumple con los requerimientos del uso al cual se destinará. En la evaluación de la calidad de agua para riego se pone énfasis en las características químicas, aunque el efecto de su aplicación dependerá de otros factores como el tipo de suelo, cultivo a regar y condiciones climáticas **(Bresler, 1982)**.

El estudio de la calidad de agua para riego es un paso inevitable al emprender un proyecto de riego. La utilización continua de aguas de baja calidad, con manejo inadecuado, puede provocar un deterioro de la calidad de los suelos cuya recuperación puede ser técnicamente difícil y en algunos casos económicamente inviable **(Prieto y Angueira, 1996)**.

Las diferencias fundamentales entre las zonas tradicionales de riego y la zona del sudeste bonaerense, son que en ésta: i) la cantidad de agua aplicada para riego suplementario es menor (entre 150 y 250 mm por año) y ii) existe un exceso de agua en el balance hídrico que oscila entre 100 y 200 mm anuales, con lo cual se produce el lavado de las sales que pudieran acumularse en el suelo. Estas razones permiten flexibilizar la utilización de aguas de salinidad

dudosa, siempre que se realice el monitoreo anual de salinidad del suelo **(Costa, 1999)**.

**Cyrl, (1953)**, sostiene que los geólogos creen que la vida sobre la tierra tanto de las plantas como de los animales se originó en el mar. Esto está de acuerdo con el hecho de que, tanto los unos como los otros, no pueden existir sin el agua en una u otra forma. Una somera reflexión mostrara que la distribución de la tierra y el mar hoy en día es 148'000,000 de km<sup>2</sup> de aéreas continentales, con una altura media de 750m; y 362'000,000 de km<sup>2</sup>, de aéreas oceánicas con una profundidad media de 3,800m.

El agua es un líquido puro, incoloro, transparente, inodoro y casi insípido que se encuentra en nuestros ríos y cae en forma de lluvia, es el agua típica; esta agua dulce y fresca la que tiene una extraordinaria importancia para la humanidad.

Así mismo, asegura que el origen más corriente del suministro de agua es la lluvia procedente del vapor de agua atmosférica y es un hecho interesante el que el aire normal contenga poco agua.

**(Velasco, 1979)**, afirma que en la naturaleza el agua constituye una gran parte del peso fresco de algunas plantas (95%). Muchos forrajes contienen 75-85% de agua y aun los troncos de árboles tienen un contenido alto de agua.

### **2.2.3 Características químicas del agua**

**Según (Cyrl, 1953)**, desde que cae en forma de lluvia sobre el terreno y mientras refluye otra vez al océano, el agua lleva algunas de las impurezas del aire – anhídrido carbónico, ácidos, etc. y disuelve además los componentes solubles del suelo y los estratos o reacciona y descompone las rocas minerales cuando se infiltra a

través del sub suelo; asegura además que agua del mar se reconoce por el gusto como el agua salada, mientras que el agua de los ríos se considera como agua dulce. En muchos casos, el agua se mantiene en combinación como agua de hidratación, como sucede en el apagado de la cal, del yeso y en el cemento Portland. Esto puede corresponder a algún proceso general de hidratación en la naturaleza, donde el yeso anhídrido se convierte en apagado (de la cal) absorbiendo agua en combinación o en la hidratación de los feldespatos, formando zeolitas o en caolinita por alteración acuosa a temperatura ordinaria durante la descomposición de las rocas bajo el nivel del suelo.

#### **2.2.4 Importancia del agua en la agricultura**

**Según (Cyril, 1953)**, sostiene que desde los tiempos de Aristóteles, entre 500 y 400 a.d.C., hasta el principio de la era cristiana, el agua se consideró como uno de los "cuatro elementos": aire, tierra, fuego y agua.

**(Ivovich, 1975)**, manifiesta que la tierra irrigada es cinco o seis veces más productiva, término medio, que la no irrigada, es decir, los 200 millones de has. de tierras irrigadas en el mundo producen casi tanta cosecha como los 1200 millones de has. de terrenos no irrigados; es así que la irrigación mecanizada también permiten un gran ahorro de agua. Un ejemplo es el uso de rociadores. Una distribución más uniforme del agua permite que el volumen utilizado se reduzca a la mitad, en comparación con la irrigación normal.

Las prácticas agronómicas proporcionan humedad superficial a las tierras arables. La producción de cosechas es de cómo de los mejores usos a que puedan aplicarse los recursos hídricos.

Nada podría ocupar el lugar del agua en el cultivo de plantas. Cualquier aumento del total de las cosechas implican un incremento

del agua necesaria; a veces se usa mucha más agua de irrigación de lo que requieren las plantas; en tales casos, la capa freática asciende, las plantas son liquidadas en suelos anegados y el rendimiento de las cosechas desciende.

**Olarte (1987)**, enuncia que es indiscutible la importancia que tienen los recursos naturales agua-suelo en el desarrollo económico del país. Su empleo en forma racional y eficiente solo puede lograrse mediante un adecuado planeamiento integral de la Unidad de Producción que es la cuenca hidrográfica, a través de acciones de conservación, manejo y aprovechamiento de otros recursos.

Las necesidades de la agricultura son las que finalmente condicional las acciones por las cuales deben ser considerada y coordinada la utilización del agua. Esto significa la necesidad de planificar los cultivos y el riego basándose en los momentos oportunos y cantidades de aguas optimas que requieran las plantas para satisfacer sus necesidades, como también formular una adecuada política en la distribución, control y medición eficiente del agua a través de la infraestructura del sistema hasta el nivel de parcela.

Por lo tanto, la necesidad de incrementar el área cultivada bajo el riego es vital para satisfacer la demanda alimentaria de una población que crece a un ritmo anual del 3%; lo cual exige una mayor productividad por unidad de área cultivada; ello es posible aumentando los rendimientos de los cultivos, variando las cedulas de cultivo, infraestructura de riego adecuado, etc.

## **2.25 Factores que determinan la calidad agronómica del agua de riego**

### **Composición del agua**

**Según Tenorio e Ibáñez (1985)**, Los constituyentes del agua para riego varían continuamente dentro de límites que, por lo general, no están lo suficientemente distanciados como para que su uso pueda verse afectado. Sin embargo, conviene tener en cuenta que existen variaciones más o menos previsibles, como los que se citan a continuación:

En las aguas captadas de acuíferos que discurren mayormente por calizas, se observa un mayor contenido de calcio en invierno que en verano. Si las acequias discurren a través de estratos ricos en sales solubles, pueden presentar un aumento de la concentración en verano de las sales totales.

**Cyril (1953)**, afirma que el agua de mar contiene 2,71% de cloruro sódico, mientras que la de río contiene tan solo meras trazas. La de mar contiene 0,38% de sulfatos mientras que la de río tan solo 0,057%, pero el agua de río lleva 0,288% de carbonatos de los que el agua de mar contiene tan solo trazas (0,000105%), es obvio que el agua de río variara en su composición (sólidos disueltos) de acuerdo con las rocas del país que atraviesa.

En el caso que existan causas como los citados o similares que puedan originar cambio significativo en la composición del agua, se debe realizar análisis frecuentes, cuyo número dependerá de las causas que la origina.

Los parámetros que evalúan la calidad del agua según Heras, Tenorio, Ibáñez y Olarte son:

**a. Salinidad o concentración total de sales solubles**

Desde el punto de vista de agua de riego, la concentración total de sales solubles, es el parámetro más importante. Este contenido suele ser peligroso cuando el agua contenga, más de 1 gr/L; contabilizándose en esta cifra todos los iones existentes en ella **Tenorio e Ibáñez(1985).**

**Según Olarte (1987),** Esta variable se puede expresar de dos maneras diferentes: por la totalidad de sales disueltas TDS (gr/L) y por la conductividad eléctrica ECi (en mmhos/cm a 25°C), rara vez se expresan por la concentración total de iones, es decir, cationes y aniones C (en meq/L)

**Conductividad eléctrica (CE).**

**Según Olarte (1987),** no hay que confundir CE aceptable en un agua de riego con la CE que tolera un cultivo, la CE del agua de la solución del suelo (expresado normalmente por la CE corresponde al estado de saturación), que generalmente es mayor que del agua de riego.

**Cuadro 1 Clasificación de aguas para riego según su CE**

Conductividad eléctrica		Contenido en sales disueltas
CE $\mu\text{S}/\text{cm}$	Riesgo	mg/l ó ppm
0-250	Bajo	160
250-750	Medio	160 - 480
750-2250	Alto	480 - 1440
más de 2250	Muy alto	mayor de 1440

**Tenorio et al, (1987),** coinciden en señalar que la mayoría de las sales solubles más importantes contenidos en el agua son muy

solubles y se ha determinado en la práctica, se puede obtener de la siguiente manera:

$$\mathbf{S.T. = C.E. \times K}$$

En la que: **S.T.**: Concentración de sales solubles totales.

**C.E.**: Conductividad eléctrica a 25°C.

**K**: Constante de proporcionalidad.

El valor de K se ha fijado aproximadamente en 0.64 cuando la C.E. es expresada en micromhos/cm; en este caso el contenido de sales se obtiene en ppm (mg/L).

Acotan que hay una proporcionalidad entre el contenido de las sales del agua y presión osmótica de la solución que indica a su vez la disponibilidad de humedad para los cultivos y/o necesidades hídricas, el agua de riego será tanto más efectivo cuanto menor sea su presión osmótica y por lo tanto su salinidad. Así se tiene que la salinidad máxima tolerable para los cultivos en general está dado cuando la presión osmótica alcanza un valor de:

$$\mathbf{P.O. (Atm.) = 0.36 \times C.E. (mmhos/cm) \quad (2)}$$

#### **b. Permeabilidad o peligro de Alcalinidad o Sodicidad**

Plantea **Olarte (1987)**, que el parámetro empleado para evaluar el riesgo de sodificación o alcalinización del suelo por acción del agua, afectando consiguientemente las condiciones físicas e hidrodinámicas de los suelos especialmente la velocidad de infiltración, así sido hasta hace años el RAS (Razón de Absorción del Sodio), definido por:

$$SAR = \frac{Na (meq/l)}{\frac{\sqrt{Ca (meq/l) + Mg (meq/l)}}{2}}$$

Sin embargo, este riesgo también depende del contenido del  $\text{CO}_3^-$  y  $\text{HCO}_3^-$  del agua, ya que al secarse el suelo después del riego parte de estos aniones precipitan en forma de carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio, separando el calcio y magnesio de la solución del suelo aumentando la proporción relativa del  $\text{Na}^+$ . Este proceso fue evaluado separadamente del concepto del RAS, mediante la concepción del carbonato de sodio residual (RSC) por Eaton en 1950, el que plantea la relación siguiente:

$$\text{RSC (meq/L)} = (\text{CO}_3^- + \text{HCO}_3^-) - (\text{Ca} + \text{Mg})$$

Posteriormente en 1972, Rhoades plantea el Nuevo concepto del RAS ajustado el que combina las dos relaciones anteriores (RAS y RSC) en una sola, basándose en los cambios que puede producirse en la solución del suelo de debido a ciertas combinaciones de sales en el agua, de modo que en algunas se disuelve en otras se precipita el  $\text{CO}_3\text{Ca}$ , añadiendo o reduciendo la concentración de Ca de la solución del suelo.

Este parámetro del RAS ajustado se basa en el índice de saturación (IS) propuesto por Bower en 1968, cuya ecuación estima la precipitación de carbonatos en función a la concentración de  $\text{CO}_3\text{Ca}$  de la solución del suelo.

$$\text{IS} = 1 + (8.4 - \text{pHc})$$

Donde:

8.4= pH de un suelo salino no sódico en equilibrio con el  $\text{CO}_3\text{Ca}$ .

$\text{pHe} = \text{p}(\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na}) + \text{p}(\text{Ca} + \text{Mg}) + \text{p}(\text{CO}_3 + \text{HCO}_3)$  son logaritmos de las concentraciones molares de cada uno de los iones que aparecen en el cuadro nro. 1 como datos para calcular el valor de pHc.

Finalmente, la relación del RAS ajustado está dado por:

$$\text{RAS aj.} = \text{RAS} [1 + (8.4 - \text{pHc})]$$

$$SAR = \frac{Na \text{ (meq/l)}}{\frac{\sqrt{Ca \text{ (meq/l)} + Mg \text{ (meq/l)}}}{2}} \quad (1+(8.4 - pH_c))$$

En la que los iones se expresan en miliequivalentes por litro (meq/L)

Riesgo de sodio	
SAR	Riesgo
0 - 10	Bajo
10 - 18	Medio
18 - 26	Alto
más de 26	Muy Alto

**c. La Composición Iónica Específica y/o Elementos Tóxicos del agua.**

La cantidad total de iones del agua, como se ha visto, además de definir la calidad de la salinidad o la del RAS ajustado.

