

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA



"DIAGNOSTICO DE LOS RECURSOS HIDRICOS Y PROPUESTA DE UN  
PLAN DE USO DEL AGUA EN LA COMUNIDAD DE LLACHARAPI GRANDE  
- ARAPA"

## TESIS

PRESENTADO POR:

Bach. JULIO CESAR MUÑUICO PAYE

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO - PERÚ

2015

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA**

“DIAGNOSTICO DE LOS RECURSOS HIDRICOS Y PROPUESTA DE UN PLAN  
DE USO DEL AGUA EN LA COMUNIDAD DE LLACHARAPI GRANDE -  
ARAPA”

**TESIS**

PRESENTADO A LA DIRECCION DE INVESTIGACION DE LA FACULTAD DE  
INGENIERIA AGRICOLA, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR EL TITULO  
DE:

**INGENIERO AGRÍCOLA**

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE	:	 M.Sc. Oscar Raúl MAMANI LUQUE.
PRIMER MIEMBRO	:	 M.Sc. Roberto ALFARO ALEJO
SEGUNDO MIEMBRO	:	 M.Sc. Edgardo Sebastián GUERRA BUENO.
DIRECTOR DE TESIS.	:	 Ing. Percy Arturo GINEZ CHOQUE.
ASESOR DE TESIS.	:	 Ing. Bernardo Pio GOLOMA PAXI.

PUNO - PERÚ

2015

ÁREA : Ingeniería y Tecnología  
TEMA: Gestión de sistema de riego  
LÍNEA: Recursos Hídricos

## **DEDICATORIA**

*A DIOS por darme la vida, por ser mi guía, fortaleza e iluminar mi camino, pero sobre todo por permitirme disfrutar mis logros cerca de mi seres amados.*

*A mis queridos hermanos ARTURO, WALBERTO Y FELIX, por su constante apoyo y motivación entusiasmo a seguir adelante, siempre tendré presente en el recorrer de mi trayecto profesional.*

*A Yuri Andrew mi hijo que es mi fuerza y amor, para lograr mis aspiraciones, para superarme día a día y ser un ejemplo para él.*

*A mis queridos padres NAZARIO Y PASCUALA, quienes con su ejemplo me formaron para asumir retos como éste, y me supieron inculcar la dedicación y perseverancia al trabajo.*

*A mis docentes de mi querida facultad de Ingeniería Agrícola por sus enseñanzas y buenos consejos acertados en mi formación profesional.*

## **AGRADECIMIENTO**

- *A nuestra Alma Mater, Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Agrícola, Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola por darme la Oportunidad de Formarme profesionalmente.*
- *A los docentes de la facultad de Ingeniería Agrícola, por sus valiosas enseñanzas que se han constituido en el pilar fundamental de mi formación profesional.*
- *A mis compañeros y amigos que alguna vez me dieron un apoyo moral y material, porque me dieron la oportunidad de escucharme y compartir mis penas y alegrías.*

***JULIO CESAR MUÑUICO PAYE.***

**INDICE**

<b>RESUMEN</b> .....	01
<b>I. INTRODUCCION</b> .....	02
1.1. Generalidades.....	02
1.2. Justificación.....	03
1.3. Antecedentes.....	05
1.4. Objetivos.....	06
1.4.1. Objetivo General.....	06
1.4.2. Objetivos específicos.....	06
<b>II. REVISION DE LITERATURA</b> .....	07
2.1 Marco Legal de los Recursos Naturales.....	07
2.1.1. Ley de los Recursos Hídricos.....	07
2.2. Marco Teórico.....	08
2.2.1. Cuenca Hidrográfica.....	08
2.2.2. Manejo de Cuencas Hidrográficas.....	10
2.2.3. Evaluación de una Cuenca.....	12
2.2.4. Diagnóstico de una cuenca.....	13
2.2.5. Diagnóstico de los recursos hídricos.....	15
2.2.6. Planificación de los recursos hídricos.....	16
2.2.7. Plan de manejo de cuencas.....	19
2.2.8. Diagnóstico del problema de inundaciones.....	20
2.2.9. Diagnóstico del problema de sequías.....	21
2.2.10. Precipitación.....	22
2.2.11. Análisis Hidrometeorológico.....	25
a) Análisis Gráfico.....	26
b) Análisis de Doble Masa.....	26
c) Análisis Estadístico.....	26
d) Método para el Análisis de Avenidas.....	26
e) Método directo.....	28
f) Método empírico.....	29
g) Método hidrométrico.....	29
h) Método estadístico o probabilístico.....	29
i) Correlación hidrológica.....	29



2.3. Inventario de los Recursos.....	30
2.4. Hipótesis.....	31
2.4.1. Hipótesis general.....	31
2.4.2. Hipótesis específicos.....	31
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>32</b>
<b>3.1. MATERIALES.....</b>	<b>32</b>
3.1.1. Ubicación del área de estudio y vías de acceso.....	32
a) Ubicación Política.....	32
b) Ubicación Geográfica.....	32
c) Ubicación Hidrográfica.....	32
d) Límites del distrito.....	32
e) Vías de Acceso.....	33
3.1.2. Información Meteorológica e Hidrométrica.....	34
3.1.3. Información Cartográfica.....	34
3.1.4. Equipo de ingeniería para el estudio.....	34
a) Software y equipo de dibujo.....	34
b) Aforo de las fuentes de aguas.....	35
c) Equipo de Laboratorio.....	35
<b>3.2. METODOLOGÍA.....</b>	<b>35</b>
3.2.1. Características físicas y topográficas de la zona en estudio.....	35
a) Superficie de la comunidad Llacharapi Grande.....	35
b) Altitud media.....	35
c) Red hidrográfica.....	36
3.2.2. Evaluación climatológica.....	36
a) Precipitación pluvial.....	36
b) Temperatura.....	36
c) Humedad relativa.....	37
d) Evaporación.....	37
3.2.3. Inventario y evaluación de fuentes de agua.....	43
a) Aguas Superficiales.....	44
b) Manantiales.....	44
c) Evaluación de calidad de agua.....	45
3.2.4. Demanda del Agua.....	45
a) Calculo de Evapotranspiración Potencial.....	46

a) Cálculo de Kc.....	47
b) Precipitación efectiva.....	47
3.2.5. Balance hídrico.....	48
3.2.6. Análisis de máximas avenidas.....	48
3.2.7. Plan de Manejo de los recursos hídricos de la comunidad.....	50
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>51</b>
4.1. Descripción del área del estudio.....	51
4.2. Población y actividades principales.....	51
4.3. Red Hidrográfica.....	52
4.4. Ecología.....	53
4.5. Características de los elementos climáticos.....	53
4.5.1. Temperatura del aire.....	53
4.5.2. Humedad Relativa.....	55
4.5.3. Evaporación.....	57
4.5.4. Velocidad del viento.....	58
4.5.5. Precipitación total.....	60
4.6. Tipos de Clima.....	62
4.6.1. Semilluvioso frío.....	62
4.6.2. Semilluvioso frío.....	62
4.6.3. Semilluvioso Semifrigido.....	62
4.7. Inventario de las fuentes de Agua.....	62
4.7.1. Ríos y Quebradas.....	63
4.7.2. Lagunas.....	63
4.7.3. Aguas subterránea y manantiales.....	62
4.8. Calidad de Agua.....	64
4.8.1. Uso Doméstico.....	65
4.8.2. Uso Agrícola.....	65
4.9. Demanda de agua.....	65
4.9.1. Demanda para uso doméstico.....	65
4.9.2. Demanda para uso agrícola.....	66
4.9.3. Oferta de agua para uso agrícola.....	66
4.10. Demanda para uso pecuario.....	72
4.11. Balance hídrico en la comunidad de Llacharapi.....	72
4.12. Evaluación de la precipitación.....	73

## RESUMEN

La Investigación se realiza en la Comunidad de Llacharapi Grande se encuentra ubicada en distrito Arapa - Azangaro – Puno. denominado “DIAGNOSTICO DE LOS RECURSOS HIDRICOS Y PROPUESTA DE UN PLAN DE USO DEL AGUA EN LA COMUNIDAD DE LLACHARAPI GRANDE - ARAPA”, es una metodología para diagnosticar y planificar el manejo de los recursos hídricos, en la obtención de principales datos para desarrollar un plan de gestión del agua que constituye un elemento fundamental para alcanzar logros, desarrollos, preservando y racionalizando los usos de la oferta hídrica para un mayor beneficio social y realizando el diagnostico de los recursos hídricos y formular un plan de manejo de los recursos hídricos para uso poblacional, pecuario y agrícola en la comunidad de Llacharapi Grande.

Para el presente investigación, el tratamiento de la información se realizó con la finalidad de analizar y evaluar los registros de precipitación disponibles, de tal manera seleccionar la información base para determinar la disponibilidad de agua en la comunidad. Este análisis consta de los siguientes puntos: Análisis Grafico, Análisis de doble masa y Análisis estadístico.

En la comunidad de Llacharapi Grande los recursos hídricos se realizó la diferencia entre la oferta hídrica y la demanda para los diferentes usos, como poblacional , agrícola y pecuario y promover la realización conjunta de un inventario de los recursos hídricos creando un espacio de participación, se forman comisiones comunales de los recursos hídricos que acompañan al equipo técnico en el trabajo en el trabajo de campo, quienes orientan e informan sobre las fuentes, usos, demandas y propuestas que tiene la comunidad en la fase elaboración del plan de gestión de los recursos hídricos.



## I. INTRODUCCION.

### 1.1. Generalidades.

El agua, es uno de los recursos naturales más importantes ya que ésta presente en todos los aspectos de la vida, prácticamente todas las actividades humanas están vinculadas con el agua; Usos agrícolas, poblacionales, pecuarios, industriales, mineros, generación de energía, transporte, actividades recreativas, etc. Pero también muchos desastres naturales están relacionados con la misma, como los casos extremos de sequías e inundaciones, que causan grandes daños y pérdidas económicas y de vidas humanas.

Las cuencas del departamento de Puno se caracterizan por estar afectados cíclicamente por fenómenos naturales tales como: sequías, inundaciones, heladas, granizadas, entre otros; las precipitaciones pluviales son relativamente escasas, concentradas básicamente durante tres o cuatro meses del año (Diciembre a Marzo), es decir que las cuencas del altiplano vienen sufriendo su acelerado proceso de sobre pastoreo, desertificación y erosión hídrica de los suelos agrícolas. Todo ello debido fundamentalmente, a sus características naturales propias, a la mayor y creciente presión demográfica hacia los recursos naturales, y al mal manejo que se les aplica, pues los niveles tecnológicos utilizados son sumamente bajos.

En la región de Puno estudios relacionados a los recurso hídrico son escasos, sin embargo en el proceso de planificación constituye un elemento fundamental para alcanzar logros y desarrollo; la mayoría de problemas se presentan en el proceso de diseño de proyectos donde está involucrada el agua (proyectos hidráulicos, riego, proyectos de saneamiento, etc.), no se conoce la oferta de agua ni su demanda, el agua no tiene una administración para su uso.

En la región puno uno de los factores que influyen en la mala administración y/o uso del recurso hídrico es la carencia de organización a nivel de usuarios, planificación en el uso del recurso hídrico y por falta de la aplicación de políticas públicas de recursos hídricos.

En la comunidad de Llacharapi, no se tiene un plan de manejo de los recursos hídricos, no se tienen datos exactos de la cantidad y calidad del agua trayendo consigo eventuales conflictos sociales, el problema en el manejo de los recursos naturales en nuestro país, es su ineficiencia, especialmente en el uso agrícola (eficiencia de riego menor a 40 %), falta de operación y mantenimiento adecuado de los sistemas hidráulicos.

Con la presente investigación se pretende responder a las siguientes interrogantes:

Es posible cuantificar la oferta de agua en la comunidad de Llacharapi Grande?.

Es posible determinar la demanda de agua para uso doméstico, agrícola y pecuario?.

Es posible formular un plan de manejo del recurso agua para satisfacer las necesidades de los pobladores de la comunidad de Llacharapi Grande?.

## **1.2. Justificación.**

En la comunidad de Llacharapi grande en la actualidad se carece de agua potable, los pobladores trasladan el agua de grandes distancias en diferentes tipos de recipientes, utilizando bicicletas o motos lineales y caminatas esta labor lo realizan los niños, jóvenes y adultos no se conoce la calidad del agua, esto incide en la salud de los pobladores.

Este problema se da en los países en vías de desarrollo, es necesario optimizar sus recursos potenciales como son el agua y suelo; en cambio en los países desarrollados el mayor problema es el de la economía del agua y la contaminación de las fuentes. Ello implica que se tenga que recurrir al planteamiento hidráulico y al empleo de tecnología cada vez más avanzada en el aprovechamiento de los recursos hídricos de la zona.

En la comunidad de Llacharapi grande, principalmente en las laderas, existe un deterioro progresivo del recurso agua y suelo, no se aprovecha en forma adecuada y al contrario están siendo destruidas. Esta situación de descuido y

abandono han desencadenado una serie de problemas que se acentúan con el tiempo, incidiendo la erosión, degradación y pérdida de los suelos, sedimentación y acumulación de material de acarreo y daños en sistemas de andenerías. La estimación de las demandas para los diversos usos del agua, tanto en el tiempo como en el espacio, establecer las normas para los usos del agua.

Los recursos están constituidos, principalmente, por las aguas de escurrimiento superficial. El aprovechamiento de estos recursos hídricos requiere de la concepción, planeamiento, diseño, construcción, operación y mantenimiento de obras para controlar y utilizar el agua, para las diferentes necesidades existentes. El conjunto de éstas obras constituyen los llamados proyectos hídricos.

Las características de la comunidad de Llacharapi Grande son, que la mayor parte de sus tierras con aptitud agrícola, pastizales y forestales, se encuentran en laderas con pendientes considerables, si a ello le agregamos la escasez de lluvias durante los meses de enero, febrero y marzo, nos encontramos en una situación en la que las medidas conservacionistas no solo son imperativas para preservar sus suelos sino también sus recursos hídricos. Estos problemas mencionados son originados básicamente por una falta de ordenamiento de los recursos naturales (principalmente agua y suelo) en la comunidad de Llacharapi Grande, frente a esta situación, es necesario y prioritario desarrollar una estrategia de trabajo o formular un plan de manejo de los recursos agua y suelo principalmente.

Para la implementación de este plan de ordenamiento y manejo los recursos de agua y suelo es necesario conocer su comportamiento. Para ello se ha considerado a la comunidad como un sistema, en donde los factores físico-naturales propios de ella, y el factor humano interactúan entre sí, generando respuestas en su espacio a través del tiempo con esto se busca influir y/o controlar en algunos de estos factores, para lograr un comportamiento que guarde armonía y equilibrio con los ecosistemas, pero antes debemos evaluar cada uno de ellos, a partir de un diagnósticos correspondientes.

### 1.3. Antecedentes

En el Perú desde la década del 60, se han iniciado estudios hidrológicos para la evaluación y cuantificación de los recursos hídricos en cuencas de mayor importancia para el desarrollo agropecuario de nuestro país.

El año 1973, el Ministerio de Agricultura asumió oficialmente esta disciplina, creando en la dirección general de aguas, una subdirección de manejo de cuencas con tres unidades: ordenación de cuencas, sistema de conservación y sistema de protección.

En 1974, como consecuencia de solicitudes dirigidas al Ministerio de Agricultura, por parte de interesados, se creó el proyecto de asistencia técnica a cargo de la dirección de aguas, a través de la subdirección de manejo de cuencas.

En los años de 1975-1976, con el objetivo de afirmar la institucionalización del manejo de cuencas el proyecto cambia de denominación, y pasó a llamarse proyecto de manejo de cuencas, proponiéndose como meta a formular los estudios a nivel nacional de 30 cuencas.

En 1997 y 2000 el Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo aporta experiencias de asesoría para inventariar y planificar los recursos hídricos al Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos.

En el presente trabajo se realizó el estudio del diagnóstico de los recursos hídricos; tomando en cuenta los siguientes aspectos: determinación de las demandas, determinación del potencial de agua disponible, balance demanda disponibilidad, diagnósticos de los problemas de la erosión, sequías y los problemas creados por la acción del hombre, sobre la base de los estudios realizados se implementa un plan de manejo del recurso hídrico.