Sobre la disponibilidad de agua para los cultivos y las condiciones físicas de los suelos respectivamente, puede ejercer toxicidad específica sobre las plantas cultivadas, así por ejemplo, no es lo mismo un agua en la que predomina el cloruro de sodio para un mismo valor de salinidad total; este hecho obliga de una manera urgente a conocer en el agua estudiada, la concentración de cada uno de los aniones y cationes presentes, afirma (**Olarte, 1987**).

Diferentes autores como coinciden en señalar que los principales aniones presentes en el agua son los Cloruros(Cl), sulfatos (SO<sub>4</sub><sup>=</sup>), bicarbonatos (HCO<sub>3</sub><sup>=</sup>) y en aguas con pH>3 los carbonatos (CO<sub>3</sub><sup>=</sup>), de los cuales el más nocivo es el Cl<sup>-</sup> especialmente sobre la parte área de los vegetales; por otra parte, los principales cationes son el calcio(Ca<sup>++</sup>), magnesio (Mg<sup>++</sup>), sodio (Na<sup>+</sup>) y en menor grado el potasio (K<sup>+</sup>), pudiendo apreciarse también algunas veces

constituyentes menores como el boro, litio, selenio y metales pesados. Además afirman que las aguas de riego pueden contener elementos tóxicos, el más conocido el boro, este elemento es esencial para el crecimiento de las plantas en concentraciones muy débiles (< 0,7ppm), pero es muy tóxico a concentraciones altas (4,00 ppm.).

La sensibilidad de las plantas al boro, varía con la especie; a continuación se presenta un listado de tolerancia de algunos cultivos al boro en el agua de riego (cuadro Nro. 02).

**Ibáñez, et al (1978)**, sostienen que es interesante constar como un elemento es esencial o tóxico según su concentración.

**d. Las relaciones del sodio con el calcio; magnesio y potasio.**

**Tenorio e Ibáñez (1985)**, señalan que las siguientes relaciones expresan también la calidad de riego.

$$\frac{\text{Na}}{\text{Ca} + \text{Mg}} < 1 \qquad \frac{\text{Na}}{\text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Na}} < 0.5$$

Las concentraciones deben estar expresadas en meq/L

**e. Dureza**

De acuerdo a **Tenorio e Ibáñez (1985)**, La dureza es otro índice que se refiere a la concentración de Ca y Mg en las aguas de riego. Generalmente las aguas muy duras son poco recomendables en suelos fuertes y compactos. La dureza del agua se expresa en grados hidrométricos franceses y se calcula con las siguientes formulas.

$$\text{G.H.F} = \frac{(Z \times 2.5) + (Y \times 4.12)}{10}$$

Donde: G.H.F = Grados hidrométricos franceses.

Z= ppm. de Calcio

Y=ppm. de Magnesio

2.5= Coeficiente para convertir calcio a carbonato.

**4.12 = Coeficiente para convertir Magnesio a carbonato.  
10= un grado de dureza francés (10mg CaCO<sub>3</sub> por un litro de agua)**

**Además señalan Tenorio e Ibáñez (1985), para calificar el agua de riego por su dureza se tiene la siguiente escala:**

G.H.F.	CLASIFICACION (CLASE DE AGUA)
<7	Muy dulce
7 -14	Dulce
14 – 22	Medianamente dulce
22- 32	Mediantemente dura
32- 54	Dura
>54	Muy dura

**CUADRO N° 02**

**La sensibilidad de las plantas al Boro y/o tolerancia de algunos cultivos en el agua de riego.**

<b>Muy sensibles 0,3 - 1 ppm</b>	<b>Semi tolerantes 1- 2 ppm</b>	<b>Tolerantes 2-4 ppm</b>
Limonero	Cebolla	Maíz
Naranja	Lechuga	Trigo
Melocotonero	Zanahoria	Cebada
Vid	Col	Arveja
Peral	Haba	Tomate
Ciruelo	Nabo	Algodón
Cerezo	Alfalfa	Camote
Aguacate	Esparrago	Papa
Pomelo	Gladiola	Calabaza
Albaricoquero	Remolacha	Avena
Manzano	Remolacha	Guisantes
	Forrajera	
	Remolacha azucarera	girasol
	Palmera datilera	
	Palmera	
<b>En orden creciente de tolerancia.</b>		
<b>"U.S.D.A. Agricultural Bulletin" N°. 197</b>		

**f. El pH.**

**Según Tenorio e Ibáñez (1985) y Olarte (1987), este parámetro generalmente no es un índice demasiado importante para la evaluación del agua de riego; sin embargo, cuando se presenta la**

sospecha que las aguas hayan podido ser contaminados, este es un índice de detección. Normalmente el pH de las aguas varía entre parámetros de 6.5 a 8.4, fuera de estos valores debe considerarse como dudosa.

#### **2.2.6 Clima**

**Según Olarte (1987)**, para una clasificación correcta del agua se debe tomar en cuenta cantidad total de precipitaciones así como su distribución a lo largo del año, afectan el lavado natural de los suelos, eliminando sino todo gran parte de las sales acumuladas en la zona radicular como consecuencia debe haber sido regados con agua conteniendo sales, estableciendo de esta manera y en forma natural un balance favorable de sales al término del periodo vegetativo.

#### **2.2.7 Suelos**

**Según Tenorio e Ibáñez (1985)**, también se debe tener presente al factor suelo al que se va a irrigar; a si un agua cuyo contenido en sales lo convierta en inadecuada para irrigar un suelo arcilloso, bien puede ser apta para suelos arenosos. Las características del suelo que están más relacionadas para la evaluación del agua son: la textura, la permeabilidad, la profundidad del perfil y otras condiciones físicas del subsuelo.

#### **2.2.8 Cultivos**

**Según Tenorio e Ibáñez (1985) y Olarte (1987)**, Coinciden en afirmar que el criterio muy importante para la calificación del agua. Se debe tener presente, que existe el fenómeno de adaptación de las plantas a un determinado medio, debido a esto se puede encontrar variedades a la salinidad u otros componentes tóxicos del agua, la tolerancia a cada uno de estos componentes varía con la especie.

### **2.2.9 Manejo del Agua de Riego.**

El método de riego por adoptarse **Según Olarte (1987)**, es otro índice para la calificación del agua de riego, así en un proyecto puede depender estrictamente de la calidad del agua empleada; así por ejemplo, si ella tiene considerable cantidad de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Ca}^{++}$  puede resultar perjudicial para las hojas de las plantas cuando se aplica el riego el riego por aspersión; de igual manera puede resultar peligroso el riego por gravedad con aguas, aun de excelente calidad, cuando se riega suelos con sustratos salinas ubicados a poca profundidad, ya que los niveles de percolación propios de este método puede movilizarse dichas sales, resultando en este caso más ventajosos el riego por aspersión.

### **2.2.10 Relaciones de Agua de Riego, Suelo y Planta**

**Ivovich (1975)**, señala que la cantidad de agua dulce que el hombre usa en realidad, abarca solo el 0.3% de la hidrosfera, esta desempeña el papel principal en la vida y la economía humana.

El agua forma parte de la descomposición del suelo y junto con el humus es uno de los elementos de su fertilidad, la productividad biológica de una región depende en gran medida. Si no existe en suficiente medida a las plantas les falta agua y decline el rendimiento de las cosechas.

**Ray (1975)**, anuncia: "tierra arable es la tierra que cuando se prepara en forma adecuada para la agricultura, dará un rendimiento suficiente que justifique su explotación". "Tierra regable es la tierra arable para la cual hay disponible un abastecimiento de agua".

### 2.2.11 Salinidad y Disponibilidad de Agua

El PLS- EUA (1980), Cornejo (1965), resume que los efectos tóxicos de las sales pueden prevenirse por las siguientes causas:

- Efectos físicos directos de las sales que impiden la forma absorción del agua por las plantas.
- Efectos químicos directos de las sales que transforman la nutrición y el metabolismo de las plantas.
- Efectos indirectos de las sales al alterar la estructura, la permeabilidad y la aireación del suelo.

#### a. Métodos de Clasificación del Agua de Riego

Blair (1957), Heras (1976) y Tenorio e Ibáñez (1985), coinciden en señalar que la clasificación del agua de riego se basa en la utilización combinada de algunos de los parámetros citados; los principales métodos más usuales son:

##### **Normas de Riverside**

Según estas normas la clasificación de aguas de riego supone que van usarse bajo condiciones medias con respecto a la textura del suelo, la velocidad de infiltración, el drenaje, cantidad de agua usada, el clima y la tolerancia del cultivo de las sales.

La clasificación de las aguas de riego según estas normas es en base a la conductividad eléctrica, expresada en micromhos/cm. A 25°C en abscisas y la relación de absorción del sodio (SAR) en coordenadas, tal como se define en el Nomograma Nro. 01.

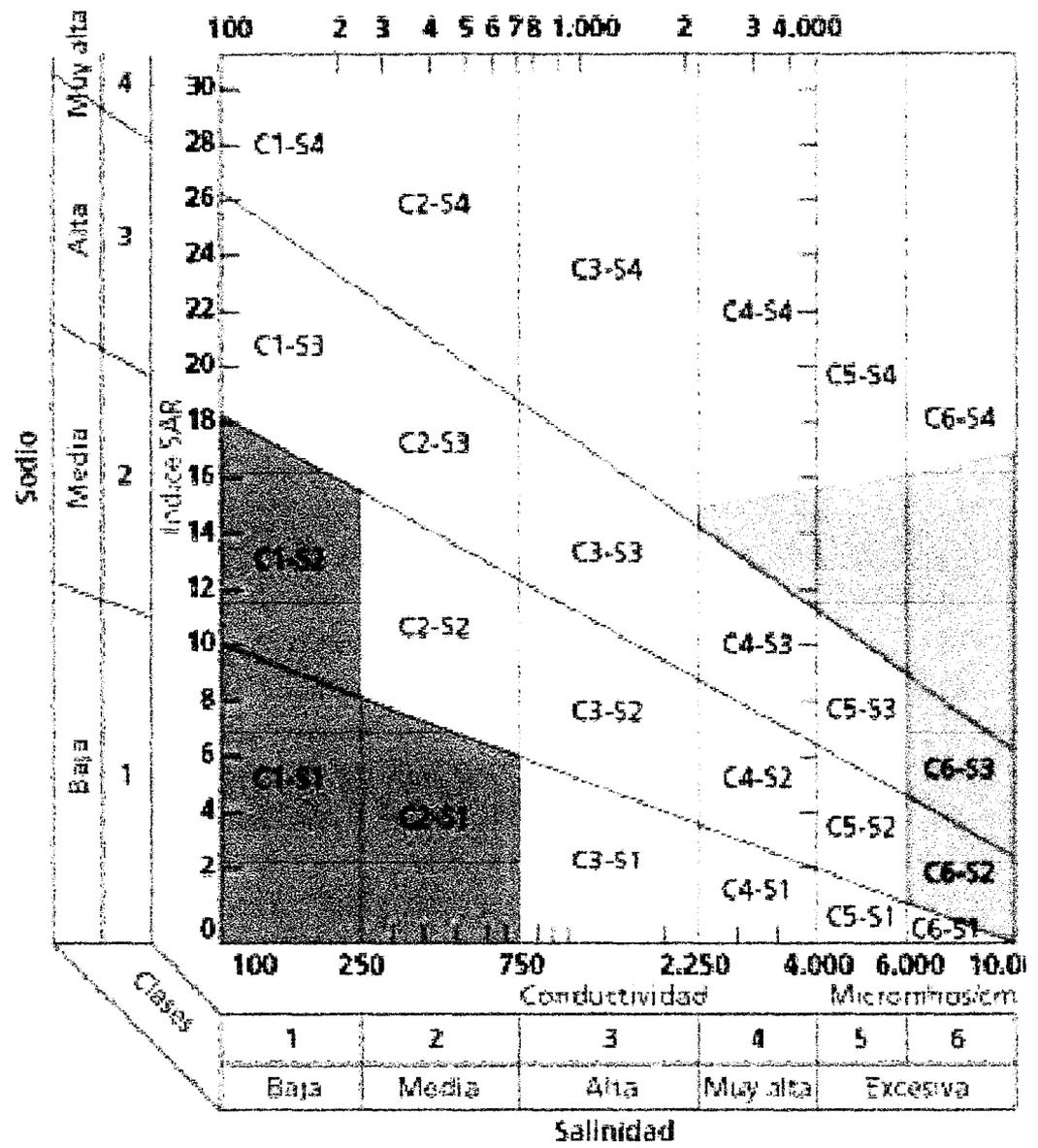
A continuación se dan las normas de uso para los distintos tipos de agua de acuerdo con su salinidad (C) y el índice de sodio (S):

**TABLA N° 02****CLASIFICACION DE LAS AGUAS SEGÚN LAS NORMAS DE RIVERSIDE**

<b>TIPOS</b>	<b>CALIDAD Y NORMAS DE USO</b>
<b>C1</b>	Agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas solamente en suelos de muy baja permeabilidad.
<b>C2</b>	Agua de salinidad medía, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad
<b>C3</b>	Agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego en suelos con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos tolerantes a la salinidad
<b>C4</b>	Agua de salinidad muy alta que en muchos casos no es apta para el riego. Solo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje empleando volúmenes en exceso para lavar sales del suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad
<b>C5</b>	Agua de salinidad excesiva, que solo debe emplearse en casos muy contados, extremando todas las precauciones apuntadas anteriormente
<b>C6</b>	Agua de salinidad excesiva, no aconsejable para el riego

### NOMOGRAMA N° 01

Normas de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego.  
(U.S. Soil Salinity Laboratory).