Se han realizado los siguientes trabajos de investigación a nivel de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno:

- “Hidrología del Drenaje Superficial de las Microcuencas Aledañas de la ciudad de Puno” estudio realizado por: Salas, P. W. (1992).
- “Diagnóstico para el Plan de Manejo y Conservación de Agua y Suelo de la Microcuenca Paxa-Azoguini-Puno” estudio realizado por: Choquecota R. A. (1995).
- “Estudio y Diseño del Sistema de Drenaje de la ciudad Universitaria Puno” estudio realizado por: Balboa Choquecota, M. (1999).

En el presente trabajo se realizó el estudio del diagnóstico de los recursos hídricos; tomando en cuenta los siguientes aspectos: inventario de las fuentes de agua para determinar la oferta de agua, determinación de las demandas de uso poblacional, agrícola y pecuario, balance hídrico, identificación de los problemas, identificación de necesidades; sobre esta base se plantea la formulación de un plan de manejo de los recursos hídricos.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo General**

- Realizar el diagnóstico de los recursos hídricos y formular un plan de manejo de los recursos hídricos para uso poblacional, pecuario y agrícola en la comunidad de Llacharapi Grande.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Realizar el Inventario de los recursos hídricos superficiales en la comunidad de Llacharapi Grande.
- Determinar la demanda de agua de uso poblacional, agrícola y pecuario en la comunidad de Llacharapi Grande.
- Plantear un plan de manejo y conservación del recurso agua con fines de uso poblacional, agrícola y pecuario para la comunidad de Llacharapi Grande.



## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Marco Legal de los Recursos Naturales

#### 2.1.1. Ley de los Recursos Hídricos

Esta ley fortalece el desarrollo integral de las cuencas hidrográficas, en cuanto señala que el Estado deberá, respecto a los recursos hídricos: formular la política general de su utilización y desarrollo; Planificar y administrar sus usos apropiadamente; inventariar y evaluar su uso potencial; conservar, preservar e incrementar dichos recursos; realizar y mantener actualizados los estudios hidrológicos, hidrobiológicos, hidrogeológicos, meteorológicos y otros que se consideran necesarios en las cuencas hidrográficas del territorio nacional. Asimismo, menciona que el Poder Ejecutivo podrá: reservar aguas para cualquier finalidad de interés público; reorganizar una zona, cuenca hidrográfica o valle para una mejor o más racional utilización de las aguas; autorizar la desviación de aguas de una cuenca a otra que requiere ser desarrollada; y declarar zonas de protección para no afectar el recurso hídrico, por cualquier actividad que podrá ser limitada, condicionada o prohibida.

En los aspectos de conservación y preservación de los recursos hídricos, señala las obligaciones de los Ministerios de Agricultura y Salud, referidas a: dictar las providencias que persigan, sancionen y supriman la contaminación, o pérdida de las aguas; desarrollar acciones educativas y asistencia técnica permanentes para formar conciencia pública sobre la necesidad de conservar y preservar las aguas; y promover programas de forestación de cuencas, defensa de bosques, encauzamiento de cursos de agua y preservación contra su acción erosiva. Reforzando los aspectos de conservación y preservación del agua, establece que la Autoridad de Aguas dictará las providencias y aplicará las medidas necesarias para evitar la pérdida de agua por escorrentía, percolación, evaporación, inundación, inadecuado uso u otras causas, con el fin de lograr la máxima disponibilidad de los recursos hídricos y mayor grado de eficiencia en su utilización. En el mismo sentido, prohíbe el vertimiento de

cualquier residuo sólido, líquido o gaseoso que pueda contaminar las aguas causando o poniendo en peligro la salud humana o el normal desarrollo de la flora y fauna o comprometiendo su empleo para otros usos. Faculta a la Autoridad Sanitaria a establecer los límites de concentración permisibles de sustancias nocivas, que pueden contener las aguas, según el uso a que se destinen.

La jurisdicción administrativa en materia de aguas corresponde al Ministerio de Agricultura, salvo las relativas a las aguas mineromedicinales y las de orden sanitario que competen al Ministerio de Salud. El Administrador Local del Agua es el funcionario competente para resolver en primera instancia administrativa, constituyéndose la Autoridad Autónoma de la Cuenca Hidrográfica en la segunda instancia administrativa.

## **2.2. Marco Teórico**

### **2.2.1. Cuenca Hidrográfica**

GÓMEZ L. (1992), (11) Es el área que es drenada por un río incluyendo los recursos naturales inscritos dentro de ella se caracteriza por:

- Área de drenaje con colector común.
- Es un sistema que se da en un espacio físico sostenido por un manto geológico y en el que existen riquezas naturales que presenta flujos de intercambio con otros sistemas.
- Unidad espacial definida por un complejo sistema de interacciones, físicas, socioeconómicas o una interdependencia de los elementos que la constituyen.

Es decir el concepto de la cuenca no es solo una zona de captación de agua sino que incluye los recursos naturales que la conforman, los hombres que la

habitan, el espacio geográfico en donde se desarrollan, los intercambios físicos, biológicos y socioeconómicos.

APARICIO M. (1992), (01) dice que, una cuenca es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida.

VÁSQUEZ V. A. (2000), (25) indica que, la cuenca es el área natural o unidad de territorio, delimitada por una divisoria topográfica (*divortium aquarum*), que capta la precipitación y drena el agua de escorrentía hasta un colector común, denominado río principal.

REYES C. (1992), (18) manifiesta que, la cuenca hidrográfica o de drenaje de un cauce está delimitada por el contorno en cuyo interior el agua es recogida y concentrada en la entrega al dren mayor.

FAUSTINO J. (2000) (8) menciona que se denomina cuenca hidrográfica al área territorial de drenaje natural donde todas las aguas pluviales confluyen hacia un colector común de descarga. Los límites de una cuenca están determinados por la línea de «*divortium aquarum*» o divisoria de aguas. Debemos señalar que no siempre los límites geográficos (superficiales) suelen coincidir con los límites del acuífero (subterráneo), pudiendo existir transferencias de masas líquidas entre una cuenca y otra adyacente o cercana. La línea de *divortium aquarum* se inicia y termina en la cota más baja o de salida considerada, para delimitar la cuenca o un área de recepción hidrográfica, por ejemplo parte alta.

La cuenca hidrográfica también se define como un ecosistema en el cual interactúan y se interrelacionan variables biofísicas y socioeconómicas que funcionan como un todo, con entradas y salidas, límites definidos, estructura interna de subsistemas jerarquizados (por ejemplo en el sistema biofísico: los subsistemas biológicos y físicos). En este sistema ocurren entradas como la energía solar, hídrica, eólica y gases como el CO<sup>2</sup>, además ingresan insumos

como semillas, alimentos, tecnologías y otros, ambos dan origen a procesos como el flujo de energía, ciclo de nutrientes, ciclo hidrológico, erosión y actividades productivas.

### **2.2.2. Manejo de Cuencas Hidrográficas**

MEJÍA M. A. (2001), (13) menciona que los fenómenos hidrológicos son extremadamente complejos, por lo que nunca serán conocidos completamente. Sin embargo a falta de una concepción perfecta, puede ser representado de forma simplificada mediante el concepto de sistema. Un sistema es un conjunto de componentes interconectados entre sí, que se interrelacionan de acuerdo de una ley de funcionamiento. El ciclo hidrológico puede considerarse como un sistema con componentes serían: Precipitación, evaporación, escorrentía y los otros componentes del ciclo. Estos componentes pueden ser agrupados a su vez en subsistemas y para analizar todo el sistema, los subsistemas pueden ser tratados por separado y los resultados combinados de acuerdo a las interacciones entre ellos.

El ciclo hidrológico global como un sistema. Las líneas punteadas dividen el sistema total en tres subsistemas: el sistema de agua atmosférica, que contiene evaporación, evapotranspiración y precipitación, el sistema de agua superficial, que contiene los procesos de retención y escorrentía superficial, flujo sobre suelo, flujo subsuperficial y subterráneo (hacia los causes a los océanos); y el sistema de agua subsuperficial, que contiene los procesos de infiltración, percolación profunda, ascenso capilar, flujo subsuperficial y flujo subterráneo.

CHOW V., MAIDAMENT D. Y MAYS L. (1994), (03) Los fenómenos hidrológicos son extremadamente complejos y es posible que nunca se les entiendan en su totalidad. Sin embargo, en ausencia de conocimiento perfecto, pueden representarse en forma simplificada por medio del concepto de sistema. Un sistema es un conjunto de partes conectadas entre sí, que forman un todo. El ciclo hidrológico puede tratarse como un sistema cuyos componentes son precipitación, evaporación, escorrentía y otras fases del ciclo hidrológico.

VÁSQUEZ V. A. (2000), (25) Manejo de cuencas son toda las acciones técnicas conducentes al buen uso del espacio de la cuenca y en especial al recurso agua, el cual genera la sostenibilidad del medio ambiente y la satisfacción máxima de las necesidades humanas. Todo ello, en función de la demanda inmediata de agua de los múltiples sectores sociales que la usan (agricultores, ganaderos, consumidores urbanos de las ciudades), o la demanda de los que operan dentro de las cuencas con otros fines (empresas públicas y privadas de agua potable, electricidad, pesquería, turismo, recreación y minería).

CHANG N. L. (1993), (02) Señala que por manejo de cuencas hidrográficas se entiende al conjunto de actividades que los usuarios o población de las cuencas realizan para aprovechar los recursos naturales de las mismas, sobre todo de los recursos agua y suelo, en su propio beneficio, incluyendo las actividades de protección, preservación, conservación y rehabilitación de modo que el aprovechamiento, además de óptimo, sea sostenible, es decir permanente.

FAUSTINO J. (2006), (08) Menciona manejo de cuencas es el proceso para lograr la implementación de las actividades de cuencas, sirve para materializar la planificación y las necesidades de manejo. Se gestiona el recurso financiero, de materiales, insumos, recurso humanos etc. También se gestiona el fortalecimiento de las organizaciones y el apoyo institucional.

La cuenca como una unidad natural se presta bien como territorio para articular los procesos de gestión que tienden a contribuir con el desarrollo sostenible. Luego es fundamental que toda propuesta de gestión a nivel de cuenca se haga teniendo en cuenta su relación con los sistemas de gestión que funcionan con otros límites, sobre todo con los límites político-administrativos, entre los cuales los municipios son prioritarios.



### 2.2.3. Evaluación de una Cuenca

DOUROJEANNI R. (06), En general hay ciertos principios generales de evaluación que, con fines de diagnosticar y planificar cuencas debe ser observadas como son:

El carácter específico de la evaluación de una cuenca depende de los objetivos, tiempo, dinero y personal. El objetivo debe primar.

La evaluación de una cuenca puede ser desarrollada en etapas dependiendo de las necesidades. Por ejemplo, puede primero concentrarse la evaluación en aspectos de control de erosión.

Debe no sólo contener información física, sino también identificar los problemas sociales, económicos y legales relacionados con el plan de tratamiento. Debe emitir sugerencias para solucionar estos problemas.

Las interpretaciones y recomendaciones de la evaluación deben encauzarse hacia el diagnóstico en detalle de las problemas, proporcionando las bases para, detectados los mismos, estudiarlos en detalle.

La forma de ejecutar la evaluación varía, se puede usar técnicas de percepción remota, aerofoto interpretando, encuestas e inventarios, lo fundamental es ser sistemáticos en el trabajo, formar buenas brigadas de técnicas y procesar metódicamente los datos y concluir en recomendaciones útiles.

GÓMEZ L. (1992), (11) La evaluación de una cuenca provee las bases y referencias físicas y económicas para diagnosticar y planificar cuencas. Depende de los objetivos, tiempo, necesidades, presupuesto, personal y otros.

La evaluación debe dar recomendaciones integrales y específicas, identificar recursos físicos, problemas sociales, económicos, legales, debe dar alternativas y recomendaciones para solucionar estos problemas.

#### 2.2.4. Diagnóstico de una cuenca.

SEMINARIO M. (1989), (21) Señala que el diagnóstico de una cuenca debe comprender:

- Determinación del potencial de recursos.
- Determinación de necesidades.
- Balance entre oferta y demanda de las necesidades
- Identificación de problemas y/o conflictos
- Identificación de proyectos en operación /estudio
- Síntesis de la situación actual y necesidades de estudios.

DOUROJEANNI A. (1978), (6) Indica que el diagnóstico de una cuenca, es esfuerzo coordinado e integrado de investigaciones y análisis de los medios disponibles para solucionar o aliviar los conflictos y/o problemas para el uso de la cuenca.

SESA (1982), (22) El diagnóstico es un instrumento que sirve para la planificación y ejecución de acciones de desarrollo. Es el paso inicial para conocer los recursos y obstáculos que presenta una determinada área geográfica para alcanzar su desarrollo.

GÓMEZ L. (1992), (11) Indica que el diagnóstico es el paso previo para responder a solucionar, éste último solo se plantea como proyecto de inversión, que se presenta a un plan de estrategia para su ejecución y se hace en forma coordinada, si se tiene un plan.

¿Cuál debe ser el contenido del diagnóstico?

“Los agrarios privilegian, los cultivos, los sociólogos las relaciones sociales, los economistas la estructura económica”. Quien analiza la idiosincrasia campesina, caracteres antropológicos, culturales y otros, es decir existen un vacío en cuanto al instrumental para emprender un diagnóstico, que se investiga ¿quién, quienes y para qué? Es decir estas preguntas permiten caracterizar los principales actores del desarrollo rural.

He aquí algunas definiciones sustentadas:

- Es un juicio de valor sobre la realidad.
- Es la jerarquización de problemas, que conduce a la priorización de acciones de desarrollo (plenaria del seminario sobre diagnóstico y estudios en proyectos de desarrollo rural)
- Es un estudio rápido y funcional que permite diseñar proyectos, programas o políticas de desarrollo rural.

Estas definiciones es un aporte que dan las condiciones necesarias de lo que se debe buscar en un diagnóstico, es decir es puntual, se trata de una interpretación, no es exhaustivo, no es estático, es una investigación aplicada al desarrollo, es rápido y es previo al tratamiento.

ONERN (1980), (14) considera los siguientes conceptos:

El concepto de demanda se entiende como el requerimiento de los diversos grupos de usuarios para satisfacer sus necesidades en cuanto a cantidad y calidad de agua. En el medio rural, se debe tomar en cuenta la demanda de agua requerida para la subsistencia y desarrollo de los asentamientos rurales, la demanda del medio rural se estima considerando el crecimiento poblacional, la dotación de la población y el consumo pecuario directo. Para las demandas para uso agropecuario, comprende las demandas de uso agrícola y de uso pecuario. Las demandas agrícolas se calculan sobre la base de las demandas mensuales de las diferentes alternativas de cultivos, que satisfagan las demandas de alimentos de la población, la producción de exportación y de la agroindustria. Las demandas pecuarias, se estiman en función a los requerimientos para éste propósito, en función al tipo de producción pecuaria, en población actual y proyectada de animales y la dotación per. cápita respectiva.

El agua comprometida para aspectos ecológicos, cuando se construyen obras de regulación en los causes se modifica el ecosistema natural, el variar el

régimen de escurrimiento de los ríos. En estos casos debe mantenerse como reducción mínima de los ríos regulados, el caudal de estiaje que garantice el mantenimiento del ecosistema.

Otros tipos de demandas:

- Demandas para la generación de energía hidroeléctrica.
- Demandas para uso turístico y recreacional.
- Demandas para flujo de dilación.
- Demandas para la pesca comercial
- Demandas para lavado de sales.

Una vez estimados todas las demandas parciales dentro de la unidad hidrográfica de análisis, se procede a su agregación para establecer el total del agua demandada en cada unidad y poder controlarla con las disponibilidades. Debe tenerse en cuenta, para la totalización de la demanda, los usos múltiples del agua y las demandas no consuntivos, como la navegación, la generación de energía hidroeléctrica y la recreación.