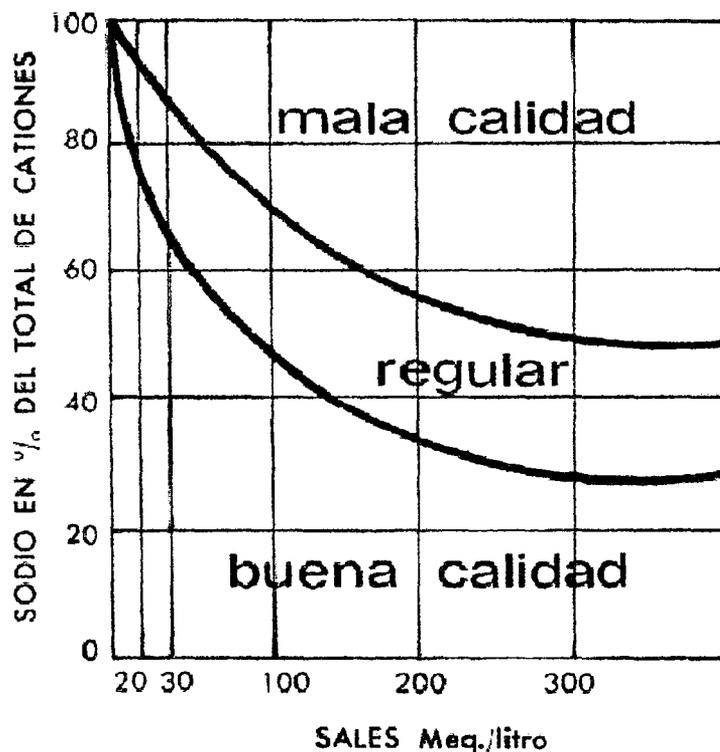
- Aguas de buena calidad aptas para el riego
- Aguas utilizables para el riego con precauciones.
- Aguas no aptas para el riego.

<b>S1</b>	Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos, Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio
<b>S2</b>	Agua con contenido medio de sodio en el suelo, y por lo tanto, con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente en suelos de textura fina (arcillosos y franco – arcillosos) y de baja permeabilidad. Deben vigilarse las condiciones físicas del suelo y especialmente el nivel de sodio cambiante del suelo, corrigiendo en caso necesario.
<b>S3</b>	Agua con alto contenido de sodio y gran peligro de acumulación del sodio en el suelo. Son aconsejables aportaciones de materia orgánica y el empleo de yeso para corregir el posible exceso de sodio en el suelo. También se requiere un buen drenaje y el empleo de volúmenes copiosos de riego.
<b>S4</b>	Agua con contenido muy alto de sodio. No es aconsejable para el riego en general, excepto en caso de baja salinidad y tomando todas las precauciones apuntadas

#### **Normas H. Greene**

Fueron preparados para la FAO por Greene y toma como base la concentración total de las aguas expresadas en miliequivalentes/litro con relación al porcentaje de sodio, calculado respecto al contenido total de cationes expresados en meq/l. La calificación del agua de riego se determina en el Nomograma N°. 02.

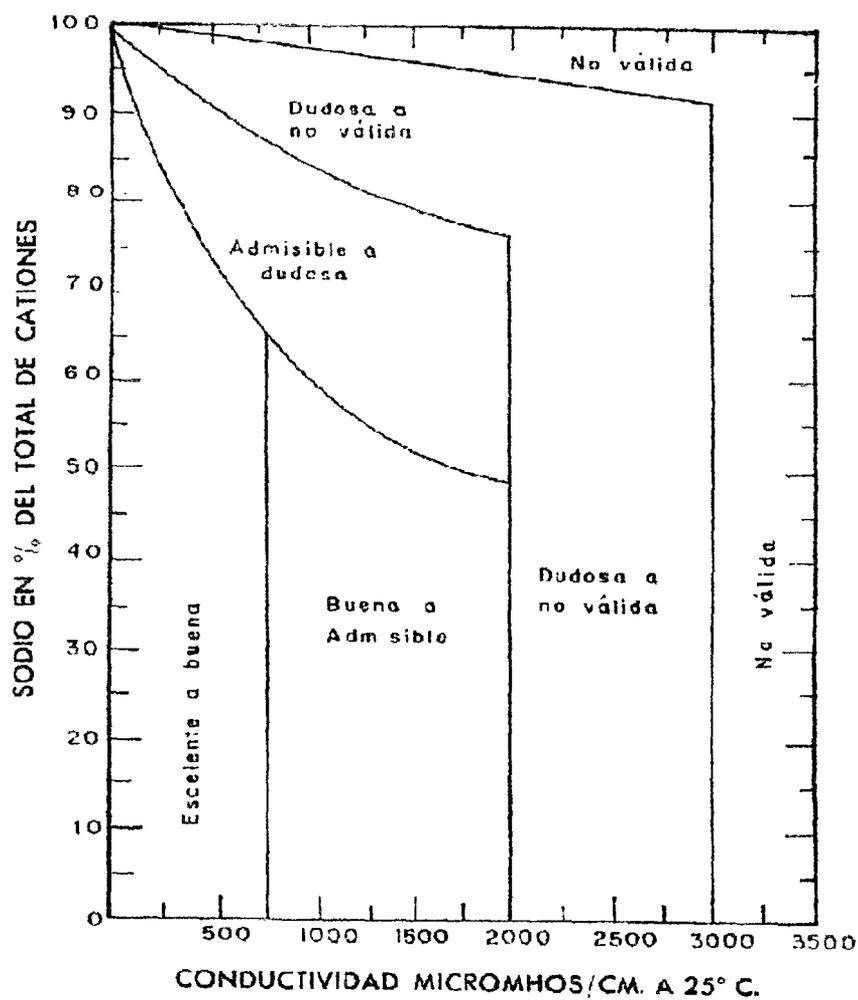
**NOMOGRAMA N° 02**  
**DIAGRAMA PARA LA CLASIFICACION DE LAS AGUAS PARA RIEGO, SEGÚN EL PROCEDIMIENTO DE H. GREENE**



**Wilcox**

Según esta norma para la calificación de las aguas de riego, se toman los índices siguientes: % Na con respecto al total de cationes y la conductividad eléctrica, con dichos resultados se entra la Nomograma N°. 03

**DIAGRAMA PARA LA INTERPRETACION DEL VALOR DE  
UN AGUA DE RIEGO NORMA L.V. WILCOX**



## **2.2.12 Toma de Muestras**

### **Frecuencia de las mediciones**

Según (Heras, 1976) los caudales constituyen un proceso dinámico en todas las cuencas; de ahí que la frecuencia de muestras debe tener en cuenta los cambios de las características del flujo en la sección transversal en que se ha dispuesto la estación de medida. Los muestreos deben realizarse durante la subida de niveles en los máximos y mínimos de dos o tres crecidas y una o dos veces durante el periodo de aguas bajas

### **Emplazamiento de los puntos de muestreo**

El equipo requerido para analizar acceso, para asegurar que las muestras son representativas de la sección considerada y que el caudal corre mezclado uniformemente, la estación debe situarse a una distancia convenientemente aguas debajo de los afluentes u obras de control. Heras (1976).

### **Métodos de muestreo**

Diferentes autores coinciden en señalar que para la extracción de muestras de agua se utilizaran botellas de vidrio borosilicatado y/o polietileno, preferentemente de tapa rosca y de un litro de capacidad, la botella se agitara varias veces conteniendo agua de la corriente que se desea analizar y posteriormente se llenara y tapara, consignándose el nombre del curso de agua y la fecha del muestreo; es muy importante que para evitar toda clase de contaminaciones el equipo utilizado no tenga residuo de muestra anteriores.

### **2.2.13 Análisis Químicos y Físicos**

En la actualidad, muestreo manual en la investigación de cuencas es el sistema más económico y satisfactorio (**Heras, 1976**)

**Tenorio e Ibáñez, (1985), Heras, (1976)** y otros, confirman que la calidad del agua está condicionada por la temperatura, la acción biológica, por los procesos de oxidación y reducción y por la acción de la luz solar. De ahí que las mediciones sobre su calidad exijan la necesidad de análisis de campo del contenido de anhídrido carbónico, ácido sulfhídrico, oxígeno disuelto, pH y C.E.

Además, señalan que considerando los posibles cambios naturales que ocurren en una cuenca representativa deberán obtenerlas en las etapas iniciales datos de referencia sobre las concentraciones de:  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$ , pH, color y turbidez del agua.

### **2.3 Hipótesis**

**Ho.** La ejecución del Inventario permitirá identificar las fuentes del recurso hídrico de las 05 comunidades del distrito Anta de Provincia de Acobamba.

**Ha.** La ejecución del Inventario no permitirá identificar las fuentes del recurso hídrico de las 05 comunidades del distrito Anta de Provincia de Acobamba.

### **2.4 Identificación de Variables**

#### **2.4.1 Variable independiente**

Identificar las fuentes de agua de las comunidades de Huayanay, Sancaypampa, Patacancha, Ñahuincucho y Occoro del Distrito de Anta Provincia de Acobamba

#### **2.4.2 Variable Dependiente**

Identificar el caudal de las fuentes de agua.

Identificar la calidad de las fuentes de agua.

Identificar el uso de las fuentes de agua.

## **Capítulo III: Metodología de la Investigación**

Reconocimiento de la zona de estudios.

Identificación de informantes claves

Recopilación de información secundaria.

Identificación del marco legal para el manejo del curso hídrico

### **3.1 Ámbito de estudio**

#### **UBICACIÓN POLITICA**

Región : Huancavelica

Departamento : Huancavelica

Provincia : Acobamba

Distrito : Anta

Lugar : Huayanay, Sancaypampa, Patacancha, Ñahuincucho  
y Occoro.

#### **UBICACIÓN GEOGRAFICA**

Altitud : 3600 m.s.n.m.

Este : 12° 48' 38" Meridiano Greenwich.

Norte : 74° 38' 04" Línea Ecuatorial.

#### **FACTORES CLIMATICOS**

Temperatura promedio : 12°

Humedad relativa : 60%

Precipitación promedio anual : 800mm

### **3.2 Tipo de Investigación**

El presente Proyecto de Investigación es de tipo Descriptivo, orientado a identificar e inventariar las fuentes de agua en las 05 comunidades del Distrito de Anta de la Provincia de Acobamba,

### **3.3 Nivel de Investigación**

Es descriptivo, utilitaria se convocaron y se reunió a las autoridades locales, líderes y comuneros para informar y motivar a participar activamente en el proceso de identificar e realizar el inventario.

### **3.4 Método de Investigación**

Para la ejecución del proyecto se emplearon los métodos de observación directa, recolección de datos, encuestas y análisis de datos.

Después de haber determinado se realizó el inventario de las fuentes de agua de las 05 comunidades del Distrito de Anta de la Provincia de Acobamba.

### **3.5 Diseño de Investigación**

Descriptivo

M = O-xyz

M = muestras de trabajo

O = observaciones o mediciones

xyz = variables controladas estadísticamente

### **3.6 Población, Muestra, Muestreo**

#### **Población**

Las fuentes de agua de las comunidades de Huayanay, Sancaypampa, Patacancha, Ñahuincucho y Occoro del Distrito de Anta de la Provincia de Acobamba.

#### **Muestra**

Se recolectaron 01 muestra de agua de cada comunidad en estudio de las 05 comunidades del Distrito de Anta de la Provincia de Acobamba.

#### **Muestreo**

Se realizaron en fuentes de agua (ríos, puquiales, lagunas, etc) de las 05 comunidades del Distrito de Anta de la Provincia de Acobamba.

### **3.7 Técnicas e instrumentos de Recolección de Datos**

El presente proyecto de investigación consistió en obtener la toma de datos en campo, datos referentes al tema de investigación revisando bibliografías, folletos, revistas y el sistema de Internet.