### **2.2.5. Diagnóstico de los recursos hídricos**

SESA (1982), (22) El diagnóstico debe tener siempre un propósito definido, de allí que la información y el análisis que se realicen deben orientarse a buscar los datos absolutamente necesarios para cumplir sus propósitos, permitiendo por un lado ahorrar tiempo, recursos y esfuerzos y por otro no sesgar su intencionalidad con abundancia de información y tratamiento estadístico.

Esto implica necesariamente una selección cuidadosa de factores, y dentro de ellos de variables e indicadores que sean fundamentales a los propósitos del diagnóstico, y a sus usuarios.

VASQUEZ, A (2000), (25) menciona que el diagnóstico de los recursos hídricos es determinar las características físicas-naturales y la potencialidad del recurso hídrico en la cuenca, con el fin de identificar la problemática existente, las necesidades de los pobladores de la cuenca y plantear la alternativa de solución más viable.

Se entiende por método el camino o procedimientos que se sigue para alcanzar un objetivo determinado, es una sucesión de pasos de acción ligados entre sí para lograr un propósito. El método de trabajo comprende a su vez diversas técnicas:

- La elaboración del diagnóstico se enmarca dentro de un método de trabajo que se inicia con la definición del objetivo de estudio y concluye con el informe sobre resultados obtenidos.
- Las técnicas son acciones respecto a la manera como se ejecuta o pone en práctica el método. Es el arte de recorrer el camino.

Aportar Instrumentos y medios para la recolección, ordenamiento, clasificación, cuantificación, sistematización y análisis de los datos o información.

SANTAYANA V.S. (1990), (20) menciona que, los recursos hídricos están constituidos, principalmente, por las aguas de escurrimiento superficial y las aguas subterráneas. Los recursos hídricos en el Perú se encuentran distribuidos en tres vertientes con regímenes totalmente diferentes y en gran irregularidad en las descargas de sus ríos. La vertiente del Atlántico es la más extensa y tiene 1'298,281 Km<sup>2</sup>. (78.8%); la del Pacífico comprende la llanura costera y ocupa 229.060 Km<sup>2</sup> (17.7%); y la del Titicaca 45,953 Km<sup>2</sup> (3.5%). Según el "Inventario y Evaluación Nacional de las Aguas Superficiales", realizado en 1,980 por la Oficina de Evaluación de los Recursos Naturales (ONERN), se dispone en un volumen anual total de 2,043.53 Km<sup>3</sup>. Que corresponde al 5% del escurrimiento de todos los ríos del mundo. De éste total 1,998.76 Km<sup>3</sup>. (97.8%) pertenecen a la vertiente del Atlántico; 34.62 Km<sup>3</sup>. (1.7%), a la del Pacífico y 10.17 Km<sup>3</sup>. (0.5%) a la del Titicaca ONERN (15).

#### **2.2.6. Planificación de los recursos hídricos.**

CHOW V. (1994), (4) menciona que el agua es un elemento esencial para la vida, siendo generador principal de toda actividad realizada por el hombre. Se calcula que el volumen total de agua en la naturaleza es de 1,400 millones de km<sup>3</sup>. El 97,3 % de las aguas que existen en la tierra, están en los océanos, y



son saladas, y solo el 2,7 %, corresponde a las aguas dulces. Ahora partiendo del porcentaje que existe de agua dulce, se puede decir que el 77,2 % se encuentra en los casquetes polares, el 22,4 % está constituido por aguas subterráneas y el 0,36 % corresponde a lagos y ríos. Por último, el agua en estado gaseoso se encuentra en la atmósfera y representa el 0.04 % del volumen total de agua dulce. Las aguas subterráneas alcanzan aproximadamente un volumen de 37,8 millones de km<sup>3</sup> del total de agua disponible (1,400 millones de km<sup>3</sup>) en la tierra. En zonas áridas, siempre el hombre ha mirado hacia los recursos de agua subterránea para su sobrevivencia.

INRENA (2000), (12) Las características geográficas especiales del Perú, determinan que se presentan contrastes fisiográficas, climáticos e hidráulicos en sus tres regiones naturales, que establecen diferencias en sus regímenes hidrológicos, los cuales presentan variaciones temporales, que van desde períodos muy húmedos a períodos de extrema sequía.

En el Plan Nacional de Ordenamiento de los Recursos Hídricos del Perú, en su primera versión, deberá efectuarse el inventario nacional de aguas superficiales, a nivel anual. En la segunda versión del Plan deberá considerarse las disponibilidades a nivel mensual sobre todo para la zona de la costa. También debe realizarse el inventario de las reservas de aguas subterráneas.

Con los resultados del inventario nacional de aguas superficiales y conociendo las posibilidades físicas de aprovechamiento, se podrá determinar la potencialidad de los recursos hídricos aprovechables. El empleo de estos recursos requiere de la intervención.

El aprovechamiento eficiente de los recursos hidráulicos emplea el conocimiento de los lugares donde se encuentra el agua y en qué cantidad existe y su calidad y patrón de variabilidad; la estimación de las demandas para los diversos usos del agua, tanto en el tiempo como en el espacio y establecer las normas para los usos del agua.

La planificación para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos no puede circunscribirse a los perímetros de las cuencas, ni aún a conjuntos de cuencas hidrográficas. En efecto al analizar la utilización del agua en el ámbito de toda la visión y dentro de un horizonte de tiempo superficialmente grande (30 a 50 años), se pueden vislumbrar graves y complejos problemas.

El plan de aprovechamiento de los recursos hidráulicos constituye el resultado del proceso de planificación nacional hidráulica. El plan puede ser definido como el conjunto de estrategias y directrices que dentro de la política general de desarrollo y del ordenamiento legal e institucional, permite el logro de los siguientes objetivos:

- Precisar la cantidad, calidad y ubicación de los recursos hidráulicos del país o de una cuenca.
- Satisfacer oportunamente las demandas del agua poblacional, industrial y agrícola.
- Asegurar la defensa contra la acción destructiva de las aguas, especialmente de las inundaciones.
- Proteger las aguas contra la contaminación.
- Garantizar los caudales requeridos para la generación de energía, la piscicultura, la navegación, la recreación y otros usos.
- Jerarquizar las diferentes acciones de programas para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos y controlar el mejor aprovechamiento de los recursos hídricos.

SANTAYANA (1990), (20) Indica que el balance es la comparación en el tiempo y el espacio de las disponibilidades y las demandas de agua, que tiene por objeto definir la existencia de déficit o excesos de agua en las unidades hidrográficas de análisis. Permite asignar los volúmenes de agua disponibles a cada una de las demandas, según las prioridades establecidas por ley, de acuerdo a los requerimientos del proceso de desarrollo sostenido.

La definición de los estados de equilibrio hidráulico permitirá la formulación de las estrategias y las acciones correspondientes para asegurar la suficiente y oportuna satisfacción de las necesidades de agua para los diferentes usos.

Los resultados del balance permitirán conocer con antelación, los conflictos que podrían llegar a presentarse con relación a la disponibilidad de agua, para los diferentes usos y definir a tiempo las alternativas posibles para eliminarlos o mitigarlos. El balance demanda disponibilidad se realizará para cada unidad hidrográfica de análisis con la visión futura que implica la búsqueda de una situación deseable dado que sería necesario conocer la magnitud local de la demanda con el horizonte del plan, se haría la confrontación en dos niveles de análisis a nivel del horizonte del plan y a nivel de los umbrales del plan.

#### **2.2.7. Plan de manejo de cuencas.**

SEMINARIO M.E. (1989), (21) menciona que, el Plan de manejo de una cuenca es un documento directriz, ordenador e integrador para el desarrollo óptimo racional y eficiente de los recursos de una cuenca en función de las necesidades del hombre. Involucrar esencialmente la forma de aprovechamiento, proteger y conservar los recursos de la cuenca mediante la producción sostenida y el equilibrio medio ambiental.

VÁSQUEZ A. (2000), (25) menciona que debe ser elaborada por el equipo multidisciplinario de la cuenca y propuesto a la autoridad de la cuenca respectiva. Este plan no sólo debe contener un diagnóstico del estado de conservación y deterioro de la cuenca y las tecnologías a ser llevadas a cabo para proteger la cuenca sino los mecanismos de compromiso que deberían haber entre los sectores sociales para la realización de las obras, el tiempo en que deberán ser realizadas, los proyectos para las grandes obras que urgentemente se requiere realizar y un plan de promoción de las organizaciones de los sectores de las cuencas. La ejecución debe ser una labor coordinada de acuerdo a ciertas etapas señaladas con antelación y en función de ciertas prioridades y ciertos tiempos, lo más cortos posibles.

ROCHA A. (1993), (19) Según Indica que se debe entender por Manejo de los Recursos Hidráulicos la ejecución de un conjunto de acciones para usar y controlar el agua en todas sus formas y manifestaciones de modo de obtener beneficios para la humanidad. Indica también que se debe mirar como un sistema en el que la entrada está constituida por los recursos hidráulicos y la salida por las mejores condiciones de vida. El proceso inherente al manejo de los recursos hidráulicos manifiesta que debe ser en primer lugar, cuidadosamente planificado, luego ejecutado e implementado.

FLORES Y MALPARTIDA (1987), (10) Según Mencionan que el agua es el motor económico de que se puede disponer el hombre. En los ríos torrentes, manantiales y arroyos, su fuerza de impulsión se aprovecha en diversas actividades de gran utilidad, uno de ellos es referido al manejo cuando se distribuye en canales para irrigar campos de pastura que se aprovisionan del agua generalmente a través de la interface raíz – suelo.

ESPINOZA F. (1990), (7) Señala que para que un sistema de riego funcione bien, más aún se mantenga mejor y construyan mucho más canales. Es necesaria la participación de la Comunidad. Ella vista como Institución organizada y consciente de las necesidades de las mayorías; Planeando no solo el trabajo presente, sino también el futuro inmediato lo que servirá a las futuras generaciones..

OLARTE W. (1989), (15) Indica que las necesidades de estas son las que finalmente, condicionan las acciones, por las cuales debe ser considerada la utilización del agua. Esto significa la necesidad de planificar los cultivos y el riego basándose en los momentos oportunos y cantidad de agua óptima que requieren las plantas para satisfacer sus necesidades, como también formular una adecuada política de distribución, control y medición eficiente del agua.

#### **2.2.8. Diagnóstico del problema de inundaciones:**

El estudio de las inundaciones se orientará para la primera versión del plan en la definición de las causas y los aspectos del problema, a fin de tomar las

previsiones con respecto al aprovechamiento de las zonas inundadas. Este diagnóstico servirá luego para establecer el plan para prevenir las inundaciones, dentro del aprovechamiento armónico de los recursos.

La metodología del estudio de las inundaciones debe comprender la definición del problema, la identificación de los problemas, el diagnóstico de daños ocasionados y zonificación de áreas con problemas de inundación. Es importante para el estudio de las inundaciones, la recopilación de información cartográfica, el inventario de los daños, encuestas a los usuarios y personas e instituciones afectadas, etc. Luego en el análisis de la información se debe obtener el listado de los daños ocasionados en cada unidad hidrológica de análisis, catalogación del tipo de daños y su magnitud y un resumen de los tipos de problemas y sus causas. ONERN (12).

#### **2.2.9. Diagnóstico del problema de sequías:**

ONERN (1980), (14) Indican que, la sequía viene a ser un conflicto creado por el déficit del recurso agua. Este conflicto es casi permanente en las zonas áridas del país y temporal en aquellas zonas de variación significativa de las disponibilidades en el tiempo. El diagnóstico de los problemas de sequía se puede efectuar tomando como base los resultados del análisis del régimen mensual de descargas y de la comparación con las demandas. Se debe identificar los orígenes y las causas del problema, la zonificación de los problemas, la magnitud y el análisis de las posibles soluciones para cubrir los déficit.

Como reacción a la acción del medio físico sobre la actividad del hombre, éste adecua una serie de elementos de protección, que se construyen con la finalidad de aprovechar mejor los recursos hídricos, traen consigo una serie de problemas, cuyo análisis debe ser considerado dentro del Plan.

Entre éste tipo de conflictos se puede señalar cambios en las condiciones ecológicas: desequilibrios en el medio físico natural (régimen de esorrentía, sedimentos, modificación de los microclimas, entre otros).



### 2.2.10. Precipitación

Según, VILLON M. (2002), (26) La precipitación, es toda forma de humedad que originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo en forma de: Lluvias, Granizos, Garúas y Nevados. Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre y sus mediciones y análisis, forman el punto de partida de los estudios concernientes al uso y control del agua.

La formación de la precipitación, requiere de una elevación de una masa de agua en la atmósfera, de tal manera que se enfríe y parte de su humedad se condense. Atendiendo al factor que provoca la elevación del aire en la atmósfera, se clasifican en:

- Precipitación convectiva, en un tiempo caluroso, se produce una abundante evaporación a partir de la superficie del agua, formando grandes masas de vapor de agua que por estar más calientes, se elevan sufriendo un enfriamiento de acuerdo a la adiabática seca o húmeda. En el curso de su ascenso, se enfrían según el gradiente adiabático seco ( $1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ), o saturado ( $0.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ).
- Precipitación orográfica, se produce cuando el vapor de agua que se forma sobre la superficie de agua es empujada por el viento hacia las montañas, aquí las nubes siguen por las laderas de las montañas, y ascienden a grandes alturas, hasta encontrar condiciones para la condensación y la consiguiente precipitación.
- Precipitación ciclónica, se produce cuando hay un encuentro de dos masas de aire, con diferentes temperaturas y humedad, las nubes más calientes son violentamente impulsadas a la parte más altas, donde pueden producirse la condensación y precipitación. n asociados con el paso de ciclones o zonas de baja presión.

**a) Medición de la precipitación.-** La precipitación se mide en términos de altura de lámina de agua, y se expresa comúnmente en milímetros. Esta altura de lámina de agua, indica la altura de agua que se acumularía en una superficie horizontal, la precipitación permaneciera donde cayó.

Los aparatos de medición son:

- Pluviómetro, consiste en un recipiente cilíndrico de lámina, de aproximadamente 20cm de diámetro y de 60cm de alto. La tapa del cilindro es un embudo receptor, el cual se comunica con una probeta de sección diez veces menor que la de la tapa. Esto permite medir la altura de la lluvia en la probeta, con una aproximación hasta decimos de milímetros, ya que cada centímetro medido en la probeta corresponde a un milímetro de altura de lluvia, generalmente se acostumbra medir cada 24 horas.
- Fluviógrafo, es un instrumento, que registra la altura de lluvia en función del tiempo, lo cual permite determinar la intensidad de la precipitación, dato importante para el diseño de estructura hidráulicas. Los fluviógrafos más comunes son de forma cilíndrica, y el embudo receptor está ligado a un sistema de flotadores, que origina el movimiento de una aguja sobre un papel registrador, montado a un sistema de un reloj, como el papel registrador tiene un cierto rango en cuanto a una altura de registro, una vez que la aguja llega al borde superior, automáticamente regresa al borde inferior y sigue registrando. El grafico resultante recibe el nombre de pluviograma.

En general, la altura de precipitación que cae en un sitio dado, difiere de la que cae en los alrededores, aunque sea en sitios cercanos.

Los pluviómetros registran la lluvia puntual, es decir, la que se produce en el punto en la que está instalada el aparato. Para muchos problemas hidrológicos, se requiere conocer la altura de la precipitación media de una zona, la cual puede estar referida a la altura de precipitación, diaria, mensual, anual, media mensual, media anual.

- Altura de precipitación diaria, es la suma de las lecturas observadas en un día.
- Altura de precipitación media diaria, es el promedio aritmético de las lecturas observadas en un día.
- Altura de precipitación mensual, es la suma de las alturas diarias, ocurridas en un mes.
- Altura de precipitación media mensual, es el promedio aritmético de las alturas de precipitación mensual, correspondiente a un cierto número de meses.
- Altura de precipitación anual, es la suma de las alturas de precipitación mensual, ocurridas en un año.
- Altura de precipitación media anual, es el promedio aritmético de las alturas de precipitación anual, correspondiente a un cierto número de años.

**b) Precipitación media sobre la zona.-** la precipitación media sobre una zona se puede determinar mediante los siguientes métodos:

- promedio aritmético, consiste en obtener el promedio aritmético, de las alturas de precipitación registradas, de las estaciones localizadas dentro de la zona.
- Método polígono de Thiessen, para este método es necesario conocer la localización de las estaciones en la zona bajo estudio, ya que para su aplicación, se requiere delimitar la zona de influencia de cada estación, dentro del conjunto de estaciones. Este método se puede utilizar para una distribución no uniforme de aparatos. Provee resultados más correctos con un área de la hoya aproximadamente plana. El método consiste en atribuir un factor de peso a los totales de precipitación en cada aparato, proporcionales al área de influencia de cada uno. Sin embargo, no considera influencias orográficas. Las áreas de influencia se determinan en mapas de la hoya que contengan la localización de las estaciones, uniendo dichos puntos de localización por medio de líneas rectas, y en

seguida trazando las mediatrices de estas rectas, formando polígonos.

- Método de isoyetas, para este método, se necesita un plano de isoyetas de la precipitación registrada, en las diversas estaciones de la zona en estudio. Las isoyetas son curvas que unen puntos de igual precipitación. Este método es el más exacto, pero requiere de un cierto criterio para trazar el plano de isoyetas. Se puede decir que si la precipitación es de tipo orográfico, las isoyetas tenderán a seguir una configuración parecida a las curvas de nivel. Por su puesto, entre mayor sea el número de estaciones dentro de la zona de estudio, mayor será la aproximación con lo cual se trace el plano de isoyetas.

SANTAYANA V. S. (1990) (20) La precipitación en lámina de agua, varía de un lugar a otro, para un mismo lugar, también con el tiempo. La medición de la precipitación, genera un conjunto numeroso de datos ( series de datos), que es necesario procesar para un análisis y utilización en el planeamiento de los proyectos hidráulicos.

El registro histórico, representara condiciones pluviométricas que no ocurrieron y son considerados como inconsistentes o que involucran errores. Para detectar la inconsistencia de un registro de precipitación, o cualquier variable hidrometeoro lógico, es que se efectúa el análisis de consistencia. El análisis de consistencia se desarrolla en cuatro etapas : análisis gráfico, análisis de doble masa, análisis estadístico y corrección de la información dudosa.

### **2.2.11. Análisis Hidrometeorológico.**

#### **a) Análisis Gráfico**

Consiste en analizar, en forma visual, la distribución temporal de toda la información hidrometeoro lógica disponible, a fin de detectar la regularidad o irregularidad de los mismos. En el caso de datos de precipitación, se efectúa con los histogramas respectivos, elaborados con el objeto de detectar la

ocurrencia de valores extremadamente altos o bajos, saltos o tendencias debidas a inconsistencias y/o no-homogeneidad.

### **b) Análisis de Doble Masa**

Denominado también de doble acumulación, es una herramienta muy conocida y empleada en la detección de la inconsistencia en los datos hidrometeorológicos, mediante la comparación de los datos de una estación particular, con los de una estación probadamente consistente o con una ficticia, resultado del promedio de toda las estaciones en estudio, dentro de una área determinada.

### **c) Análisis Estadístico**

Luego de observar la variación del comportamiento de los hidrogramas de las series mensuales de precipitación, en lo referente a saltos y tendencias que podrían presentarse en forma significativa y sobre la base del análisis de doble masa, se detectan los puntos de cambio, los que deben ser analizados estadísticamente, para determinar si los mismos son evidentes o significativos, estadísticamente.

### **d) Método para el Análisis de Avenidas**

PAULET M.(1974), (16) Existen varios métodos para la estimación de descargas específicas: formulas empíricas que presiden la descarga en función de parámetros de la cuenca y coeficientes de aplicación regional (ejemplo  $Q = CA^n$ , donde  $n < 1$ , A es el área de la cuenca y C es un coeficiente característico para la región), b) método analítico que utilizan la información histórica para establecer por ejemplo, curvas de lluvia máximas probables, hidrograma unitario, etc., c) método estadístico que expresan las descargas probables en función de la distribución de frecuencias de la serie histórica y en base al conocimiento que se tiene sobre el comportamiento teóricos de la curva de frecuencias.

VARAS E. y FERRER P. (1972) (23) a través de los años se han desarrollado una infinidad de métodos que van desde formulas empíricas hasta complejos modelos matemáticos. Cada uno de estos métodos presenta ventajas y

desventajas y aun no existe consenso sobre cuál de ellos es el que da resultados más realistas. Claro está que el estado actual de la técnica y la mayor cantidad de información con que se cuenta ha permitido descartar de los métodos más primitivos.

Cualquiera que sea el método que se utilice para determinar las crecidas de diseño siempre interesa asociar una probabilidad de excedencia o periodo de retorno con este caudal. Ello implica necesariamente entonces un análisis probabilística de la información con lo cual se determinará la crecida de diseño. Si no se cuenta con estadística de caudales para el estudio y se emplea método como la formula racional o el hidrograma unitario habrá que hacer un análisis de frecuencia de las precipitaciones para determinar la probabilidad asociada con el caudal que se calcule. Si se tiene información de crecidas se podrá hacer un análisis de frecuencia de esos valores para determinar la crecida que tenga un cierto periodo de retorno.

APARICIO F. (1992), (1) En general, los registros de precipitación son más abundantes que los de escurrimiento y, además, no se afectan por cambios en la cuenca, como construcción de obras de almacenamiento y derivación, talas, urbanización, etc. Por ello, es conveniente contar con métodos que permitan determinar el escurrimiento en una cuenca mediante las características de la misma y la precipitación. Las características de la cuenca se conocen por medio de planos topográficos y de uso de suelo, y la precipitación a través de mediciones directas en el caso de predicción de avenidas frecuentes. Los principales parámetros que intervienen en el proceso de conversión de lluvia a escurrimiento son los siguientes:

- Área de la cuenca
- Altura total de la precipitación.
- Características generales ó promedio de la cuenca (forma, pendiente, vegetación, etc..)
- Distribución de la lluvia en el tiempo.
- Distribución de la lluvia y de las características de la cuenca.



VÁSQUEZ A. y CHANG L. (1972), (24) Con el análisis de los datos hidrológicos pueden presentarse el caso que tenga disponible registros históricos de caudales, entonces un análisis probabilística puede ser conveniente dependiendo del problema a resolver. El caso más frecuente es cuando no se dispone de caudales, porque será necesario calcular éstos a partir de la lluvia, usando un modelo hidrológico lluvia-escorrentía. También, interesa conocer el ideograma de la creciente o avenida, principalmente cuando se trata de embalses.

MEJÍA A.(2001), (13) indica, que existen diversas metodologías para la determinación del "Caudal de Diseño", las más conocidas son sobre la base de los caudales máximas registradas en los pluviómetros o en función a las precipitaciones máximas registradas en los pluviografos. Basándose en los primeros los mejores análisis datos se puede determinar mediante método probabilísticas (Gumbel II, Pearson III, Log normal I, etc.) y modelos regionalizados; Mientras que en base los segundos datos por método empíricos o racionales ( Formula de : California, Ven Te Chow, Giandotti, de la U. S. Corp Of. Engineers, etc.)

Frente a la disponibilidad de información hidrometeoro lógica, utilizaremos el método basado en la intensidad de precipitación y características fisiotopográficas y edáficas de esa cuenca.

Para la determinación del caudal, tiempo de concentración y otros parámetros existen diversas metodologías empíricas basadas en fórmulas que más abajo se describen.

VILLON M. (2002), (26) menciona que los métodos para estimar las máximas avenidas son:

**e) Método directo.**

Este método no tiene una aplicación estadística-matemática, pero da una información útil. Consiste en elegir un tramo característico de un río, y en ella se fijan las cotas máximas alcanzadas por el agua; a partir de éstas cotas se estiman los caudales máximos. Los errores que se cometen en el cálculo de los caudales se deben a los cambios bruscos de las secciones del cauce y a la variación de la relación nivel-caudal.

**f) Método empírico.**

Mediante éste método, las descargas máximas se determinan empleando fórmulas empíricas, que están en función del área de la cuenca, precipitación máxima, pendiente del río principal, intensidad de precipitación y de un coeficiente de corrección. El principal inconveniente para la aplicación directa de estas fórmulas es la determinación del coeficiente de corrección.

**g) Método hidrométrico.**

Este método está basado en la relación causa-efecto. El caudal máximo se calcula a partir de una lluvia extraordinaria que cae en la parte alta de la cuenca, y del mecanismo de escurrimiento. Dentro de éste método tenemos el hidrograma unitario, hidrograma sintético y a las curvas isocronas.

**h) Método estadístico o probabilístico.**

Este método consiste en calcular el caudal máximo en función a la distribución de frecuencias de una serie histórica y al comportamiento teórico de una curva de frecuencias. Entre las funciones de distribución de frecuencias teóricas que más se utilizan en el estudio de máximas avenidas, tenemos a las siguientes: Log normal 2 parámetros, Log normal 3 parámetros, Extrema tipo I y Pearson tipo III.

### i) Correlación hidrológica.

Este método consiste en hacer una correlación entre una cuenca con datos hidrológicos y otra cuenca que carece de toda información o tenga información incompleta.

### 2.3. Inventario de los Recursos

CHANG L. (1993). (2) Indica sobre el inventario como un proceso de recopilación sistemática de información que conduce a tener una data codificada y clasificada de los recursos que se van a manejar y de toda las otras informaciones complementarias.

OLARTE W. (1989), (15) indica sobre evaluación de sistema de riego y considera al establecimiento de deficiencias cualitativas y cuantitativas de la aplicación de agua al terreno de riego, el transporte de agua desde la fuente de abastecimiento hasta la zona de riego a través de canales de riego.

PRONAMACHCS(1999). (17) Para el aspecto de inventario y la evaluación de los recursos hídricos se sigue el siguiente procedimiento:

- Evaluación de la calidad de agua, en ella se considera tanto el uso doméstico y uso agrícola.
- Inventario y evaluación de la fuentes de agua, en este rubro se considera los siguientes aspecto: ríos y quebradas, lagos y lagunas, y aguas subterráneas, pozos y manantiales y nevados.
- Precipitación.
- Coeficiente de escorrentía.
- Descarga.
- Demanda de agua.
- Balance hídrico.

## 2.4. Hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis general.

Con la realización del diagnóstico de los recursos hídricos se formuló un plan de manejo del recurso hídrico para el uso poblacional, pecuario y agrícola en la comunidad de Llacharapi Grande.

### 2.4.2. Hipótesis específicos.

- Con el inventario de los recursos hídricos superficiales se determinó la oferta de agua en la comunidad de Llacharapi grande.
- Según el uso de agua poblacional, agrícola y pecuario en la comunidad de Llacharapi Grande, se determinó la demanda de agua.
- Se planteó un plan de manejo y conservación del recurso agua con fines de uso poblacional, agrícola y pecuario para la comunidad de Llacharapi Grande.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. MATERIALES

##### 3.1.1. Ubicación del área de estudio y vías de acceso

La Comunidad de Llacharapi Grande se encuentra ubicada en:

##### a) Ubicación Política.

Distrito : Arapa  
Provincia : Azángaro  
Departamento. : Puno.  
Región : Puno.

##### b) Ubicación Geográfica.

Latitud : 16° 35' 56" Sur  
Longitud : 69° 13' 23" Oeste  
Altitud : 3,895 m.s.n.m

##### c) Ubicación Hidrográfica

Cuenca endorreica : Lago Titicaca.  
Sub cuenca : Azángaro

##### d) Límites del distrito.

Por el norte : Comunidad campesina Chapani.  
Por el este : Comunidad campesina Gergachi  
Por el sur : Comunidad Yanico Cutiri  
Por el oeste : Comunidad Yanico Cutiri.

**e) Vías de Acceso**

La accesibilidad a la zona en estudio se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 2-1: Características de las vías de acceso.

Tramo	Distancia (Km)	Tiempo (min.)	Tipo de via
Puno – Juliaca	45	50	Asfaltada
Juliaca – Arapa	40	60	Asfaltada/Afirmada
Arapa-Llacharapi Grande	05	10	Afirmada

Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 2-1: Ubicación de la comunidad de Llacharapi.





### **3.1.2. Información Meteorológica e Hidrométrica**

En la presente investigación, se utilizó información meteorológica de registros históricos de la estación meteorológica Arapa perteneciente al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI-PUNO).

La información meteorológica consiste en:

- Precipitaciones totales mensuales y anuales.
- Temperaturas máximas, mínimas y medias mensuales y anuales.
- Humedad relativa promedios mensuales.
- Velocidad del viento promedios mensuales.
- Evaporación mensual, "Tanque Tipo-A".
- Insolación promedio mensual.

### **3.1.3. Información Cartográfica.**

La información cartográfica de la Comunidad de Llacharapi Grande, fue recabada de la Autoridad Local de Aguas Huancané a la escala 1:25 000 que pertenecen al Ministerio de Agricultura-Puno.

### **3.1.4. Equipo de ingeniería para el estudio.**

Los equipos de ingeniería utilizados para la ejecución del proyecto de investigación fueron:

#### **a) Software y equipo de dibujo.**

Los equipos y materiales utilizados en la investigación fueron:

- Computadora e impresora.
- Cámara fotográfica.
- Microsoft Office 2010.
- Software HIDROESTA.
- Software AUTOCAD 2014.
- Materiales de escritorio y dibujo.
- Libreta de apuntes.

**b) Aforo de las fuentes de aguas.**

Para el aforo de las fuentes de aguas, se realizarán mediante los métodos volumétrico y velocidad del flujo, se emplearán los siguientes materiales:

- Un recipiente aforado de 1 a 2 litros.
- Cronometro.
- Wincha de 3 y 20 metros.
- Flotador.
- Libreta de campo.
- Otros.

**c) Equipo de Laboratorio.**

El análisis físico-químico de las muestras de aguas, se realizó en el laboratorio de la Dirección Regional de Salud Puno.

**3.2. METODOLOGÍA.****3.2.1. Características físicas y topográficas de la zona de estudio.**

Estas características dependen de la morfología (forma, relieve, red de drenaje, etc.) los tipos de suelos, la capa vegetal, geología, las prácticas agrícolas, etc. Estos elementos físicos proporcionan la más conveniente posibilidad de conocer la variación en el espacio de los elementos del régimen hidrológico.

**a) Superficie de la comunidad Llacharapi Grande.**

Se refiere al área proyectada en un plano horizontal, este parámetro se determinó usando el planímetro, con el mismo que se recorre por el área delimitada en el mapa base, y que es expresado en km<sup>2</sup> como en hectáreas.

**b) Altitud media.**

Es aquella altitud donde el 50% del área de la microcuenca está situado por encima de esta altitud y el 50% por debajo de ella, que se expresa en m.s.n.m.

### **c) Red hidrográfica.**

Se describe los diferentes cursos de agua que alimentan al cauce principal, indicando nombres, ubicación (con respecto al río principal) pendiente y otras características.

### **3.2.2. Evaluación climatológica.**

La información meteorológica es básica para cualquier estudio de evaluación de recursos naturales, en razón de ser el clima uno de los factores que intervienen en las modificaciones que se producen en un ambiente natural. La vegetación, suelos y el régimen hidrológico están condicionados de manera significativa por los factores climáticos.

#### **a) Precipitación pluvial.**

Es la lámina de agua que cae durante las estaciones lluviosas, corresponde a la condensación masiva que se resuelve en lluvia, constituyendo el fenómeno hidrológico más importante. Se va a analizar el comportamiento de la precipitación total mensual durante el periodo 1964 al 2010, registrados en la Estación meteorológica de Arapa.

Es usual medir la precipitación como una profundidad expresada en unidades lineales (mm). Un milímetro de precipitación corresponde a 1000 m<sup>3</sup>/Km<sup>2</sup>, es decir se asimila a una lámina de agua de ese espesor esparcida uniformemente en el área. La medición puede ser por pluviómetros y pluviógrafos.

#### **b) Temperatura.**

La temperatura viene a ser uno de los elementos más importantes del tiempo y del clima, porque origina muchos otros fenómenos como: el grado de nubosidad, contenido de humedad atmosférica, cambios de presión atmosférica, variación del viento, las precipitaciones. Además la temperatura es un factor decisivo para el desarrollo de los seres vivos, ya que sus variaciones influyen positivamente y negativamente, así también favorece a la formación del ciclo hidrológico, incidiendo principalmente en la evaporación.