Por otro lado la técnica a utilizar fue el recorrido en las 05 comunidades, para la toma de recolección de datos de los informantes del lugar. las cuales se recogieron muestras de agua para el análisis físico químico respectivo en laboratorio.

### **3.8 Procedimiento de Recolección de Datos**

1. **Primera Etapa.-** Recopilación de Información
2. **Segunda Etapa.-** Ejecución del proyecto
3. **Tercera Etapa.-** Evaluación y Conducción del proyecto.
4. **Cuarta Etapa.-** Análisis y discusión de resultados
5. **Quinta Etapa.-** Elaboración del informe y Publicación de resultado

### **3.9 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos**

Los datos procesados y analizados se realizaron utilizando el inventariado con posicionamiento de GPS.

Se tomaron datos de las fuentes de agua identificadas la altitud.

Se hizo un registro de fuentes hídricas, localización, caudal, uso.

Se hizo un registro de aforos y descripción de la fuente de agua.

## **CAPÍTULO IV: RESULTADOS**

### **4.1. Presentación de resultados**

#### **Actividades Preliminares**

##### **Reuniones de Coordinación**

Las reuniones de coordinación consistieron en informar a los diferentes actores de la zona de intervención respecto de la ejecución del estudio. En primer término me entreviste con las autoridades de las comunidades de Huayanay, Sancaypampa, Patacancha, Ñahuincuchoy Occoro, explicado el estudio de tesis denominado "INVENTARIO DE LOS RECURSOS HIDRICOS DE 05 COMUNIDADES DEL DISTRITO DE ANTA- ACOBAMBA- HUANCAVELICA", quienes con su apoyo en el recorrido de cada manante de cada comunidad tomando datos del nombre, caudal, altitud con la ayuda del instrumento del GPSmap 60CSx- GARMIN, y el uso, obteniendo los siguientes datos recolectados para la realización de inventario hídrico.

##### **4.1.1 Inventario**

###### **Fase de campo**

Se realizaron observaciones directas en el terreno, donde se determinaron y evaluaron las características de los recursos hídricos, tanto del espejo de agua y sus circundantes (tipo de fuente, uso actual, ubicación, nombre, caudal, etc.), también se recolectaron muestras de agua de acuerdo a los protocolos y normas establecidas.

El inventario consistió registrar y clasificar las fuentes de agua de las comunidades de Huayanay, Sancaypampa, Patacancha, Ñahuincucho y Occoro, para registrar las fuentes de agua. Se realizó la ubicación (Georeferenciación con GPS), identificación, aforo, constatación de usos de los usuarios. Cuadro N° 01

	Nº	UTM WSG-84; 18L		MSNM	OFERTA Q=l/s	FUENTE		Tipo de Caudal	Uso Actual
		X	Y	ALTITUD		TIPO	NOMBRE		
HUAYANAY	1	534828	8585960	3507	8	Manantial	Huaricucho	Permanente	Poblacional, captación del agua en reservorio de concreto
	2	535343	8586616	3631	0.1	Manantial	Amañacaypuquio	Permanente	Poblacional, captación de agua
	3	534792	85856556	3500	3	Manantial	Challhuapuquio	Permanente	sin uso, ligeramente contaminado con residuos sólidos
	4	533877	8583593	3605	0.1	Manantial	Liripuquio	Permanente	Uso agrícola siembra de pastos mejorados, pecuario.
	5	535848	8586850	3716	3	Manantial	Machotasta	Permanente	presencia de plantaciones forestales
	6	534790	8585653	3506	0.1	Manantial	orillapuquio 1	Permanente	Ubicado a 8mt del río Huayanay y no es aprovechado por no tener altura suficiente.
	7	5334115	8584760	3515	0.1	Manantial	Osjuhayjun	Permanente	Agrícola, ligeramente contaminado por presencia de residuos sólidos
	8	535327	8586216	3660	4	Manantial	Amañacay	Permanente	Poblacional, captación del agua en reservorio de concreto, agrícola
	9	534471	8586140	3492	20	Río	Huayanay	Permanente	sin uso, ligeramente contaminado con residuos sólidos
SANCAYPAMPA	10	532928	8584510	3672	0.05	Manantial	Cotopuquio	Permanente	sin uso, ligeramente contaminado con residuos sólidos
	11	533067	8584450	3670	0.05	Manantial	Yacujapina	Permanente	uso pecuario, siembra de pastos mejorados por un solo usuario
	12	534153	8584761	3525	5	Manantial	Ruyrurumi huaccta	Permanente	no tiene uso agrícola y desemboca en el río Huayanay
PATACANCHA	13	535149	8585444	3626	0.1	Manantial	Manchaypuquio	Permanente	agrícola
	14	533137	8582444	3670	0.1	Manantial	Puquiocucho	Permanente	Captación para agua potable
	15	535150	8585429	3623	4	Manantial	Putacca puquio	Permanente	construcción de reservorio de 50 m3 de concreto con canal de riego, agrícola
	16	536019	8584874	3929	0.1	Manantial	Ccelloccasa	Permanente	agrícola
	17	535242	8585063	3716	0.1	Manantial	Puquihuccta	Permanente	agrícola
	18	533834	8582310	3661	0.1	Manantial	Puquihuaycco	Permanente	agua potable
ÑAHUINCUCHO	19	532026	8582267	3802	3	Manantial	Ñahuicucho	Permanente	construcción de reservorio de 50 m3 de concreto con canal de riego, agrícola
	20	531621	8581844	3898	0.5	Manantial	Sayhuapacucha	Permanente	Captación para agua potable, siembra de pastos mejorados, animal
OCCORO	21	535961	8588449	3727	0.1	Manantial	Huicñaipuquio	Permanente	Poblacional, pecuario, agrícola
	22	535853	8588142	3683	1.8	Manantial	Wawapuquio	Permanente	El agua abastece a dos canales de riego y es tributario de un riachuelo
	23	536305	8587896	3745	0.5	Manantial	Occocucho	Permanente	Captación para agua potable
	24	536304	8587844	3747	0.05	Manantial	Huayccun	Permanente	consumo humano, agrícola, pecuario
	25	535892	8588449	3704	0.1	Manantial	Ccahuincha	Permanente	consumo humano, agrícola
	26	535870	8588151	3674	5	Manantial	Occoro	Permanente	Canal de riego, siembra de pastos mejorados, animal.
	27	535877	8588353	3670	8	Río	Occoro	Permanente	presencia de plantaciones forestales

**Cuadro N° 02 Número de fuentes por comunidad**

N°	Comunidad	Manantiales
1	Huayanay	8
2	Sancaypampa	3
3	Patacancha	6
4	Ñahuincucho	2
5	Occoro	6
	<b>Total</b>	<b>25</b>

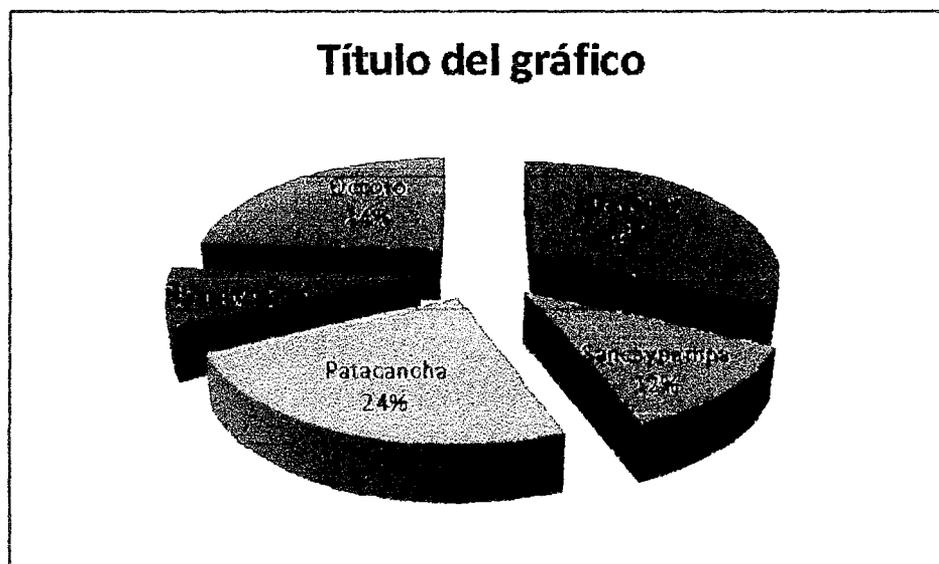
**Inventario de Ríos**

N°	Comunidad	Río
1	Huayanay	Río Huayanay
2	Occoro	Río Occoro

**Río Huayanay.**- Micro cuenca localizado al noreste de la provincia de Acobamba, tiene como afluentes a dos ríos principales tales como el Río Pumaránra, Paucara y el Río Chopcca.

**En el Cuadro N° 02;** se observa el porcentaje de manantiales que existen en cada una de las comunidades estudiadas, se puede ver que la comunidad de Huayanay es la que presenta una cantidad mayor de manantiales, lo que nos indicaría que hay abundante agua, pero si analizamos más adelante el caudal que presenta, veremos que la mayoría fluctúa en un rango de 0,1 L/s, el segundo que representa mayor cantidad de manantiales es la comunidad de Patacancha con caudal de 0,1 L/s. y Occoro, como se puede observar que Ñahuincucho y Sancaypampa solo representa 8% y 12%, dándonos a conocer que hay escases de agua y sobre todo en época seca del año.

Gráfico N° 01 Representación porcentual según cantidad de manantiales



#### 4.1.2 Volumen del agua

Para el volumen de agua se usó el método volumétrico, que se emplea por lo general para caudales pequeños, que se usó un recipiente de 10 litros de capacidad para coleccionar agua. El caudal resulta de dividir el volumen del agua que se recoge en el recipiente entre el tiempo que transcurre en coleccionar dicho volumen. El material utilizado consta de lo siguiente:

Baldes y jarras plásticos de capacidades de 10 y 1 litro de forma respectiva;

Tubos de PVC de un metro de largo y de cuatro pulgadas (4") de diámetro, cronómetros, GPS, cámaras fotográficas, libretas de campo, portaminas y lapiceros;

$$Q = V/T$$

Q= Caudal m<sup>3</sup>/s

V= Volumen en m<sup>3</sup>

T= Tiempo en segundos.

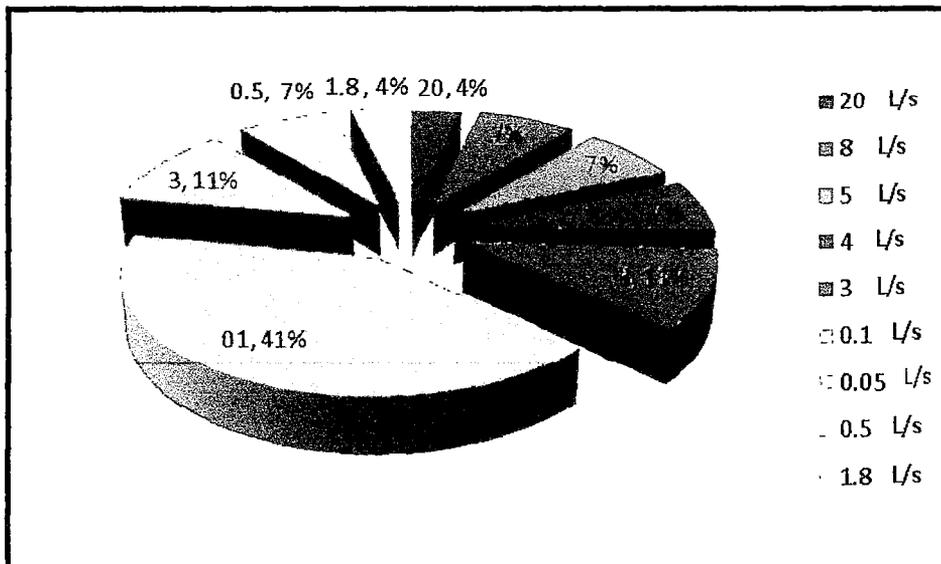
### **Caudal medido**

La cantidad de agua o el caudal expresado en litros por segundo, en las cinco comunidades de estudio es escasa, en el gráfico N° 02 se observa que el 41% de los recursos hídricos presenta un caudal de 0,1L/s, quiere decir 100ml/s, que es insuficiente para el uso agrícola, seguido por un 11% de 3L/s que posee un caudal aceptable para poder desarrollar alguna actividad, la que podría ser para riego o uso poblacional y 0,05 L/s, que quiere decir 50ml/s que es un caudal menor, seguidamente del 7% que representan los caudales de 4,5,8 y 0,5L/s, también que poseen un caudal aceptable para las actividades agrícolas y pecuarias y el 4% que representa los caudales de 20l/s y 1,8L/s que viene hacer el río Huayanay y el manantial de Wawapuquio.

**Cuadro N° 03: Caudal (L/s)**

Caudal L/s	Casos
20 L/s	1
8 L/s	2
5 L/s	2
4 L/s	2
3 L/s	3
0.1 L/s	11
0.05 L/s	3
0.5 L/s	2
1.8 L/s	1
<b>Total</b>	<b>27</b>

Gráfico N° 02 Caudal medido de cada manante



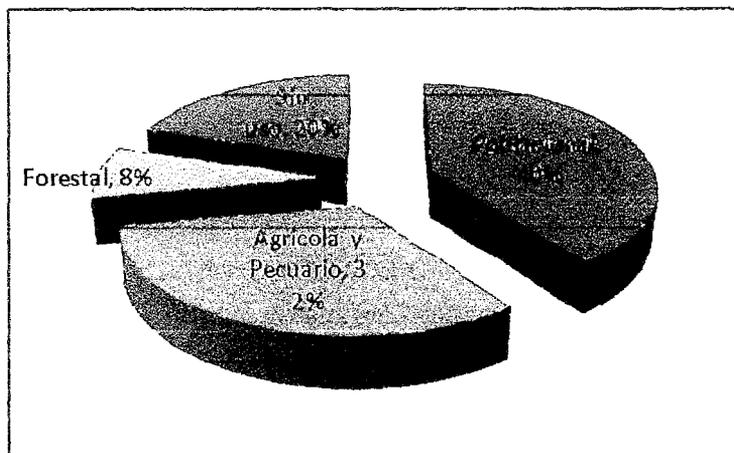
4.1.3 Uso del agua

Se realizaron observaciones directas en el terreno, donde se determinaron y evaluaron los diferentes usos de agua determinado en el cuadro N°01 de cada fuente identificada.

Cuadro N° 04 Uso Actual del agua

Uso	Actual
Poblacional	10
Agrícola y Pecuario	8
Forestal	2
Sin uso	5
Total	25

**Gráfico N° 3 Uso Actual de las fuentes**



En el Cuadro N° 04 y el gráfico N° 03 muestra que el uso actual es de prioridad poblacional con un 40%, seguido de la parte agrícola y pecuario con un 32%, esto indica que en las comunidades de estudio por no ser suficiente cantidad de agua, solo se aprovecha las lluvias para la producción agrícola. Por otro lado se puede observar que 20% no es usado para ninguna actividad lo cual sería por la inaccesibilidad para ser aprovechado. Al realizar el estudio se pudo observar que la población ha tratado de llevar a cabo otras actividades como la piscicultura, porque se encuentran ubicadas en zonas muy bajas en comparación con la ubicación de la comunidad, haciendo el difícil el aprovechamiento en caso del Río Huayanay.

#### **4.1.4 Determinación del Análisis físico- químico del agua**

Para el estudio se recorrieron las comunidades de Huayanay, Sancaypampa, Patacancha, Ñahuincucho y Occoro del Distrito de Anta Provincia de Acobamba, recolectando 01 muestra de agua de cada comunidad en estudio de las 05 comunidades del Distrito de Anta.

El análisis de las propiedades físico - químicas de todas las muestras de agua, preferentemente de riego, se realizaron en el laboratorio de Química Analítica de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. No se realizó el análisis de las propiedades organolépticas, por no tener influencia en la agricultura

#### **Muestras de agua**

Para la recolección de muestras de agua se esterilizaron los embases y se tomó los siguientes pasos:

a.- Los embases fueron preferentemente de polietileno, capacidad de dos litros, se adquirió en números de 05 unidades

b.- Se lavó los embases con agua hervida.

c.- Enseguida se enjuago con agua destilada

Las diferentes muestras de agua usada en riego, fueron recogidas entre las cotas de 3716 m.s.n.m corresponde a la comunidad de Huayanay de puquio Machotasta, a la cota de 3525 msnm de la comunidad de Sancaypampa del puquio Ruyrurumi huaccta, a la cota de 3623 m.s.n.m. de la comunidad de Patacancha del puquio Putacca puquio, a la cota de 3802 m.s.n.m. de la comunidad de Ñahuincucho y de la cota 3683 m.s.n.m de la comunidad de Occoro del manante de Wawapuquio.

Correspondiente a cinco altitudes, tal como se representan en el **cuadro N° 05**, donde se indica además las fechas de muestreo, nombres del manante, lugar.

**Cuadro N° 06**, donde se demuestran los resultados del análisis físico – químico.

**CUADRO N° 05****CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS**

	UBICACION		ALTITUD m.s.n.m	FUENTE	Cantidad de Muestra	FECHA DE RECOLECCION
	COMUNIDAD	NOMBRE				
1	Huayanay	Machotasta	3716	Manante	2L/s	23/03/2011
2	Sancaypampa	Ruyrurumi huaccta	3525	Manante	2L/s	23/03/2011
3	Patacancha	Putacca puquio	3623	Manante	2L/s	23/03/2011
4	Ñahuicucho	Ñahuicucho	3802	Manante	2L/s	23/03/2011
5	Occoro	Wawapuquio	3683	Manante	2L/s	23/03/2011

**Cuadro N° 06 RESULTADOS DEL ANALISIS FISICO -QUIMICO**

Muestra 1      Huayanay  
 Muestra 2      Sancaypampa  
 Muestra 3      Patacancha  
 Muestra 4      Ñahuincucho  
 Muestra 5      Occoro

Propiedades

<b>MUESTRAS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
pH	7,92	7,91	7,73	7,9	7,93
Conductividad, $\mu$ S	873	669	965	754	762
Temperatura °C	17,7	17,0	16,6	17,1	17,0
Turbidez, NTU	0,3	0,5	0,5	2,3	0,6
Alcalinidad					
NaOH, ppm	0	0	0	0	0
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , ppm	0	0	0	0	0
NaHCO <sub>3</sub> , ppm	135,30	141,06	155,45	158,33	141,06
Acidez total, ppm H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	13,24	26,47	22,06	22,06	22,06
Dureza total, ppmCaCO <sub>3</sub>	216,19	108,10	167,15	167,16	182,16
Dureza cálcica, ppmCaCO <sub>3</sub>	175,16	91,08	139,13	112,10	132,12
Dureza magnésica, ppmCaCO <sub>3</sub>	41,04	17,02	28,03	55,05	50,05
Cationes					
Ca <sup>++</sup> meq/L	0,51	0,40	1,20	0,49	0,99
Mg <sup>++</sup> meq/L	0,30	0,22	0,95	0,32	0,49
Na <sup>++</sup> meq/L	0,02	0,10	0,81	0,52	0,04
K <sup>+</sup> meq/L	0,12	0,12	0,16	0,11	0,46
Aniones					
Cl <sup>-</sup> meq/L	0,20	0,00	0,31	0,00	0,40
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> meq/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> meq/L	0,18	0,0001	0,65	0,10	0,0001
HCO <sub>3</sub> <sup>=</sup> meq/L	0,25	0,42	0,45	0,49	0,58

### El pH

Según los resultados del análisis de agua, estas muestras están dentro de los parámetros considerados normales según **Tenorio e Ibañez (1985) y Olarte (1987)**

Muestra	Huayanay	Sancaypampa	Patacancha	Ñahuincucho	Occoro
pH	7,92	7,91	7,73	7,9	7,93

### Evaluación de la Salinidad

Se evaluó mediante la conductividad Eléctrica del agua de las cinco muestras teniendo una comparación de riesgos donde:

1. La C.E de muestra de Huayanay presenta 873  $\mu\text{S}/\text{cm}$  que está en riesgo alto, por la alta presencia de sales.
2. La C.E de la muestra de Sancaypampa presenta 669  $\mu\text{S}/\text{cm}$  que está en riesgo medio
3. La C.E de la muestra de Patacancha presenta 965  $\mu\text{S}/\text{cm}$  que está en riesgo alto, por lo tanto presenta mayor cantidades de sales,
4. La C.E de la muestra de Ñahuincucho presenta 754  $\mu\text{S}/\text{cm}$  que está en riesgo ligero Alto y
5. La muestra de Occoro presenta 762  $\mu\text{S}/\text{cm}$  que está en riesgo ligero alto, **Según Olarte (1987)**.

**Cuadro N° 7. Clasificación de aguas para riego según su CE**

Conductividad eléctrica		Contenido en sales disueltas
CE $\mu\text{S}/\text{cm}$	Riesgo	mg/l ó ppm
0-250	Bajo	160
250-750	Medio	160 - 480
750-2250	Alto	480 - 1440
más de 2250	Muy alto	mayor de 1440

#### Resultado de las muestras

MUESTRAS	Huayanay	Sancaypampa	Patacancha	Ñahuincucho	Occoro
Conductividad, $\mu\text{S}$	873	669	965	754	762

### Evaluación de problemas de permeabilidad

Se expresó mediante la relación de absorción de sodio (S.A.R), parámetro que presenta la posible influencia del ion sodio, presente en el agua de riego, sobre el suelo: una elevada proporción relativa de sodio respecto a los iones calcio y magnesio en el agua de riego puede inducir cambios de estos iones por los de sodio en los suelos, provocando la degradación del mismo con la siguiente pérdida de estructura y permeabilidad, la fórmula realizada para calcular el SAR fue:

$$SAR = \frac{Na \text{ (meq/L)}}{\frac{\sqrt{Ca \text{ (meq/L)} + Mg \text{ (meq/L)}}}{2}}$$

Donde se obtuvo los siguientes resultados

MUESTRAS	Huayanay	Sancaypampa	Patacancha	Ñahuincucho	Occoro
<b>Cationes</b>					
Ca <sup>++</sup> meq/L	0,51	0,40	1,20	0,49	0,99
Mg <sup>++</sup> meq/L	0,30	0,22	0,95	0,32	0,49
Na <sup>++</sup> meq/L	0,02	0,10	0,81	0,52	0,04
K <sup>+</sup> meq/L	0,12	0,12	0,16	0,11	0,46
<b>Aniones</b>					
Cl <sup>-</sup> meq/L	0,20	0,00	0,31	0,00	0,40
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> meq/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> meq/L	0,18	0,0001	0,65	0,10	0,0001
HCO <sub>3</sub> <sup>=</sup> meq/L	0,25	0,42	0,45	0,49	0,58
<b>SAR</b>	<b>0,03</b>	<b>0,18</b>	<b>0,8</b>	<b>0,03</b>	<b>0,05</b>

Según **Olarte (1987)**, los resultados del SAR de las cinco muestras representan Riesgo Bajo, que no provoca la degradación del mismo consiguiente pérdida de estructura de permeabilidad.

Riesgo de sodio	
SAR	Riesgo
0 - 10	Bajo
10 - 18	Medio
18 - 26	Alto
más de 26	Muy Alto

#### 4.1.5 Clasificación de las aguas en Estudio

##### Norma de RIVERSIDE

De acuerdo a estas normas, los resultados se presentan el siguiente cuadro de las cinco muestras, se clasifican según el Nomograma N° 1

MUESTRAS	CLASIFICACIÓN DEL AGUA
Huayanay	C3S1
Sancaypampa	C2S1
Patacancha	C3S1
Ñahuincucho	C3S1
Occoro	C3S1

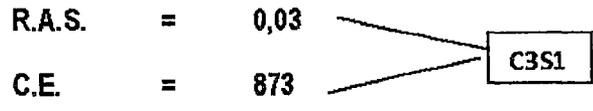
Donde las muestras de Huayanay, Patacancha, Ñahuincucho y Occoro presentan la clasificación C3S1, significa que el agua es alto en sales o tiene peligro de sodificación o álcali, se recomienda que se cultiven únicamente especies vegetales muy tolerantes a las sales.

Y la muestra de la comunidad de Sancaypampa corresponde la clasificación de C2S1, significa que esta agua se utilice en suelos de buen drenaje y se cultiven plantas moderadamente tolerantes a las sales, y que periódicamente los suelos sean chequeados mediante análisis (**Tenorio e Ibañez, 1985**).

Ejemplo: Clasificación del agua de riego de la comunidad de Huayanay, según la normas de Riverside.