Las estaciones meteorológicas disponen de un termómetro de máxima, un termómetro de mínima y algunas veces de un termógrafo. Estos aparatos están situados a 1.50 m. del suelo, en una cubierta de madera provista de persianas que permiten la libre circulación del aire, pero protegen los termómetros de la radiación solar directa.

Por convención, la temperatura media se calcula tomando la media aritmética de las temperaturas máximas y mínimas, leídas en los termómetros de máxima y de mínima respectivamente.

### **c) Humedad relativa.**

La humedad Relativa es la relación entre la tensión de vapor actual y la tensión de vapor de saturación a la misma temperatura. Esta relación se expresa en por ciento. La medición de Hr se realiza mediante instrumentos llamados sicrómetros, la humedad relativa es el índice que mejor refleja la sensación de humedad que experimentan los seres vivos que se encuentran en una atmósfera humedad.

### **d) Evaporación.**

La evaporación es el proceso físico por el cual el agua pasa al estado de vapor desde superficies libres de agua tales como: Océanos, mares, lagos, represas, canales de conducción, campos de cultivo, superficies húmedas, etc. Este proceso requiere gran cantidad de energía, aproximadamente se requieren 590 calorías gramo para transformar un gramo de agua del estado líquido al gaseoso. También se puede definir la evaporación como la pérdida de agua a partir de superficies líquidas o húmedas en forma de vapor.

Frente a esta situación, los hidrólogos han ideado un método sencillo y práctico correlacionar la evaporación que se obtendría en un tanque evaporímetro, colocado en las inmediaciones de la superficie libre de interés, con la evaporación de esta superficie libre.

### Análisis de consistencia de la serie histórica de precipitación

Es necesario indicar que, la precipitación, medida en lámina de agua, varía de un lugar a otro y, para un mismo lugar, también con el tiempo. Para nuestro caso la medición de la precipitación, genera un conjunto numeroso de datos (serie de datos), que es necesario procesar para su análisis y utilización en el planeamiento de los proyectos hidráulicos.

Los saltos, son formas determinísticas transitorias que permiten a una serie estadística periódica pasar desde un estado a otro, como respuesta a cambios hechos por el hombre, debido al continuo desarrollo y explotación de recursos hidráulicos en la cuenca o cambios violentos que en la naturaleza puedan ocurrir.

Para el presente trabajo, el tratamiento de la información se realizó con la finalidad de analizar y evaluar los registros de precipitación disponibles, de tal manera seleccionar la información base para determinar la disponibilidad de agua en la comunidad. Este análisis consta de los siguientes puntos: Análisis Grafico, Análisis de doble masa y Análisis estadístico.

Los saltos se presentan en la media y desviación estándar.

- Consistencia en la media, mediante la prueba de significancia "T" se analiza si los valores promedios son estadísticamente iguales o diferentes de la siguiente manera:

Cálculo de la media y desviación estándar para cada período,

$$\bar{X}_1 = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} X_i$$

$$\bar{X}_2 = \frac{1}{n_2} \sum_{i=n_1}^n X_i$$

Según:

$$S_1(x) = \sqrt{\frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^{n_1} (X_i - \bar{X}_1)^2}$$

$$S_2(x) = \sqrt{\frac{1}{n_2 - 1} \sum_{i=n_1}^n (X_i - \bar{X}_2)^2}$$

Dónde:

$n_1, n_2$  = Tamaño de muestra de cada periodo.

$X_i$  = Información de análisis.

$\bar{X}_1, \bar{X}_2$  = Media del periodo 1 y 2.

$S_1(x), S_2(x)$  = Desviación estándar del periodo 1 y 2.

$N$  = Número total de datos de registro.

Prueba estadística "T", el procedimiento para realizar esta prueba es la siguiente:

1. Establecer la hipótesis planteada y la alternativa posible, así como el nivel de significación.

$$H_p: \mu_1 = \mu_2 \quad (\text{media poblacional})$$

$$H_a = \mu_1 \neq \mu_2$$

$$= 0.05$$

2. Cálculo de la desviación estándar de la diferencia de los promedios según:

Desviación estándar de las diferencias de promedio.

$$S_d = S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}$$

Desviación estándar ponderada.

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$



Dónde:

$S_d$  = Desviación estándar de los promedios.

$S_p$  = Desviación estándar ponderada.

Los demás términos han sido descritos anteriormente.

3. Cálculo del  $T_c$  según:

$$T_c = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{S_d}$$

Dónde:

$$\mu_1 = \mu_2 = 0$$

4. Hallar el valor de  $T_t$  en las tablas con:

Con 95% de probabilidades:  $\alpha = 0.05$

Grados de Libertad =  $n_1 + n_2 - 2$

Dónde:

G.L. = grado de libertad

$\alpha$  = nivel de significación.

5. Conclusiones

Si  $T_c \leq T_t$  (95%) las medias son iguales.

Si  $T_c > T_t$  (95%) las medias son diferentes y existe salto en la media.

- Consistencia en la desviación estándar

El análisis de consistencia en la desviación estándar se realiza con prueba "F" de la forma que a continuación se describe:

Cálculo de las variancias de ambos períodos:

$$S_1^2(x) = \frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^{n_1} (X_i - \bar{X}_1)^2 \quad S_2^2(x) = \frac{1}{n_2 - 1} \sum_{i=1}^{n_2} (X_i - \bar{X}_2)^2$$

Prueba estadística “F”, el procedimiento para realizar esta prueba es la siguiente:

1. Se establece la hipótesis planteada y alternante, así como el nivel de significación:

$$H_p: 12 = 22 \quad (\text{variaciones poblacionales})$$

$$H_a = 12 \neq 22$$

$$= 0.05$$

2. Cálculo de la Fc:

$$\text{Si, } S_1^2(x) > S_2^2(x)$$

$$F_c = \frac{S_1^2(x)}{S_2^2(x)}$$

$$\text{Si, } S_1^2(x) < S_2^2(x)$$

$$F_c = \frac{S_2^2(x)}{S_1^2(x)}$$

3. Hallar el valor de Ft en las tablas con:

$$\alpha = 0.05$$

$$\text{G.L.N.} = n_1 - 1$$

$$\text{G.L.D.} = n_2 - 1$$

Dónde:

$$F_c = \text{Valor de F calculado.}$$

$F_t$	=	Valor de F tabular, de las tablas.
	=	Nivel de significación.
G.L.N	=	Grado de libertad del numerador.
G.L.D	=	Grado de libertad del denominador.

#### 4. Conclusiones

Si  $F_c \leq F_t$  (95%) las desviaciones estándar son iguales

Si  $F_c > F_t$  (95%) las desviaciones estándar son diferentes

**Eliminación de salto.-** En los casos en que los parámetros media y desviación estándar resultasen estadísticamente iguales, la información original no se corrige por ser consistente con 95% de probabilidades, aun cuando en el doble masa se observe pequeños quiebres.

Si resulta la media y desviación estándar estadísticamente diferentes, entonces se corrige mediante una ecuación que permite mantener los parámetros del período más confiable. Dicha ecuación se expresa como:

Modelo para corregir el primer periodo

$$X'_{(t)} = \frac{X_t - \bar{X}_1}{S_1(x)} S_2(x) + \bar{X}_2$$

Modelo para corregir el segundo periodo

$$X'_{(t)} = \frac{X_t - \bar{X}_2}{S_2(x)} S_1(x) + \bar{X}_1$$

Dónde:

$X'(t)$  = Valor corregido de la información

$X(t)$  = Valor a ser corregido

#### Evapotranspiración.

La evapotranspiración resulta de la combinación de la evaporación de la superficie del suelo y la transpiración de las plantas. En el presente estudio se

utiliza para determinar el déficit hídrico climático. La Evapotranspiración Potencial es la tasa de evapotranspiración de una superficie completamente cubierta de vegetales de altura uniforme, con adecuado suministro de agua.

Existen diversas fórmulas empíricas desarrolladas por investigadores, en función de variables metodológicas. Para determinar la evapotranspiración en el presente estudio se realizó mediante el método del tanque tipo A.

### **Método Tanque tipo “A”.**

Este método consiste en encontrar una relación entre la tasa de evaporación producida en un lisímetro, y la tasa de evaporación producida en un tanque de evaporación Tipo A, sobre la base de la cual se determina un coeficiente empírico con el que se puede afectar luego las lecturas de evaporación y obtener indirectamente la evapotranspiración potencial para condiciones ambientales específicas.

### **Clasificación climática.**

La determinación de los tipos climáticos presentes en el área de estudios se ha efectuado tomando como base el sistema de clasificación propuesto por el Dr. C. Warren Thornthwaite, fue desarrollada en los Estados Unidos, es consistente en el Cálculo, mediante fórmulas de índices climáticos referidos al grado de favorabilidad o eficiencia de la precipitación y la temperatura sobre el crecimiento de la vegetación. Estos índices, se comparan luego con rangos de valores en tablas jerárquicas de precipitación y temperatura que representan características definidas para cada una de ellas.

### **3.2.3. Inventario y evaluación de fuentes de agua.**

Se va a realizar el inventario de aguas superficiales y conociendo las posibilidades físicas y aprovechamiento, se va a determinar la potencialidad de los recursos hídricos aprovechables en la comunidad de Llacharapi Grande, así mismo se va a realizar el inventario de las obras hidráulicas existentes, las condiciones actuales y uso del agua. En el caso de pozos indicar profundidad,

tipo, entidad ejecutora de la obra, fecha de reconstrucción y otras características.

#### a) Aguas Superficiales.

Se va a identificar las fuentes de agua superficial, como son los ríos, riachuelos y quebradas, describir cada una de ellas indicando su nombre, longitud y el caudal, así mismo tomar una muestra de agua para realizar el análisis físico-químico.

Si se tiene información de aforos, realizado por alguna institución o el municipio distrital de Arapa, recopilar dicha información y comparar con los aforos que se van a realizar.

#### b) Manantiales

Manantial es la descarga natural de aguas subterráneas en la superficie del suelo lo suficientemente grande como para constituir un pequeño riachuelo. Una descarga menor recibe el nombre de resumo (manantío). Generalmente los manantiales se encuentran siempre ubicados al pie de las montañas poseen áreas de captación inferiores a varios decenas de hectáreas.

Las tres principales variables que determinan la descarga de un manantial son: Permeabilidad del terreno, área de alimentación, volumen de recarga. Otras variables son la naturaleza litológica fisoramiento, porosidad, transmisibilidad, y almacenamiento.

**Método de aforamiento.-** para aplicar este método es necesario encausar el agua de una corriente del fluido de tal manera que se pueda provocar un chorro. Dicho método consiste en tomar el tiempo que demora en llenarse una recipiente de volumen conocido. Posteriormente se divide el volumen en litros entre el tiempo promedio en segundos, obtenido el caudal.

La expresión matemática para este método es:

$$Q = V/T$$

Dónde :

Q= caudal en lts/seg

V= volumen de recipiente en litros

T= tiempo promedio en seg.

### c) Evaluación de calidad de agua.

La evaluación de la calidad de agua para uso agrícola se basa de acuerdo a la salinidad y alcalinidad según el laboratorio de salinidad del USDA Riverside-California. Y para uso doméstico se realizara el análisis del agua en los laboratorios de la Dirección Regional de Salud Puno, con cuyos resultados se propondrá la ejecución de proyectos de agua potable.

#### 3.2.4. Demanda del Agua

La demanda se entiende como el requerimiento de agua de los diversos grupos de usuarios para satisfacer sus necesidades en cuanto a cantidad y calidad de agua tanto en el espacio y el tiempo porque sin éste recurso no hay vida.

La demanda para uso doméstico, se estimara el volumen de agua que se requiere para este uso, al nivel de familias existentes actualmente en la comunidad de Llacharapi Grande.

La demanda de uso agrícola, se estimara el volumen de agua que requiere los cultivos según la cedula actual, así mismo de las áreas pastizales y/o forestales; se calcularan en base a las demandas mensuales de las diferentes alternativas de producción de cultivos, que satisfacen las demandas de alimentos de la población.

Se evaluara la calidad del agua para fines de riego utilizando la clasificación propuestas por el laboratorio de salinidad del Departamento de agricultura de los Estados Unidos, asimismo se evaluó sobre la base de normas técnicas propuestas por la FAO y nuestro país.



La demanda de uso pecuario, se estimara el volumen que requieren los animales vacunos y ovinos principalmente, y para evaluar la calidad de agua para uso pecuario, se utilizara las directrices recomendadas por la FAO.

### a) Calculo de Evapotranspiración Potencial

Para estimar el resultado de Evapotranspiración Potencial, para el presente estudio se determinara mediante el método del tanque tipo "A" y el método de Penman Modificado, para este último método se utilizara el Software **CROPWAT 8.0**, el programa ha sido elaborado por la Dirección de Fomento de Tierras y Aguas de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

#### Método Tanque Tipo "A"

La expresión matemática a utilizar es:

$$ETP = E_0 * K$$

Dónde:

ETP : Evapotranspiración Potencial en (mm / día)

K : Coeficiente empírico, válido para las condiciones ambientales del tanque. Estación Arapa igual a 0.80

E<sub>0</sub> : Evaporación libre de tanque clase "A", en (mm/día)

Este método es uno de mayor aplicación y más eficiente, siempre que se cumpla con todas las condiciones que se requiere para su instalación.

#### Método de Penman-Monteith.

Los cálculos de la evapotranspiración de referencia o potencial de acuerdo al método de Penman-Monteith modificada propuesta por la FAO. En esta metodología primeramente se realiza la identificación del país, la estación meteorológica, altitud, longitud y latitud y posteriormente se ingresa los siguientes datos meteorológicos:

- Temperatura máxima y mínima
- Humedad relativa expresada en %.
- Insolación: Las horas luz diaria se puede dar como: horas luz, Porcentaje de la relación de luz solar / longitud del día.
- Velocidad del viento: Puede ser el Km/día o en m/seg.

El cálculo de evapotranspiración potencial se ha utilizado el SOFTWARE CROPWAT, que es un programa de computadora para calcular las necesidades de agua de los cultivos y las necesidades de riego a partir de informaciones sobre el clima y los cultivos.

#### **b) Calculo de Kc**

El coeficiente del cultivo se ha estimado en base a la publicación N° 24 de la FAO.

#### **c) Precipitación efectiva**

La precipitación efectiva para fines agrícolas, se ha definido como la precipitación con una posibilidad de excedencia de 75% caracterizando en promedio un año deficitario de cada cinco. Para lo cual una metodología muy utilizada para estimar la precipitación efectiva confiable, en el dimensionamiento de sistemas de irrigación, ha sido desarrollada por la FAO/AGWL en base a análisis efectuadas para diferentes climas áridos y sub-húmedos en diversas partes del mundo. En ella se considera que:

$$PP \text{ efect.} = 0.6 PP \text{ total} - 10 \text{ (para } PP \text{ total} < 70 \text{ mm/mes)}$$

$$PP \text{ efect.} = 0.80 PP \text{ total} - 24 \text{ (para } PP \text{ total} > 70 \text{ mm/mes)}$$

La precipitación efectiva se considera muy importante por la razón siguiente:

Por cada milímetro de precipitación efectiva disminuye casi 3 mm. La necesidad de riego. Teniendo en cuenta la salinidad de las aguas superficiales, la lluvia (libre de sales) reduce el peligro de salinización de los suelos. Primero

porque reduce el uso de agua superficial y segundo porque lo que excede a la precipitación efectiva, percola hacia el subsuelo lavando el perfil.

En general, la eficiencia de las lluvias disminuye cuando la precipitación aumenta. Para valores inferiores a 100 mm/mes, la eficiencia será 80% aproximadamente. En consecuencia se sugiere porcentaje fijo de precipitación: la precipitación efectiva se calcula de al Método del UDSA Soil Conservación Servicio: donde se puede calcular la precipitación Efectiva de acuerdo a:

$$P_{ef} = P_{tot} \left( 125 - 0.2 \frac{P_{tot}}{125} \right) \quad \text{para } P_{tot} < 250mm$$

$$P_{ef} = 125 + 0.1P_{tot} \quad ; \quad \text{para } P > 250mm$$

### 3.2.5. Balance hídrico.

Se efectuó para confrontar la disponibilidad y la demanda de agua, evaluando el déficit y el exceso de agua, a nivel mensual y anual.

### 3.2.6. Análisis de máximas avenidas.

En la presente investigación se va a emplear el método racional, este método puede ser aplicado a pequeñas cuencas, que no excedan a 13 Km<sup>2</sup> o 1300 Has.

La descarga máxima o de diseño, según esta metodología, se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$Q = CIA / 360$$

Dónde:

Q : Descarga máxima de diseño (m<sup>3</sup>/s)

C : Coeficiente de escorrentía (Tabla 1 )

I : Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A : Área de la cuenca (Has).

El coeficiente de escorrentía depende de los factores topográficos, textura del suelo y de cobertura vegetal, los valores de coeficiente de escorrentía se presentan en la siguiente tabla.

Si la cuenca se descompone en superficies de distintas características, el coeficiente de escorrentía se obtiene como una media ponderada, mediante la siguiente expresión:

$$C = (C_1A_1 + C_2A_2 + \dots + C_nA_n) / (A_1 + A_2 + \dots + A_n)$$

Dónde:

C = Coeficiente de escorrentía ponderada.

C<sub>i</sub> = coeficiente de escorrentía del área i

A<sub>i</sub> = área parcial i.

n = número de áreas parciales.

TABLA 1: COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA METODO RACIONAL

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		> 50%	> 20%	> 5%	> 1%	< 1%
Sin vegetación	Impermeable	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6
	Semipermeable	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5
	Permeable	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3
Cultivos	Impermeable	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5
	Semipermeable	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4
	Permeable	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,6	0,55	0,5	0,45
	Semipermeable	0,55	0,5	0,45	0,4	0,35
	Permeable	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15
Hierba, grama	Impermeable	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4
	Semipermeable	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3
	Permeable	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0,55	0,5	0,45	0,4	0,35
	Semipermeable	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25
	Permeable	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05

Otro parámetro que es de suma importancia es la intensidad máxima de la lluvia, este parámetro no será posible determinar si no contamos con información de precipitación obtenidas de las bandas pluviográficas, para efectos prácticos se pueden utilizar formulas empíricas para determinar las intensidades máximas de las lluvias para diferentes periodos de retorno, entre ellas se tiene:

**Yance Tueros** propone la siguiente ecuación:

$$I_{\text{hora}} = C (P_{\text{máx}} 24 \text{ horas} )^n \cong 0.4602 (P_{\text{máx}} 24 \text{ horas})^{0.9721}$$

Dónde:

$$C = 0.4602$$

$$n = 0.9721$$

$$P_{\text{máx}} 24 \text{ horas} = \text{Precipitación máxima en 24 horas (mm)}$$

$$I_{\text{hora}} = \text{Intensidad máxima (mm/h)}.$$

### 3.2.7. Plan de Manejo de los recursos hídricos de la comunidad.

Un plan de desarrollo a largo plazo implica dos consideraciones básicas, la visualización de un futuro deseable y la prevención del comportamiento futuro de todas las variables económicas, enfoque prospectivos y proyectivos. Con ellos se logra definir la imagen objetiva que se desea alcanzar en un futuro determinado a través de un modelo prospectivo.

Realizado el inventariado y el diagnóstico, se ha detectado problemas que conjugan aspectos complejos, reflejando de manera puntual los problemas singulares de las cuencas de la sierra de nuestro país, como evidencia podemos decir que esta problemática dificulta las acciones tendientes al uso óptimo de los recursos naturales para el desarrollo de las cuencas y/o micro cuencas más importantes de nuestro departamento. Luego de identificar las potencialidades y las demandas del agua en la comunidad de Llacharapi grande.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Descripción del área del estudio

La comunidad de Llacharapi Grande está ubicada al Noroeste del distrito de Arapa, de la provincia de Azángaro en la ladera del cerro Llacharapi, su altitud varía de 3,895 hasta 4100 m.s.n.m. aproximadamente dista a 5 kilómetros de la localidad de Arapa.

La gran mayoría de los terrenos están cubiertos por pastos naturales, existen un pequeño porcentaje con cultivos bajo régimen en seco.

La topografía de la zona es suave presentando llanuras y laderas accesibles con pendientes que oscilan de 2% a 20%, presentando terrenos favorables para la producción agrícola y de pastos mejorados para la ganadería.

Geológicamente la zona es estable y tiene una formación cuaternaria, formado de cerros elevados con ladera de inclinación pronunciado, con cobertura de vegetación pastos naturales dispersados, mientras en la parte baja la cobertura de pastos es tupido, la estratigrafía en corte de suelo muestra en la parte baja una capa arable de 90 cm, está constituido por estratos superficiales que varía entre francos y arcillas limosas.

### 4.2. Población y actividades principales.

La población de la comunidad de Llacharapi Grande está compuesto por 392 habitantes, conformado por 112 jefes de familia, considerando 3.5 miembros por familia, según el padrón de la comunidad.

En la comunidad de Llacharapi grande la actividad agrícola y pecuaria son las actividades principales, con un sistema de crianza extensiva, donde predomina la crianza de ganado vacuno y ovino.

La tenencia de ganado vacuno por familia es en promedio ocho vacunos entre criollos y mejorados, siendo en un 80% ganado mejorado y el 20% ganado criollo, la producción de leche en promedio es de 5 litros por cabeza en época

de lluvias y en época de secas de 3.50 litros por cabeza algunos días de esa temporada no se realiza ordeños, la leche es destinada al consumo familiar y en otros casos la venta en los mercados más cercanos a la comunidad.

Las familias criadoras de vacunos no realizan el tratamiento de enfermedades endoparasitarias y ectoparasitarias debido al desconocimiento en temas de sanidad animal, trayendo como consecuencia animales parasitados tanto externo como interno e incidiendo de manera directa en la producción de carne y leche.

Con relación al ganado ovino, el 90 % de las familias realizan la crianza de ganado ovino criollo y un 10% la crianza de ganado mejorado. La tenencia de ganado ovino por familia en promedio es de 10 a 15 cabezas.

Los rendimientos de producción tanto en lana como en carcasa son muy bajos debido al nivel de alimentación que tienen en las praderas con pastos naturales bajas en proteínas, o a la vez la falta de tratamiento de sanidad animal y limitada infraestructura productiva, la mayoría cuenta con dormideros pequeños a la intemperie, contruidos de manera rustica el cual favorece la presencia de enfermedades tanto internas como externas.

#### **4.3. Red Hidrográfica**

La Comunidad de Llacharapi grande contiene al riachuelo Chejoya mayo, consta de un solo cauce principal, que tiene un caudal promedio de 26 l/s, cuyas aguas desembocan al Lago Arapa.

La micro cuenca del riachuelo Chejoya mayo es integrante de la cuenca del Lago Arapa y del sistema hidrográfico del Lago Titicaca, actualmente existe un colector principal que retira considerables volúmenes de agua por escorrentía durante las épocas de avenida, las mismas que por infiltración profunda en las partes altas y de escurrimiento hacia la zona baja producen una recarga de flujo sub superficial en la parte baja de la micro cuenca.



#### 4.4. Ecología

De acuerdo al sistema de clasificación ecológica de Holdrige el área de estudio se han identificado formaciones ecológicas, que incluye zonas de vida y una transición de planos ecológicos. ONERN(1992).

Estas zonas de vida son las siguientes :

- Bosque Húmedo-Montano Subtropical (bh-MS).
- Bosque Húmedo-Montano Subtropical Transicional al Páramo muy Húmedo Subalpino Subtropical (bh-MS-pmh-SaS)
- Páramo muy húmedo subalpino Subtropical (pmh-SaS).

La zona en estudio está relacionada ecológicamente con Bosque Húmedo – Montano Subtropical (bh-Ms), que tiene las siguientes Características:

- Especie arbóreo Buddlei spp. y Polylepis Spp, presente sólo como árboles ornamentales, herbáceos arbustivos con predominancia de gramíneas.
- Precipitación promedio anual entre 435.0 y 1265.9 mm.
- Temperatura medias anuales entre 6.50° y 10.55°C verano lluvioso con alta escorrentía. Otoño y Invierno Secos.
- Tierras aptas para actividad agrícola, y de forestación con especies nativas y exóticas adaptadas.

#### 4.5. Características de los elementos climáticos.

##### 4.5.1 Temperatura del aire.

La temperatura expresa numéricamente el efecto que en los cuerpos produce el calor originado por el balance entre la radiación emitida y recibida. El aire se calienta o enfría a partir del suelo por distintos métodos de transmisión y por los cambios de estado físico del agua atmosférica.

Es necesario mencionar que, la temperatura constituye un factor limitativo para el desarrollo de las plantas y en consecuencia de la agricultura, por lo que el estudio de esta variable merece una especial atención.

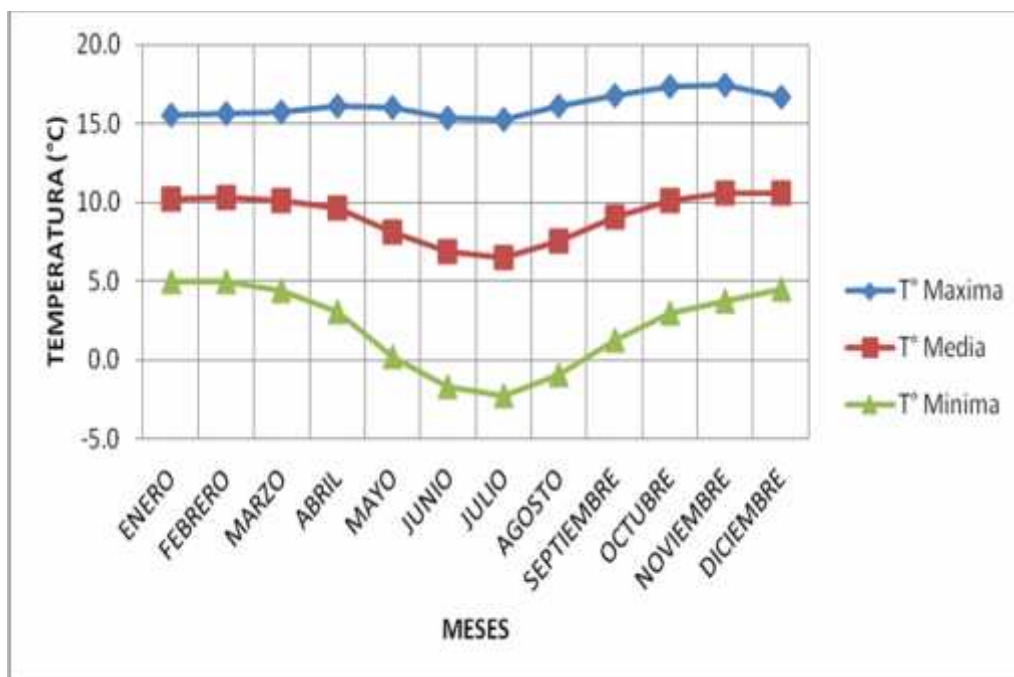
La temperatura del aire registrado en la estación Arapa, se manifiestan en tres niveles: temperatura máxima, temperatura media y temperatura mínima; los mismos que se presentan en el cuadro 4-1; y en la figura 4-1 se muestra gráficamente la variación mensual de la temperatura máxima, media y mínima. Los registros históricos mensuales y anuales de las temperaturas máximas, medias y mínimas se presentan en el Anexo.

En la estación Arapa, las temperaturas máximas medias mensuales varía entre 15.3 y 17.4 °C, que corresponde a los meses de julio y noviembre, respectivamente; la oscilación térmica media mensual varía entre 6.5 y 10.6 °C, que corresponden a los meses de julio y diciembre, respectivamente; mientras que las temperaturas mínimas medias mensuales varía entre -2.3 y 4.9 °C, que corresponden a los meses de julio y enero respectivamente.

Cuadro 4-1: Temperatura promedio de 47 años de registro (1964-2010)

MES	TEMPERATURA (°C)		
	MAXIMA	MEDIA	MINIMA
ENERO	15.6	10.2	4.9
FEBRERO	15.6	10.3	4.9
MARZO	15.7	10.1	4.4
ABRIL	16.1	9.6	3.0
MAYO	16.0	8.1	0.2
JUNIO	15.3	6.8	-1.7
JULIO	15.3	6.5	-2.3
AGOSTO	16.1	7.5	-1.0
SETIEMBRE	16.8	9.0	1.3
OCTUBRE	17.3	10.2	3.0
NOVIEMBRE	17.4	10.6	3.7
DICIEMBRE	16.7	10.6	4.5

Figura 4-1: Temperatura promedio de 47 años de registro (1964-2010)



#### 4.5.2. Humedad Relativa.

Es importante indicar que, la humedad del aire es importante para controlar la evapotranspiración, influye también en las diferentes operaciones agrícolas tales como la cosecha y la lucha contra plagas y enfermedades de las plantas. Un método comúnmente usado para estimar la humedad del aire es a través de la humedad relativa, esto significa la cantidad de humedad presente en el aire, expresado como un porcentaje de cantidad que el aire podría contener si es que fuera saturado a la misma temperatura y presión, es así 50% de humedad relativa indica que el aire tiene mitad de vapor de contenido en aire saturado (H.R.=100%).a la misma temperatura y presión.

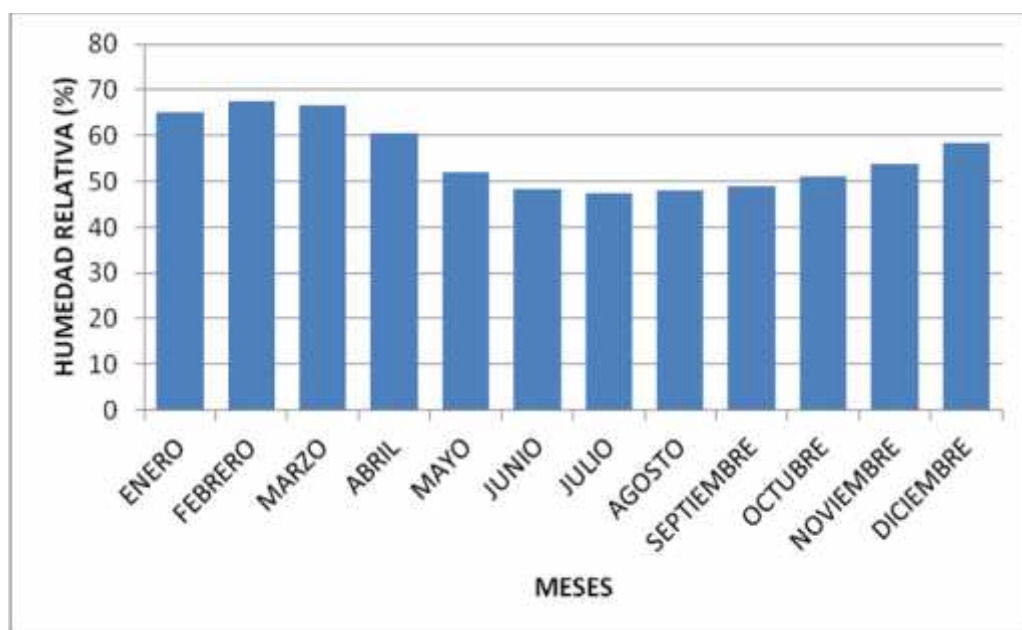
En el Cuadro 4-2, se presenta los valores del promedio de la Humedad relativa mensual correspondiente al periodo 1964 – 2010 registrada en la estación meteorológica Arapa, asimismo en la Figura 4-2, se aprecia gráficamente la variación mensual de la Humedad relativa..

Considerando el cuadro 4-2, la Humedad relativa media mensual varía de 48 % que corresponde a los meses de junio, julio y agosto, a 67 % que corresponde a los meses de febrero y marzo.