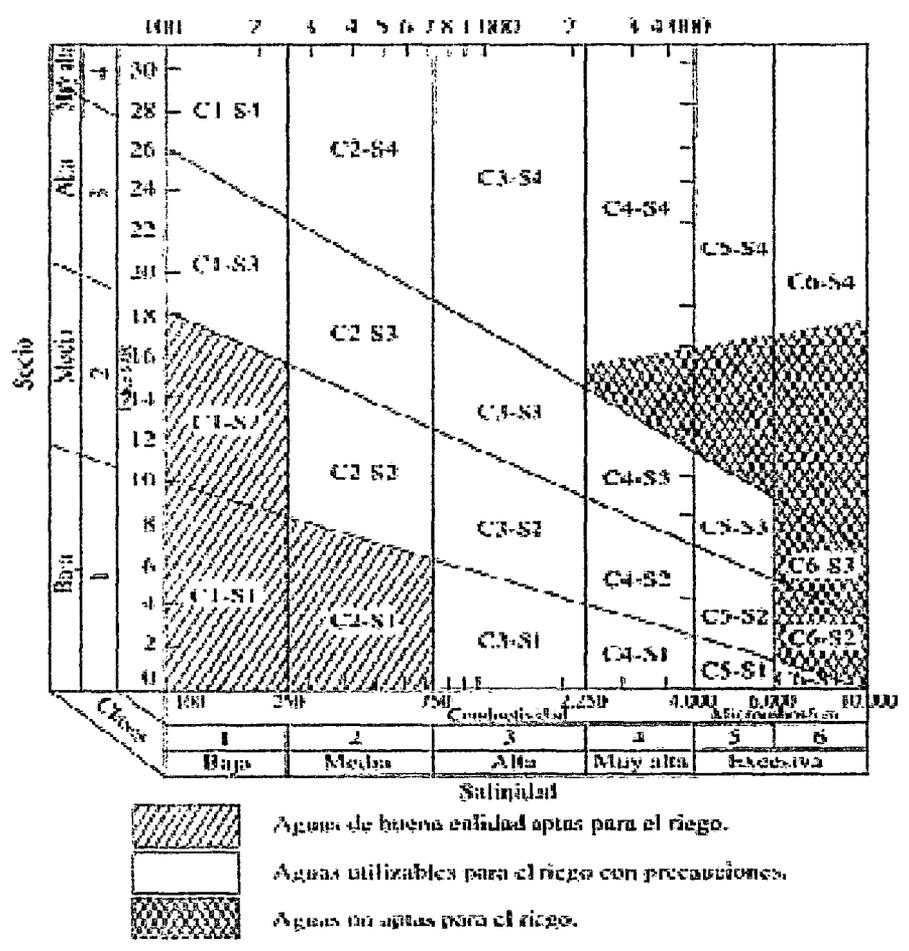
**Solución:**

Con el R.A.S. y C.E., se entra al Grafico N° 1 y/o Nomograma y se tiene:



**Interpretación**

La muestra de Huayanay es alto en sales, utilizable para riego con precaución y seleccionar únicamente especies vegetales tolerantes a las sales, según U.S.D.A.



### Norma de L.V.Greene

En el análisis del agua de la muestra de Huayanay nos presenta los siguientes datos.

- (1) % Na  $0,02/0,95 \times 100 = 2,11$
- (2) Concentración total de sales : (Cationes + Aniones)  
**C.T.S. = 0,95+ 0,63 = 1,58**

Con los resultados obtenidos se entra al diagrama correspondiente, el que indica, a esta agua le corresponde, la calificación de: Agua de buena calidad.

MUESTRAS	Huayanay	Sancaypampa	Patacancha	Ñahuincho	Occoro
<b>Cationes</b>					
Ca <sup>++</sup> meq/L	0,51	0,40	1,20	0,49	0,99
Mg <sup>++</sup> meq/L	0,30	0,22	0,95	0,32	0,49
Na <sup>++</sup> meq/L	0,02	0,10	0,81	0,52	0,04
K <sup>+</sup> meq/L	0,12	0,12	0,16	0,11	0,46
<b>Suma de Cationes</b>	<b>0,95</b>	<b>0,84</b>	<b>3,32</b>	<b>1,44</b>	<b>1,98</b>
<b>Aniones</b>					
Cl <sup>-</sup> meq/L	0,20	0,00	0,31	0,00	0,40
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> meq/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> meq/L	0,18	0,0001	0,65	0,10	0,0001
HCO <sub>3</sub> <sup>=</sup> meq/L	0,25	0,42	0,45	0,49	0,58
<b>Suma de Aniones</b>	<b>0,63</b>	<b>0,4201</b>	<b>1,41</b>	<b>0,59</b>	<b>0,9801</b>
<b>SAR</b>	<b>0,03</b>	<b>0,18</b>	<b>0,8</b>	<b>0,03</b>	<b>0,05</b>

### Muestra de agua Sancaypampa

- (1) % Na  $0,10/0,84 \times 100 = 11,90$
- (2) Concentración total de sales : (Cationes + Aniones)  
**C.T.S. = 0,84+ 0,4201 = 1,26**

Con los resultados obtenidos se entra al diagrama correspondiente, el que indica, a esta agua le corresponde, la calificación de: Agua de buena calidad.

### Muestra de agua Patacancha

- (1) % Na  $0,81/3,32 \times 100 = 24,39$
- (2) Concentración total de sales : (Cationes + Aniones)  
**C.T.S. = 3,32+ 1,41 = 4,73**

Con los resultados obtenidos se entra al diagrama correspondiente, el que indica, a esta agua le corresponde, la calificación de: Agua de buena calidad.

#### Muestra de agua Ñahuincucho

- (1) % Na  $0,52/1,44 \times 100 = 36$
- (2) Concentración total de sales : (Cationes + Aniones)

$$\text{C.T.S.} = 1,44 + 0,59 = 2,03$$

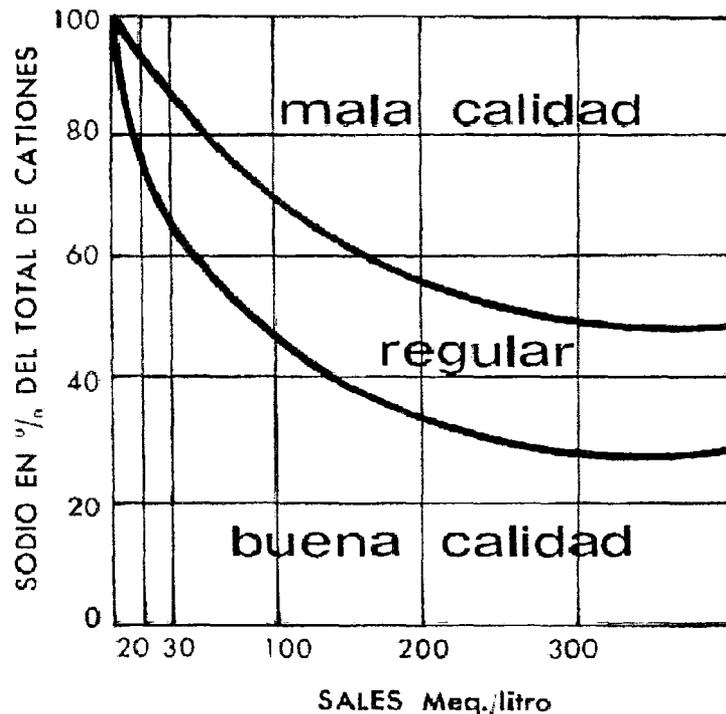
Con los resultados obtenidos se entra al diagrama correspondiente, el que indica, a esta agua le corresponde, la calificación de: Agua de buena calidad.

#### Muestra de agua Occoro

- (1) % Na  $0,04/1,98 \times 100 = 2,02$
- (2) Concentración total de sales : (Cationes + Aniones)

$$\text{C.T.S.} = 1,98 + 0,9801 = 2,96$$

Con los resultados obtenidos se entra al diagrama correspondiente, el que indica, a esta agua le corresponde, la calificación de: Agua de buena calidad.



### Norma de L.V. Wilcox

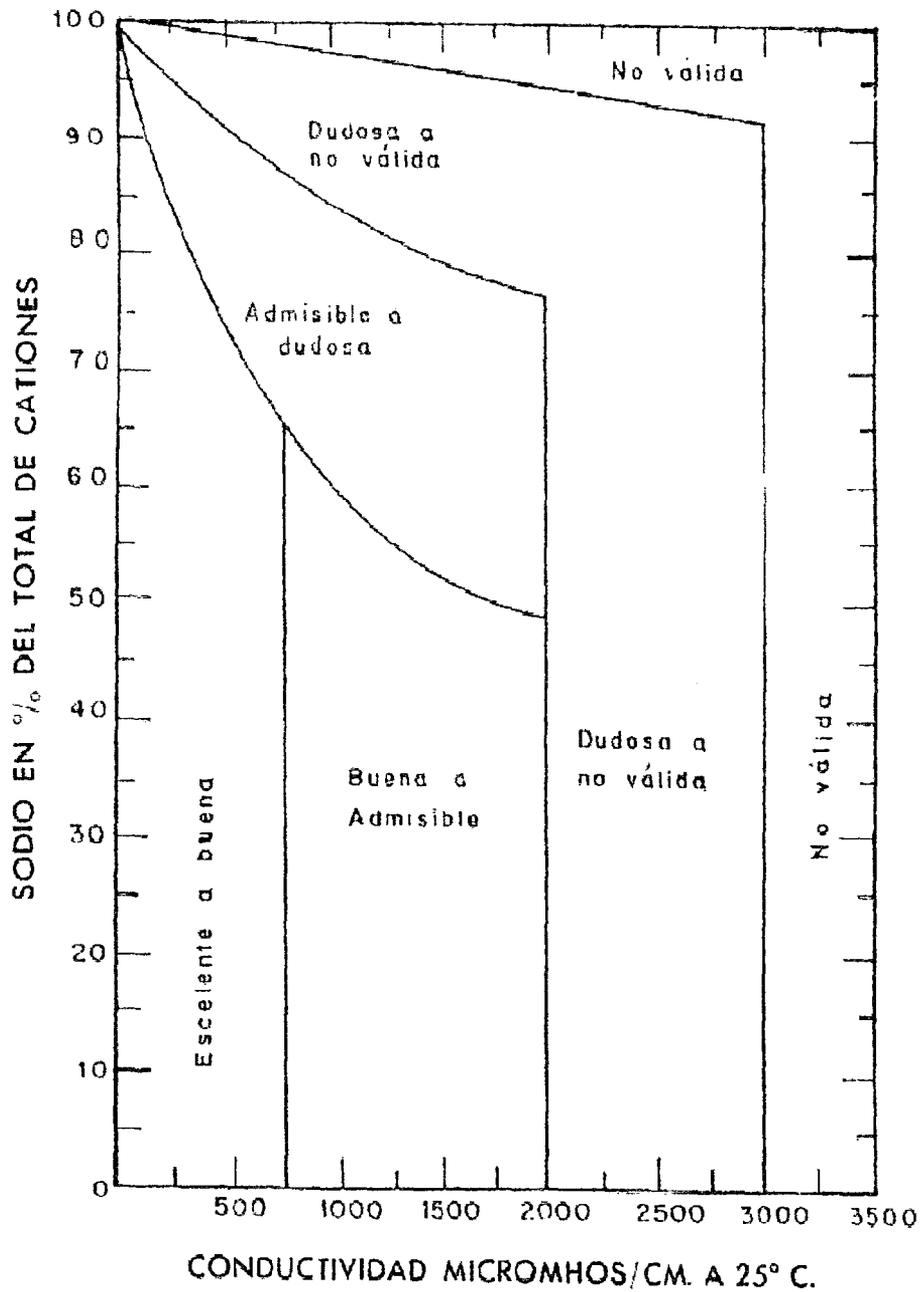
Según estas normas para la calificación de las aguas de riego, se toman los índices siguientes: % Na con respecto al total de cationes y la conductividad eléctrica, con dichos resultados se entra al Nomograma N° 03.

En el análisis del agua de las cinco muestras nos presenta los siguientes datos.

	Huayanay	Sancaypampa	Patacancha	Ñahuincucho	Occoro
%Na	2,11	11,90	24,39	36	2,02
C.E.	873	669	965	754	762

- a) En caso Huayanay según el Nomograma N° 03, solamente indica que la calidad del agua es buena a admisible.
- b) Caso Sancaypampa, indica que la calidad de agua es Excelente a buena
- c) Caso Patacancha, indica que la calidad de agua es buena a admisible.
- d) Caso Ñahuincucho, indica que la calidad de agua es ligeramente buena a admisible.
- e) Caso Occoro, indica que la calidad de agua es ligeramente buena a admisible.