Cuadro 4-2: Humedad Relativa promedio de 47 años de registro (1964-2010)

MES	HUMEDAD RELATIVA (%)
ENERO	65
FEBRERO	67
MARZO	67
ABRIL	60
MAYO	52
JUNIO	48
JULIO	48
AGOSTO	48
SEPTIEMBRE	49
OCTUBRE	51
NOVIEMBRE	54
DICIEMBRE	58

Figura 4-2: Humedad relativa promedio de 47 años de registro (1964-2010)



#### 4.5.3. Evaporación.

Para estimar, la tasa de evaporación promedio mensual y anual a partir de la superficie de suelo en el ámbito del área de estudio, se determinó sobre la base de la información de datos de evaporación libre del “TANQUE TIPO A” en mm/día, instalado en la estación meteorológica Arapa, perteneciente al SENAMHI.

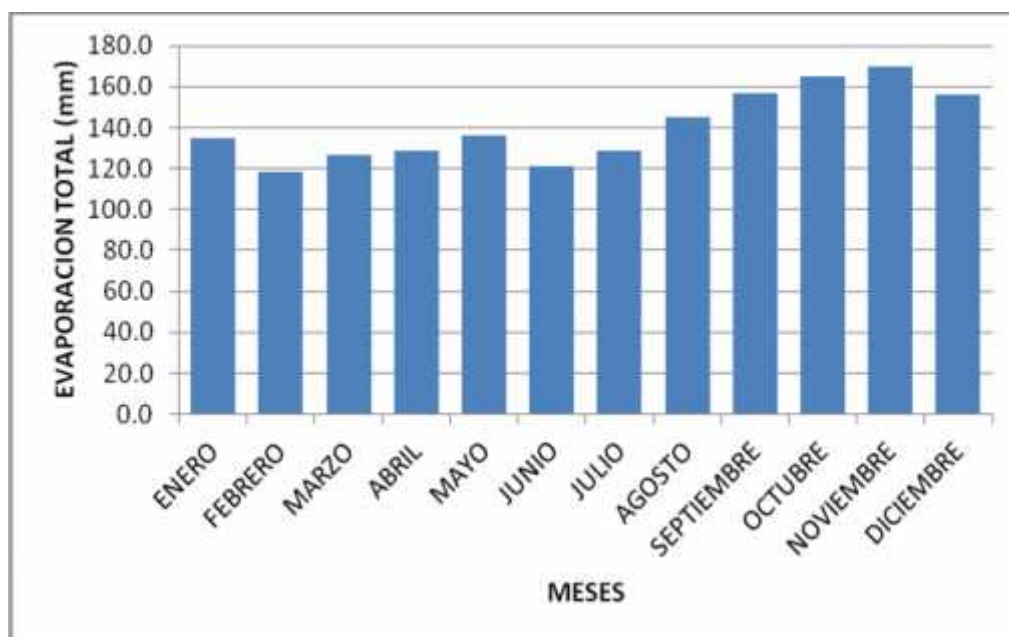
En el Cuadro 4-3, se presenta los valores promedio de la evaporación total mensual correspondiente al periodo 1964 – 2010 registradas en la estación meteorológica Arapa, asimismo en la Figura 4-3, se aprecia gráficamente la variación mensual de la evaporación total.

Considerando el cuadro 4-3, la evaporación total promedio mensual varía de 118.1 mm a 170.1 mm, que corresponden a los meses de febrero y noviembre respectivamente.

Cuadro 4-3: Evaporación Total promedio de 47 años de registro (1964-2010)

MES	EVAPORACION TOTAL (mm)
ENERO	134.6
FEBRERO	118.1
MARZO	126.8
ABRIL	128.4
MAYO	136.0
JUNIO	121.1
JULIO	128.9
AGOSTO	145.5
SEPTIEMBRE	156.5
OCTUBRE	164.9
NOVIEMBRE	170.1
DICIEMBRE	156.2

Figura 4-3: Evaporación total promedio de 47 años de registro (1964-2010).



**4.5.4. Velocidad del viento.**

El viento es el movimiento de aire en la superficie terrestre, generado por la acción de gradientes de presión atmosférica producida por el calentamiento diferencial de las superficies y masas de aire.

En el ámbito de la comunidad de Llacharapi grande, los vientos de superficie son principalmente el resultado de los patrones locales de relieve, los cuales tienden a canalizar los vientos en direcciones específicas. En el Cuadro 4-4, se presenta los valores promedio de la velocidad del viento mensual correspondiente al periodo 1964 – 2010 registradas en la estación meteorológica Arapa, asimismo en la Figura 4-4, se aprecia gráficamente la variación mensual de la velocidad del viento.

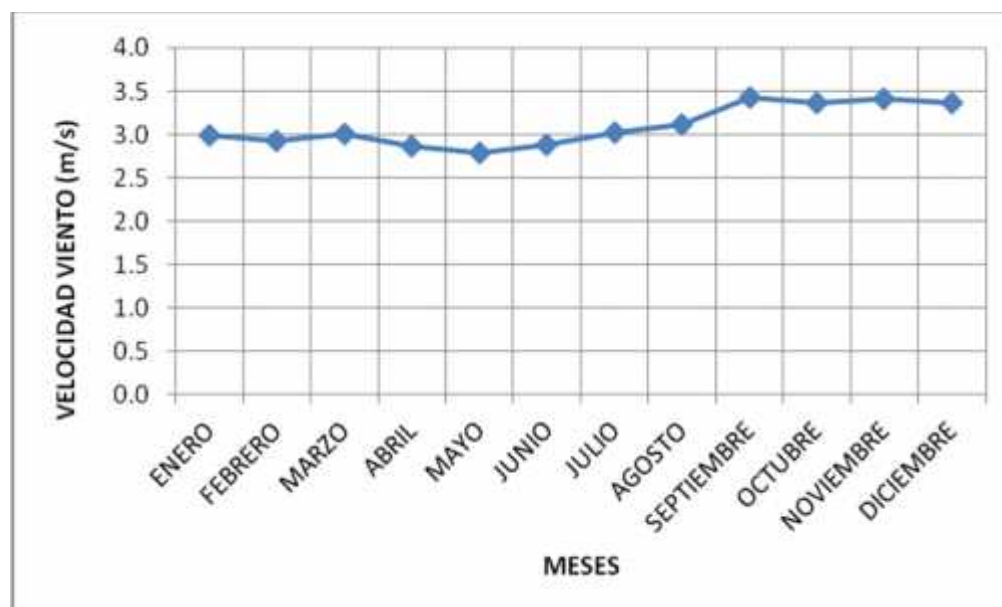
Del cuadro 4-3, se puede indicar que la velocidad del viento promedio mensual varía de 2.8 m/s registrados en los meses de junio y febrero a 3.4 m/s, que corresponden a los meses de setiembre, octubre, noviembre y diciembre.

Cuadro 4-4: Velocidad del viento promedio de 47 años de registro (1964-2010)

MES	VELOVIDAD DEL VIENTO (m/s)
ENERO	3.0
FEBRERO	2.9
MARZO	3.0
ABRIL	2.9
MAYO	2.8
JUNIO	2.9
JULIO	3.0
AGOSTO	3.1
SEPTIEMBRE	3.4
OCTUBRE	3.4
NOVIEMBRE	3.4
DICIEMBRE	3.4

(SENAMHI-PUNO).

Figura 4-4: Velocidad del viento promedio de 47 años de registro (1964-2010)





#### 4.5.5. Precipitación total.

Se denomina precipitación a toda forma de caída del agua desde las nubes sobre la superficie de la tierra, ya sea en estado sólido o en estado líquido, esto incluye lluvia, llovizna, nieve y granizo, generalmente.

La precipitación es una de las variables más importantes que influyen en la producción agrícola, debido a que la precipitación pluvial, es normalmente la única fuente de humedad que se le proporciona al suelo. La distribución temporal de precipitaciones es muy similar en todo el distrito de Arapa: verano húmedo e invierno seco, con el período de lluvias de diciembre a marzo (máximos en enero) y el período seco de mayo a agosto (mínimo en junio y julio), siendo los meses restantes de transición.

En el Cuadro 4-5, se presenta la variación en promedio de la precipitación total mensual correspondiente al periodo 1964 – 2010 de la estación meteorológica Arapa, asimismo en la Figura 4-5, se aprecia gráficamente la variación mensual de la precipitación total.

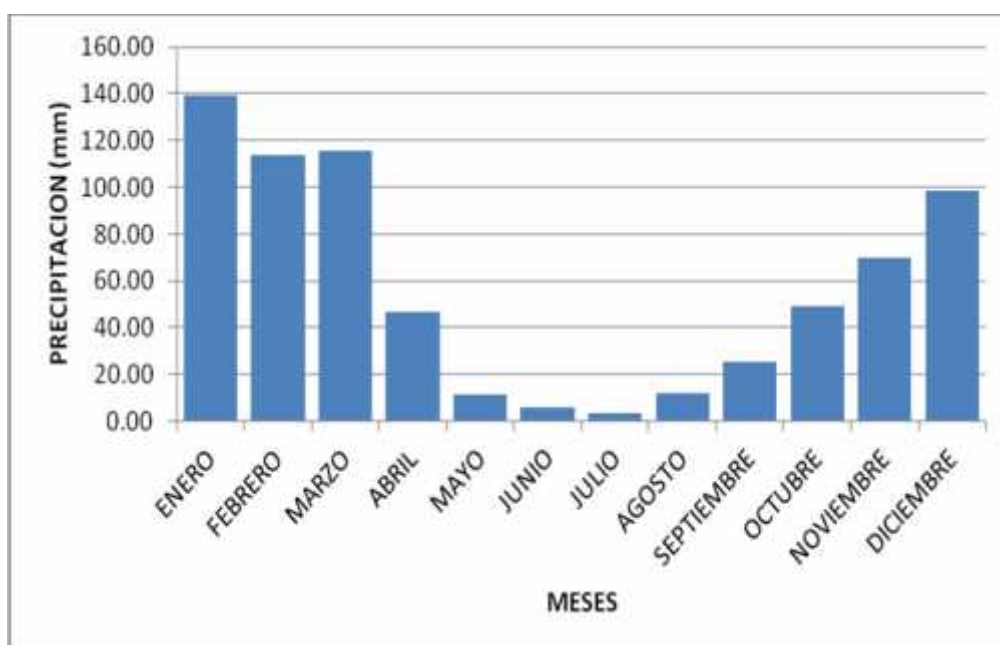
Considerando el cuadro 4-5, la precipitación total promedio mensual varía de 3.66 a 139.24 mm, que corresponden a los meses de julio y enero respectivamente.

Cuadro 4-5: Precipitación total promedio de 47 años de registro (1964-2010)

MES	PRECIPITACION TOTAL (mm)
ENERO	139.24
FEBRERO	113.95
MARZO	115.68
ABRIL	46.96
MAYO	11.29
JUNIO	6.01
JULIO	3.66
AGOSTO	12.10
SEPTIEMBRE	25.57
OCTUBRE	49.41
NOVIEMBRE	69.92
DICIEMBRE	98.40

(SENAMHI-PUNO).

Figura 4-5: Precipitación Total promedio de 47 años de registro (1964-2010)



#### **4.6. Tipos de Clima**

De acuerdo de sistema de clasificación climático de Thornwaite ONERN (1992) ha identificado tres tipos climáticos: Dos semi lluviosos y fríos y unos semi lluvioso semifrigidos. Estos tipos de clima son:

##### **4.6.1. Semilluvioso frío**

Este clima presenta tres estaciones secas que son: Otoño, Invierno y Primavera. La temperatura mínima anual es superior a 0 °C y una altitud de 3812 m.s.n.m. Esta tipo de clima se presenta en la parte baja de la micro cuenca.

##### **4.6.2. Semilluvioso frío**

Este tipo de clima presenta dos estaciones secas que son Otoño e invierno. La temperatura mínima media anual es inferior a 0°C el límite altitudinal es superior a 3900 m.s.n.m. en la parte intermedia de la micro cuenca se presenta dicha clima.

##### **4.6.3. Semilluvioso Semifrigido**

Este tipo de clima se presenta dos estaciones secas que son otoño e invierno. Altitudinalmente se ubica entre 4000 y 4650 m.s.n.m. La temperatura mínima anual es inferior a 0°C.

#### **4.7. Inventario de las fuentes de Agua**

Para formular un plan de ordenamiento de los recursos hídricos de la comunidad de Llacharapi grande se debe efectuar el inventario detallado de aguas superficiales. Con los resultados del inventario de aguas superficiales y conociendo las posibilidades físicas de aprovechamiento, se podría determinar la potencialidad de los recursos hídricos aprovechables en la comunidad. El empleo de estos recursos requiere de la interacción natural a través de un manejo adecuado y racional, planteando diferentes obras hidráulicas.

Las principales fuentes de agua son las aguas superficiales de las quebradas y riachuelos y de las aguas subterráneas a través de los manantiales.

#### **4.7.1. Ríos y Quebradas.**

La principal fuente de agua es la quebrada de Chejoya mayo que tiene un caudal permanente de 26.0 l/s, este riachuelo nace de las laderas de la comunidad de Llacharapi grande, sus afluentes son los manantes existentes en las laderas, su pendiente varia de 2.0 a 10 % y desemboca a la Laguna Arapa.

#### **4.7.2. Lagunas.**

En la comunidad de Llacharapi grande no existe ninguna laguna.

#### **4.7.3. Aguas subterránea y manantiales.**

Las aguas subterráneas en el ámbito de la comunidad de Llacharapi grande se encuentran a una profundidad de 3-10 metros en la zona plana, que se observan a través de pozos abiertos que son perforados artesanalmente por los mismos comuneros para el consumo doméstico y pecuario. No hay estudios de los acuíferos en la zona de la investigación.

Las aguas subterráneas de dicha comunidad tiene las siguientes características

- Es de buena calidad, apto para consumo humano.
- No posee turbidez ni color.
- Su composición química no varía en el tiempo.
- Su volumen almacenado es generalmente mayor a los de la superficie.
- Es difícil la contaminación radioquímica y biológica.
- Puede constituir el único recurso, en ámbito donde los recursos hídricos superficiales son escasos.

En el ámbito de la comunidad de Llacharapi grande existen manantiales principalmente en las zonas medias de la comunidad, cuyas aguas son utilizadas para el consumo humano y para el abrevadero del ganado. Esta

agua, si fueran aprovechadas en forma sistemática y técnica, podría ser utilizada en el riego complementario de los cultivos ante la ausencia de lluvia. Los manantes que contribuyen con la oferta del recurso hídrico de la comunidad de Llacharapi grande, se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 4-6: inventario de Manantiales.

Nombre del Manantial	Sector	Estado	Caudal (l/s)
Llacharapi grande	San Bartolome Chullunkiani	Libre	1.20
Huancarani	Huancarani	Libre	0.80
Huertacancha	Huertacancha	Libre	1.00
Kakahuasi	Kakahuasi	Libre	0.60

Elaboración propia

En total la oferta de agua de los manantiales en el ámbito de la comunidad de Llacharapi grande es de 3.60 l/s.

La comunidad en estudio cuenta con suficiente cantidad recurso hídrico, para su utilización en sistemas de agua potable y sistemas de riego presurizado.

#### 4.8. Calidad de Agua

El agua es el elemento vital para el hombre, es necesario para vivir, comer y para muchos otros usos. En las zonas rurales las necesidades de agua pueden ser satisfechas mediante la perforación o excavación de pozos, por manantiales o por almacenamiento en pequeñas cisternas de la aguas de lluvia que se precipitan por los tejados. En las zonas urbanas el abastecimiento, generalmente, se realiza por medio de redes de tuberías, conducente de agua almacenada y tratada.

En base a información bibliográfica referente a análisis de muestras de agua del río Chejoya mayo, se han encontrado los resultados que a continuación detallan.

#### 4.8.1 Uso Domestico

Los resultados de los análisis químicos realizados las fuentes de captación del agua para el consumo doméstico, por la oficina de FONCODES –Puno se puede concluir que las aguas de este fuente con fines uso doméstico son muy buenas los resultados de los análisis químico fueron los siguientes:

#### 4.8.2. Uso Agrícola

Es importante este análisis por que puede limitar algún tipo de cultivo de acuerdo a la cantidad de sales y otro elemento químico contenido en el agua, para este análisis se ha tomado muestra del riachuelo. La muestra fue analizada en el laboratorio de suelos en UNA-Puno Facultad de Ciencias Agrarias cuyo resultado se muestra en el Anexo.