Nomograma N° 03



## Conclusiones

- Se han inventariado 25 manantiales de las Comunidades de Huayanay (8 unidades), Sancaypampa (3 unidades), Patacancha (6 unidades), Ñahuincucho (2 unidades) que es la fuente principal que alimenta agua para consumo humano a las comunidades de Ñahuincucho, Pampalco, Laccanccapampa, y Tambdaico. Occoro (6 unidades). Y dos ríos, Huayanay actualmente sin uso, ligeramente contaminado con residuos sólidos y El río Occoro que hay presencia de plantaciones forestales.
- Los manantiales inventariados se los encuentra entre una altitud de 3500 y 3929msnm, que están dentro de la región Jalca, que tiene mucha importancia en el ciclo hidrológico y equilibrio socio-ecológico.
- Los rendimientos hídricos han fluctuado entre los 0.05 y 20 litros por segundo (L/s). y el 41% de los recursos hídricos presenta un caudal de 0.1L/s, quiere decir 100ml/s.
- El uso de las aguas con fines Agrícola y pecuario de las fuentes aprovechadas, es el 32% (8 unidades) de estos interviene como insumo en la función en la producción. En este porcentaje se están incluyendo los aprovechamientos exclusivos con fines de riego así como los pecuarios.
- El uso de la aguas con fin poblacional, que representa el 40% (10 unidades), y que por lo general son de aprovechamiento individual, familiar y poblacional (domésticos)

- Que las aguas de las cinco comunidades en estudio del Distrito de Anta, Provincia de Acobamba, Región Huancavelica, tienen en promedio general pH: 7,87, el cual indica que están dentro de los parámetros de aguas cuyas bondades son sanas.
- La evaluación de la salinidad mediante la conductividad eléctrica se determina que los resultados están dentro de los índices señalados y se asevera que la salinidad no constituirá problema alguno de cada manante en estudio.
- Con la relación de absorción de sodio según Olarte (1987), los resultados de las cinco muestras representan Riesgo Bajo, que no provoca la degradación del mismo consiguiente pérdida de estructura de permeabilidad, por lo tanto son aguas utilizables.
- De acuerdo al Nomograma de Riverside, las muestras de Huayanay, Patacancha, Ñahuincucho y Occoro son calificadas como agua altamente salina y bajo en sodio (C3S1); se consideraran utilizables para el riego pero con precauciones, Excepto la muestra de la comunidad de Patacancha que es calificada como agua de buena calidad (C2S1).
- Según el Nomograma de H. Greene, resultan de las cinco muestras, al término de clasificación de agua de buena calidad.
- Finalmente, Wilcox resultan de las muestras de Huayanay, Patacancha, Ñahuincucho y Occoro, al término de clasificación de agua de buena a admisible, la muestra de la comunidad de Sancaypampa, el término de clasificación de agua de buena calidad.

## Recomendaciones

- Un inventario de fuentes de agua superficial tiene la limitación de realizarse en un momento determinado del año hidrológico, y como información sobre la ubicación es muy útil y vigente hasta un tiempo relativamente largo, no obstante, respecto de su disponibilidad no es posible hacer ninguna proyección. Por esa razón consideramos la conveniencia de realizarlos en diferentes estaciones de un mismo año y durante años secos, húmedos y normales.
- Para conocer mejor que clase y calidad de agua superficial se utiliza para el riego y/o consumo, se recomienda realizar trabajos de investigación con mayor número de muestras procedentes de 2 a 4 zonas del recorrido de afluente o río.
- Es necesario reducir al máximo el uso de materiales de residuos sólidos, aguas servidas y otras actividades humanas como lavar ropa, ya que esto son contaminantes del agua con materiales no biodegradables del Río Huayanay.
- Las futuras investigaciones para la calificación eficientes de cualquier agua, se debe estudiar relacionándose con las características químicas y físicas del suelo, así como los cultivos y el medio ambiente.
- Se sugiere que hagan análisis de suelos, de las muestras de Huayanay, Sancaypampa, Patacancha, Ñahuincucho, Occoro, porque son aguas de clase C2S1 y C3S1.

## Referencia bibliográfica

- **A. Báez (1999)**. "Efecto de la Calidad del Agua de Riego sobre la Propiedades del Suelo", Curso de post-grado en Producción Vegetal Facultad de Ciencias Agrarias - Univ. Nac. de Mar del Plata Estación Experimental Agrop. INTA Balcarce.
- **IMA (2010)**,
- **Catalán, J. (1962)**. **Química del agua**. Madrid, España: Editorial Blume.
- **Bresler, 1982)**. BRESLER, E.; B. L. McNEAL and D. L. CARTER. 1982. Saline and sodicsoils: Principles- Dynamics-Modeling. Springer-Verlag, Berlín Heidelberg New York. 236 pp.
- **Blair F., (1957)**. "**Manual de Riegos y Avenamientos**". Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, OEA – Zona Andina – Proyecto 39. Programa de Cooperación Técnica. Lima – Perú.
- **Costa, J. (1996)**. Calidad de aguas para riego. En: "**Curso de riego suplementario, Sistemas de aspersión**". Unidad Integrada Balcarce (INTA- Fac. de Ciencias Agrarias de Balcarce). Tandil 27 de setiembre, 4 y 11 de octubre de 1996.
- **Cyril S. (1 953)**,"El agua, **Estudio de sus Propiedades, su Constitución sobre la tierra y su Utilización por el Hombre**". Editorial Omega S.A., Barcelona – España. Cap. III.
- **Prieto, D. y C. (1996)**. Calidad de agua para riego. Módulo II. En: Curso a distancia de "**Métodos de riego**". INTA- PROCADIS, Programa Clima y agua. 94 pp.
- **Heras, R. (1976)**. "**Hidrología y Recursos Hidráulicas**". Editorial DGON- CEH. 1ra. Edición. Tomo II Capítulo IV.

- **Ibáñez, R. (1976).** “**Guía, Manual de Laboratorio de Química Agrícola**”. Universidad de Huamanga. Practica 6. Ayacucho- Perú.
- **Ivovich, M. (1975).** “**El Agua en el Mundo Presente y Futuro**”. Edit. Cartago, 5ta. Edición. Buenos Aires. Capítulo I.
- **Olarte, W. (1987).** “**Manual de Riego por Gravedad**”. Editorial SERIE. Manual Técnico Nro. 1. CCTA. Perú.
- **PRONAMACHCS (Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas, (2 007).**” **Manejo de Cuencas Altoandinas**”. Lima – Perú.
- **Ray K., L. (1975).**” **Ingeniería de los recursos Hidráulicos**”. Editorial C.E.C.S.A. 6ta. Edición. Capítulo de Riegos. México.
- **Rodier, J. (1981).** “**Análisis de las Aguas**”. Editorial OMEGA S.A. 6ta Edición. España – Barcelona.
- **Tenorio, G.e Ibáñez, R. (1985).** “**Determinación de la Calidad Agronomía del Agua para Riego**”. Separata. Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Huamanga. Ayacucho- Perú.
- **El PLS- EUA (Personal de Laboratorio de Salinidad de los E.U.A.) 1980,** “**Diagnostico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos**”. Editorial LIMUSA 6ta. Edición. México.
- **Velasco L., (1979).** “**Física del Suelo, Agua y Planta**”. Editorial EUBLORAT. U.N.A. Publicación Nro. 74. “La Molina”.

**INVENTARIO DE RECURSOS HIDRICOS DE 05 COMUNIDADES DEL DISTRITO  
DE ANTA DE LA PROVINCIA DE ACOBAMBA-HUANCAVELICA**

**INVENTORY OF WATER RESOURCES IN 05 COMMUNITIES IN THE DISTRICT  
OF ANTA OF ACOBAMBA PROVINCE-HUANCAVELICA**

**KENY ROY ESPINOZA ROJAS**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA, DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AGRARIAS, ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE  
AGRONOMIA**

**Resumen**

En el presente trabajo se realizó el recorrido de las comunidades de Huayanay, Sancaypampa, Patacancha, Ñahuincucho y Occoro del Distrito de Anta, Provincia de Acobamba Región Huancavelica, donde se realizó el inventario de los recursos hídricos de cada comunidad encontrándose 25 manantes y dos ríos (Río Huayanay y Occoro), donde se determinó el volumen de cada fuente hídrica en estudio encontrando el 0.1lt/s el más representativo de 41% (11 unidades) que posee insuficiente agua para ser aprovechada en la actividad agrícola por la existencia de mayor demanda de agua.

El uso del agua se determinó con las observaciones directas en el terreno encontrando el 40% (10 unidades) para el uso poblacional el porcentaje es mayor por ser de prioridad, y el 32% (8 unidades). Para el uso Agrícola pecuario se observó la existencia de canales de riego, reservorios de concreto en las comunidades de Patacancha y Ñahuincucho, pero en la actualidad están en malas condiciones y ausencia de capacitaciones en riegos y que conlleva al mal manejo de pastos mejorados y insuficiente forraje para los ganados.

Para la determinación de la calidad del agua de riego, se recogieron muestras de 2L, de cada recurso hídrico de las 05 comunidades en estudio, donde se eligieron los principales manantes de cada comunidad, para determinar el análisis físico químico del agua obteniendo los siguientes resultados.

El pH de todas las muestras, se hallan dentro del rango 7,73 a 7,93 y por consiguiente son reconocidas como aguas recomendables para el riego, sin problema de sospecha.

Mediante la conductividad eléctrica se evaluó la salinidad de las diferentes muestras y los resultados de las comunidades de Huayanay, Patacancha, Ñahuincucho y Occoro ligeramente alto según la clasificación de C.E. y Sancaypampa con el índice menor de 669  $\mu\text{S}$  que recibe la calificación de aguas sin problema de salinización.

La Evaluación de problemas de permeabilidad que se expresa la relación de absorción de sodio (S.A.R.) los resultados de las cinco muestras representa riesgo bajo, que no provoca la degradación de mismo consiguiente pérdida de estructura de permeabilidad.

Las 05 muestras de aguas del presente trabajo, se clasifican de acuerdo a los nomogramas de Riverside, Greene y Wilcox; llegando a determinar agua de clase C2S1 y C3S1, respectivamente, y que significa aguas de buena calidad.

#### **SUMMARY**

In the present work was carried out the path of the communities of Huayanay, Sancaypampa, Patacancha, Ñahuincucho Occoro and the District of Anta, Acobamba Province Huancavelica Region, where the inventory is carried out of the water resources of each community While 25 manantes and two rivers (River and Huayanay Occoro), where it was determined the volume of each water source in study finding the 0.1L/s the most representative of 41% (11 units) that possesses insufficient water to be used in the agricultural activity by the existence of increased demand for water.

The use of water was determined by direct observations in the field find the 40% (10 units) for the population use the percentage is higher by be of priority, and 32% (8 units). For agricultural use livestock is noted the existence of irrigation canals, reservoirs of concrete in the communities of Patacancha and Ñahuincucho, but at present they are in bad conditions and lack of skills in irrigation and that leads to the mishandling of improved pastures, and insufficient forage for the livestock.

For the determination of the quality of the irrigation water, samples were collected from 2L, of each water resource of the 05 community in study, where we chose the main manantes of

each community, to determine the physical chemical analysis of the water with the following results.

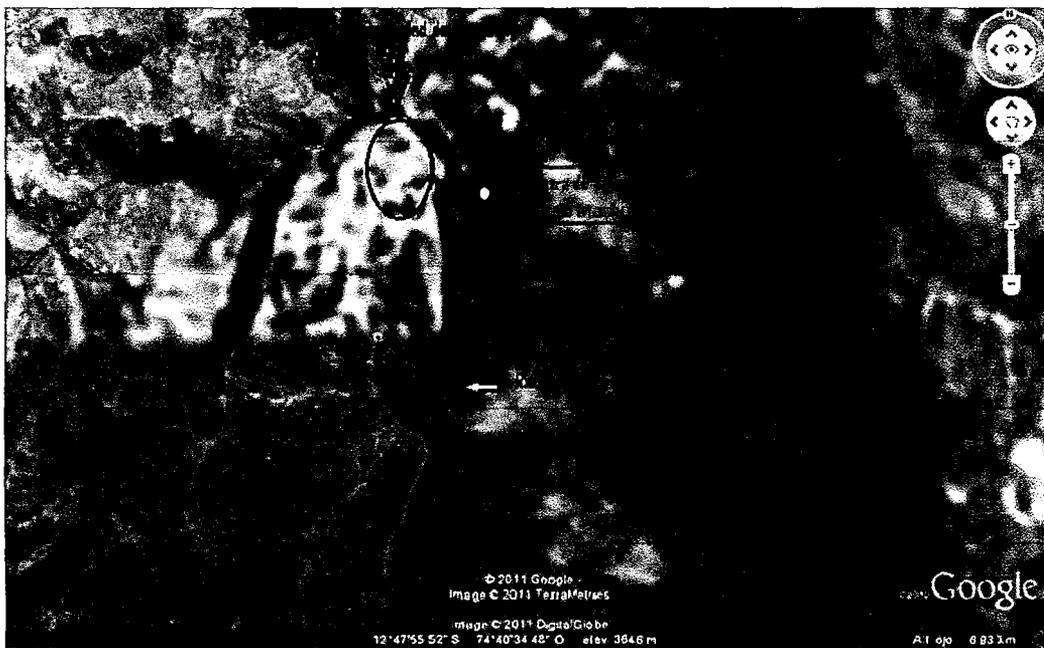
The pH of all the samples are within the range 7,73 to 7,93 and therefore are recognized as waters suitable for irrigation, no problem of suspicion. Through the electrical conductivity is assessed the salinity of the different samples and the results of the communities of Huayanay, Patacancha, ÑahuincuchoOccoro slightly high and according to the classification of C. E. and Sancaypampa with the smallest index of 669  $\mu\text{S}$  that receives the rating of waters without problem of salinization.

The evaluation of problems of permeability that expresses the relationship of sodium absorption (S.A. R.) the results of the five samples represents low risk, that does not cause degradation of same consequent loss of structure of permeability.

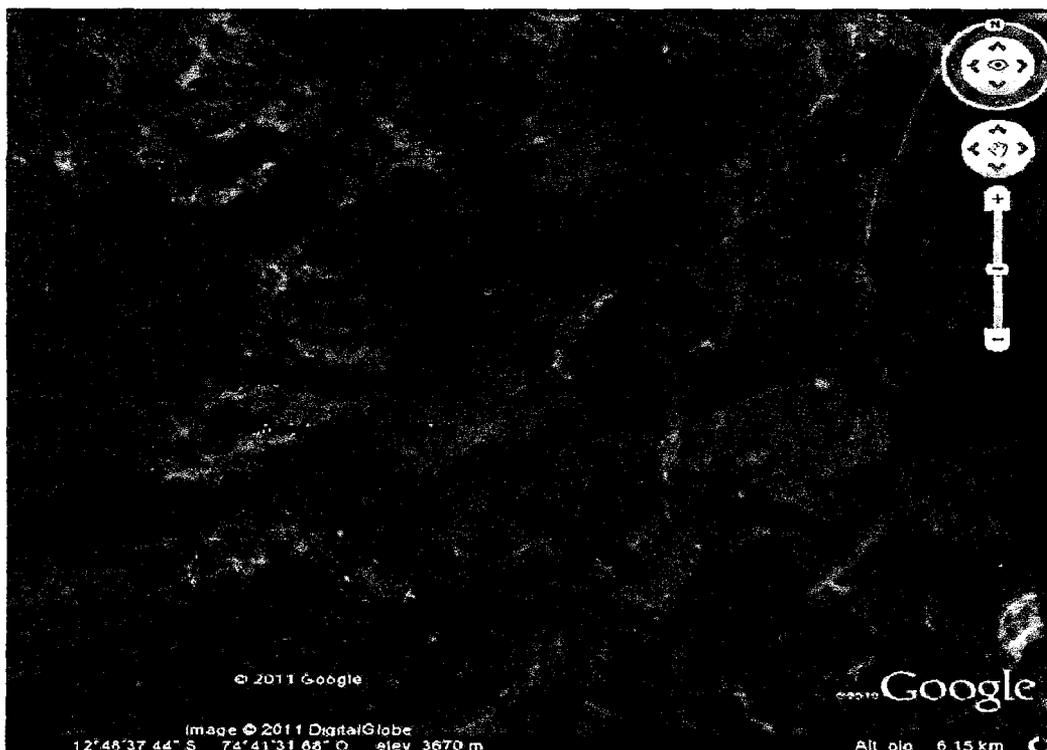
The 05 water samples of the present work, are classified according to nomographs in Riverside, Greene and Wilcox; arriving to determine water class C2S1 and C3S1, respectively, and that means good water quality.

**ANEXOS**

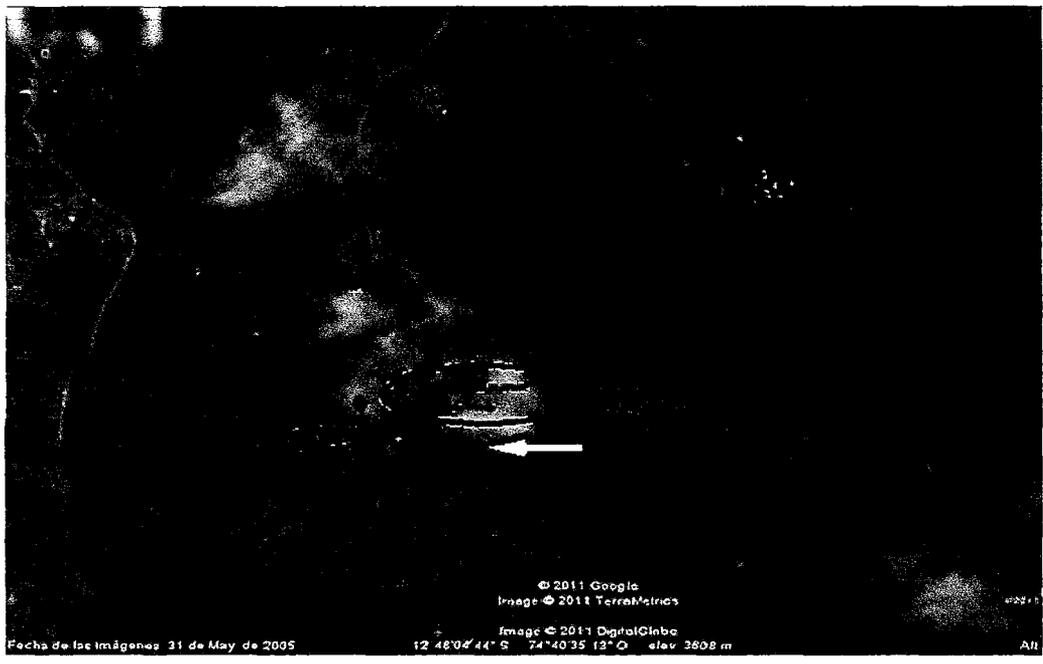
COMUNIDADES EN ESTUDIO  
ANEXO 01 Comunidad de Huayanay  
(Fuente GoogleEart)



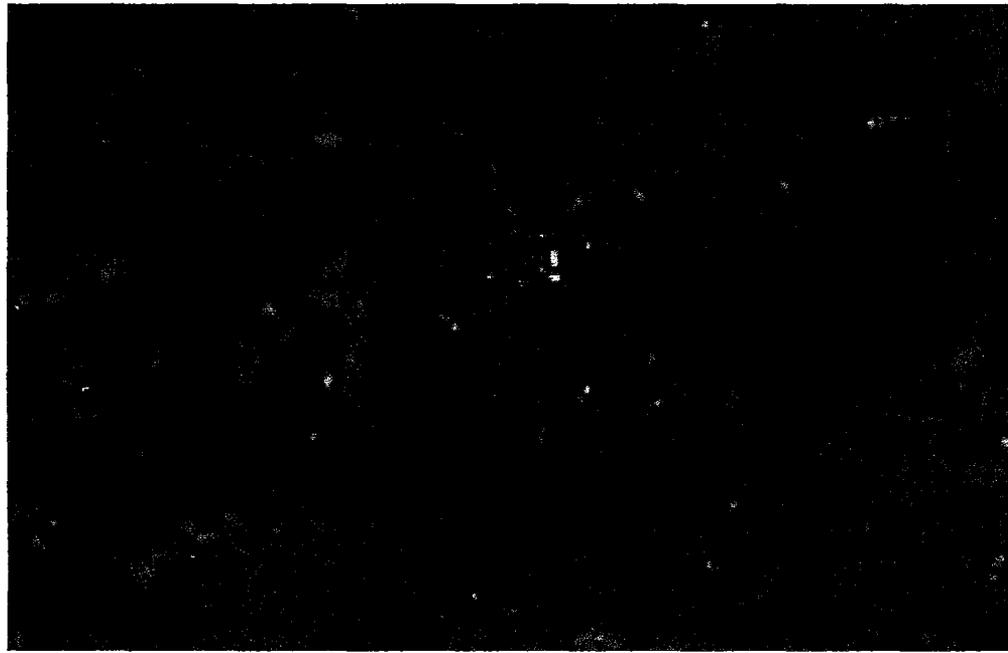
ANEXO 02 Comunidad de Sancaypampa  
(Fuente GoogleEart)



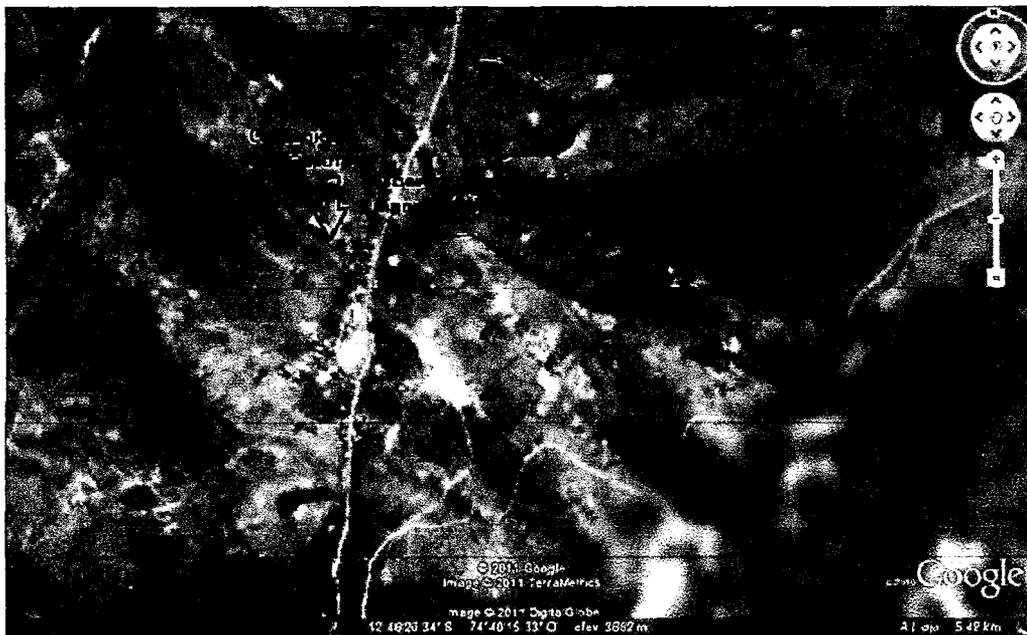
**ANEXO 03 Comunidad de Patacancha  
(Fuente GoogleEart)**



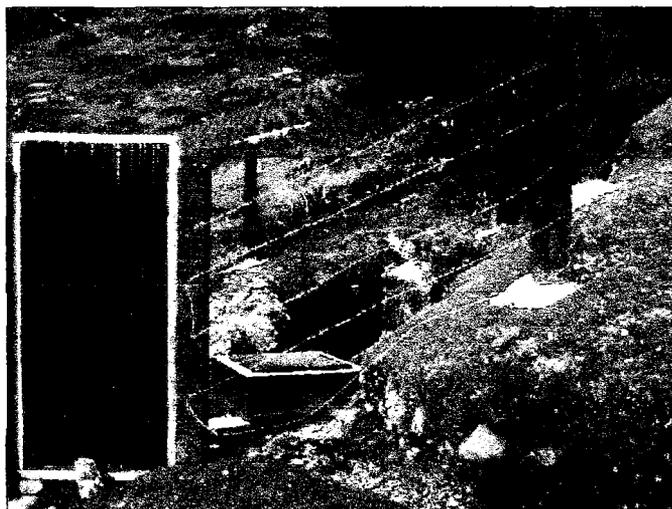
**ANEXO 04 Comunidad de Ñahuincucho  
(Fuente GoogleEart)**



ANEXO 05 Comunidad de Occoro  
(Fuente GoogleEart)



ANEXO 06 Uso poblacional (Huayanay)



Sancaypampa – Manante  
Ruyrumihuacta



Patacancha – Manante  
Putacca puquio



Ñahuicucho – Manante Ñahuipuquio



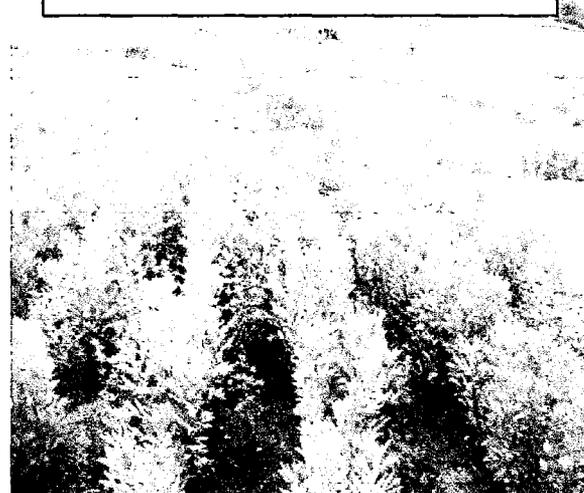
Occoro- Manante Wawapuquio



Uso domestico proveniente del Manante  
Sayhuapacucha - Ñahuicucho



Uso agrícola pecuario – Manante  
Wawapuquio- Occoro



Muestras de agua de las cinco  
Comunidades- Para el Análisis