La muestra analizada dio una clasificación C1-S1 según los criterios dados por el laboratorio de Universidad de EE. UU. Lo cual significa: quiere decir que no existe peligro de sales, peligro de sodio y la calidad de las aguas son buenas o aceptables para el uso agropecuario.

### 4.9. Demanda de agua.

#### 4.9.1. Demanda para uso doméstico.

En la comunidad de Llacharapi grande, existe una población rural de 392 habitantes. El consumo diario de agua en este tipo de zonas rurales es 50 lit/día de acuerdo a informaciones del Ministerio de Salud; en consecuencia, la demanda de agua por uso doméstico es 19.600 m<sup>3</sup>/día, lo que hace un total anual de 235.20 m<sup>3</sup>.

Cuadro 4-7: Demanda de agua para uso doméstico.

Comunidad	Población	Consumo per cápita (l/día)	Consumo total (l/día)
Llacharapi Grande	392	50	19.600

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.9.2. Demanda para uso agrícola.

Para calcular la demanda de agua para uso agrícola, primeramente se han determinado los requerimientos de agua por las plantas, basándose en la Evapotranspiración Potencial (ETP), los coeficientes de consumo de los cultivos (Kc), las cédulas de cultivo y los calendarios de siembra, para el caso de la investigación se va a considerar 10 hectáreas para cultivos forrajeros bajo riego.

#### 4.9.3. Oferta de agua para uso agrícola

Considerando la fuente de agua, el caudal del riachuelo Chejoya mayo que es de 26 l/s, así mismo para efectos de la investigación se considera regar una extensión de 17.897 hectáreas; la oferta de agua mensualizado se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro 4-8: Oferta de agua para uso agrícola.

MES	N° DIAS	OFERTA (m3)
Enero	31	26,784.0
Febrero	28	24,192.0
Marzo	31	26,784.0
Abril	30	25,920.0
Mayo	31	26,784.0
Junio	30	25,920.0
Julio	31	26,784.0
Agosto	31	26,784.0
Septiembre	30	25,920.0
Octubre	31	26,784.0
Noviembre	30	25,920.0
Diciembre	31	26,784.0
OFERTA TOTAL ANUAL (m3)		315,360.0



### **Cálculo de la Evapotranspiración Potencial (ETP)**

La evapotranspiración es uno de los factores más importantes que intervienen en el balance hidrológico, ya sea que éste se analice al nivel de cuenca, región o proyecto; siendo este último el que realmente interesa para efectos del cálculo de la demanda de agua de los cultivos principalmente. Nosotros sabemos, que la evapotranspiración es un proceso que resulta del efecto combinado de la evaporación del agua de un suelo húmedo y la transpiración del correspondiente cultivo en activo estado crecimiento ( en sus diferentes estados fenológicas).

Se denomina Evapotranspiración Potencial (ETP), a la cantidad de agua transferida a la atmósfera por evaporación y transpiración, de una superficie natural totalmente cubierta de vegetación de parte bajo, con una humedad de suelo próxima a la capacidad del campo. Este elemento permite calcular la demanda de agua por las plantas para efectos de planificación e investigación del desarrollo agropecuario, etc.

El cálculo de la Evapotranspiración Potencial para el área de estudio se ha realizado por el método de Tanque tipo "A", descrito en el capítulo de la metodología.

Los resultados de la evapotranspiración potencial para la zona en estudio se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 4-9: Evapotranspiración potencial (mm/día)

MES	K	Eo	ETP (mm/mes)	N° Dias	ETP (mm/dia)
ENERO	0.75	133.63	100.22	31	3.23
FEBRERO	0.75	116.69	87.52	28	3.13
MARZO	0.75	125.84	94.38	31	3.04
ABRIL	0.75	128.35	96.27	30	3.21
MAYO	0.75	136.04	102.03	31	3.29
JUNIO	0.75	121.08	90.81	30	3.03
JULIO	0.75	128.93	96.70	31	3.12
AGOSTO	0.75	145.46	109.09	31	3.52
SEPTIEMBRE	0.75	156.53	117.40	30	3.91
OCTUBRE	0.75	164.94	123.71	31	3.99
NOVIEMBRE	0.75	170.08	127.56	30	4.25
DICIEMBRE	0.75	156.17	117.13	31	3.78

Del cuadro anterior se puede afirmar que la variación de la evapotranspiración potencial en la Comunidad de Llacharapi grande es de 0.3 a 4.25 mm/día, que corresponden a los meses de junio y noviembre respectivamente.

### **Cálculo del coeficiente de los cultivos “Kc”**

El valor del coeficiente Kc, permite determinar la Evapotranspiración Real de los cultivos en condiciones óptimas y que produzcan rendimientos igualmente óptimos. La estimación de los valores “Kc” de los principales cultivos del área de estudio se ha realizado basándose en revisión bibliográfica, considerando las características generales de la región. Los cultivos a instalar en el área bajo riego son pastos cultivados, en donde el coeficiente de cultivo Kc es igual a 0.8 para todo el año.

### **Evapotranspiración Real de los Cultivos (ETC) o Uso Consuntivo (UC)**

El valor de Evapotranspiración real de los cultivos o el Uso consuntivo de los cultivos representa la tasa de Evapotranspiración de las plantas exentas de enfermedades, que se desarrollan en un campo extenso, en condiciones

óptimas de suelo, con buena fertilidad y humedad próxima a la capacidad del campo, y como resultado con óptima productividad. Una de las formas para obtener el valor de UC, es por métodos indirectos, en base a la Evapotranspiración Potencial (ETP) y el factor ( $K_c$ ) de los cultivos, para lo cual se emplea la relación:

$$UC = K_c * ETP$$

Los valores de UC, de los cultivos del área de estudio, se han calculado mediante este método y los resultados se presentan en el cuadro N° 4-9.

Cuadro 4-10: Valores de evapotranspiración real (mm/mes)

MES	$K_c$	ETP (mm/mes)	ETR (mm/mes)
ENERO	0.80	100.22	80.18
FEBRERO	0.80	87.52	70.02
MARZO	0.80	94.38	75.51
ABRIL	0.80	96.27	77.01
MAYO	0.80	102.03	81.62
JUNIO	0.80	90.81	72.65
JULIO	0.80	96.70	77.36
AGOSTO	0.80	109.09	87.27
SEPTIEMBRE	0.80	117.40	93.92
OCTUBRE	0.80	123.71	98.97
NOVIEMBRE	0.80	127.56	102.05
DICIEMBRE	0.80	117.13	93.70

Cuadro 4.11: Demanda de agua para uso agrícola

Cultivo	Area (Has)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Pastos Naturales	10.00						0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Area Total has	17.897						17.897	17.897	17.897	17.897	17.897	17.897	17.897
Kc ponderado		0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
ETP mm/mes		100.22	87.52	94.38	96.27	102.03	90.81	96.70	109.09	117.40	123.71	127.56	117.13
ETR mm/mes		80.18	70.02	75.50	77.02	81.62	72.65	77.36	87.27	93.92	98.97	102.05	93.70
PP efectiva 75% mm		91.12	80.81	73.12	19.57	0	0	0	0	1.85	5.89	18.76	53.02
Dneta mm/mes (ETR-PE)		0	0	2.4	57.4	81.6	72.65	77.36	87.27	92.07	93.08	83.29	40.69
Db mm/mes 75% (Dneta/0.55)		0.00	0.00	3.41	82.07	116.61	103.78	110.51	124.67	131.53	132.97	118.98	58.13
D Unit. m3/ha/mes (Db*10)		0.00	0.00	34.06	820.66	1166.06	1037.83	1105.14	1246.74	1315.25	1329.69	1189.79	581.27
Mod Riego lts/seg/ha (Dp*milli* dias*86400)		0.00	0.00	0.01	0.32	0.44	0.40	0.41	0.47	0.51	0.50	0.46	0.22
Volumen total m3 (D Unitaria*Area)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10378.29	11051.43	12467.43	13152.50	13296.86	11897.93	5812.71
Volumen total miles de m3 (Vtotal/mil)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.38	11.05	12.47	13.15	13.30	11.90	5.81
Caudal lts/seg (operación 24 horas)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	4.13	4.65	5.07	4.96	4.59	2.17
Total m3/ha/campaña	9826.49												
D. total* campaña m3	78057.14												
D. total* campaña MMC	78.06												
D. total* campaña MMC	0.08												
Mod de Riego para 24 Hr		0.00	0.00	0.01	0.32	0.44	0.40	0.41	0.47	0.51	0.50	0.46	0.22
Mod de Riego para 16 Hr		0.00	0.00	0.02	0.47	0.65	0.60	0.62	0.70	0.76	0.74	0.69	0.33
Mod de Riego para 14 Hr		0.00	0.00	0.02	0.54	0.75	0.69	0.71	0.80	0.87	0.85	0.79	0.37
Mod de Riego para 12 Hr		0.00	0.00	0.03	0.63	0.87	0.80	0.83	0.93	1.01	0.99	0.92	0.43
Mod de Riego para 10 Hr		0.00	0.00	0.03	0.76	1.04	0.96	0.99	1.12	1.22	1.19	1.10	0.52
Mod de Riego para 8 Hr		0.00	0.00	0.04	0.95	1.31	1.20	1.24	1.40	1.52	1.49	1.38	0.65

Cuadro 4-12: Balance hídrico del agua para uso agrícola

Descripción	Unidad	BALANCE HIDRICO												Total (m <sup>3</sup> /año)		
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC			
Días del mes	Día	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	30	31	365
Demanda hídrica total	m <sup>3</sup>						10,378.3	11,051.4	12,467.4	13,152.5	13,296.9	11,897.9	5,812.7			<b>78,057.1</b>
	l/s						4.00	4.13	4.65	5.07	4.96	4.59	2.17			
Oferta hídrica total	m <sup>3</sup>	26,784.0	24,192.0	26,784.0	25,920.0	26,784.0	25,920.0	26,784.0	26,784.0	25,920.0	26,784.0	25,920.0	26,784.0	25,920.0	26,784.0	<b>315,360.0</b>
	l/s	17.897	17.897	17.897	17.897	17.897	17.897	17.897	17.897	17.897	17.897	17.897	17.897	17.897	17.897	
Superávit (+)/Deficit(-)	m <sup>3</sup>	26,784.0	24,192.0	26,784.0	25,920.0	26,784.0	15,541.7	15,732.6	14,316.6	12,767.5	13,487.1	14,022.1	20,971.3	20,971.3	20,971.3	<b>237,302.9</b>
	l/s	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	6.00	5.87	5.35	4.93	5.04	5.41	7.83	7.83	7.83	

#### 4.10. Demanda para uso pecuario.

La población ganadera total de la comunidad es de 2576 cabezas de ganado, de ellas 896 son vacunos, 1456 ovinos y 227 camélidos, no se considera los animales menores.

Cuadro N° 4-13: Demanda de agua de uso pecuario

Ganado	CONSUMO PERCAPITA		N° Cabezas	Consumo Diario (l/día)	Consumo Anual (m3)
	l/día	m3/año			
Vacuno	20	7.30	896	17920	6540.8
Ovino	3	1.10	1456	4368	1601.6
Camélidos	4	1.46	224	896	327.04
<b>TOTAL</b>			<b>2576</b>	<b>23184</b>	<b>8469.44</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.11. Balance hídrico en la comunidad de Llacharapi.

Es necesario realizar el balance para obtener la comparación en el tiempo y el espacio de las disponibilidades y las demandas de agua, la misma que tiene por objeto definir la existencia de déficit o excesos de agua en la comunidad. Nos permite asignar los volúmenes de agua disponibles a cada una de las demandas según las prioridades establecidas de acuerdo a un plan, de acuerdo a los requerimientos del proceso de desarrollo sostenido. Los resultados del balance permitirán conocer con antelación los conflictos que podrían llegar a presentarse con relación a la disponibilidad de agua, para los diferentes usos, y definir a tiempo las alternativas posibles para eliminarlos o mitigarlos.

El balance hídrico de los recursos hídrico se realiza realizando la diferencia entre la oferta hídrica y la demanda para los diferentes usos, los resultados nos puede dar positivo si la oferta es mayor que la demanda y negativo o déficit cuando la demanda es mayor que la oferta, en el siguiente cuadro se presentan los resultados.



Cuadro 4-14: Balance hídrico en la comunidad de Llacharapi.

USO AGUA	OFERTA (m <sup>3</sup> /año)	DEMANDA (m <sup>3</sup> /año)	BALANCE HIDRICO (m <sup>3</sup> /año)
POBLACIONAL	11,974.40	7,154.00	
AGRICOLA	315,360.00	78,057.14	
PECUARIO		8,469.44	
TOTAL	327,334.00	93,680.58	421,014.54

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.12. Evaluación de la precipitación.

Se realizó el análisis de frecuencia de la precipitación máxima en 24 horas de la estación Arapa, obteniéndose las lluvias de diseño para diferentes períodos de retorno, empleando los Métodos de análisis de frecuencia de eventos extremos, finalmente ajustándose a la distribución Gumbel, previamente se hizo el análisis de consistencia de la información histórica de precipitación máximas de 24 horas registradas en la estación Arapa para un periodo de 43 años (1969-2011).

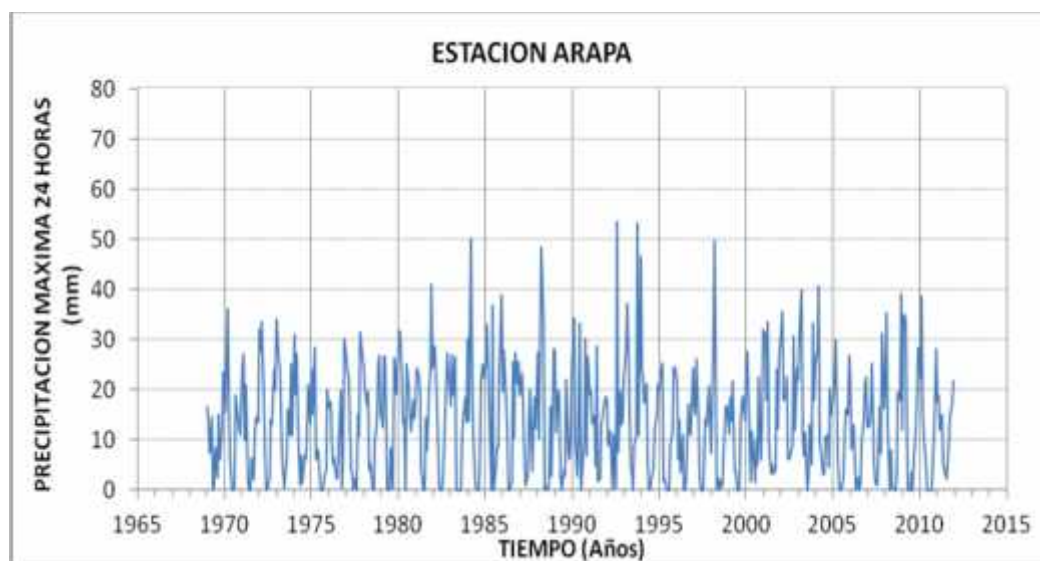
##### 4.12.1 Análisis visual de histograma.

Los histogramas son gráficos que representan la información pluviométrica en el tiempo; mediante el análisis de los histogramas es posible detectar saltos y/o tendencias en la información histórica. Se debe aclarar que este análisis es únicamente con fines de identificación de las posibles inconsistencias, las mismas que deberán ser evaluadas estadísticamente mediante el test respectivo.

En el Grafico N° 4-15, se muestra el histogramas de la serie históricas de precipitación máxima de 24 horas registrada en la estación Arapa, para un periodo de 43 años, en ella se puede analizar en forma visual, que no existen saltos ni tendencias y observar que su variación en el tiempo es homogéneo, sin embargo para detectar un posible salto, se realizara el análisis de doble masa.



Figura 4-15: Histograma de Precipitación máxima 24 horas de 43 años de registro (1969-2012)



#### 4.12.2 Análisis de doble masa.

Un quiebre de la recta de doble masa o un cambio de pendiente, puede o no ser significativo, ya que si dicho cambio está dentro de los límites de confianza de la variación de la recta para un nivel de probabilidades dado, entonces el salto no es significativo, el mismo que se comprobará mediante un análisis de consistencia.

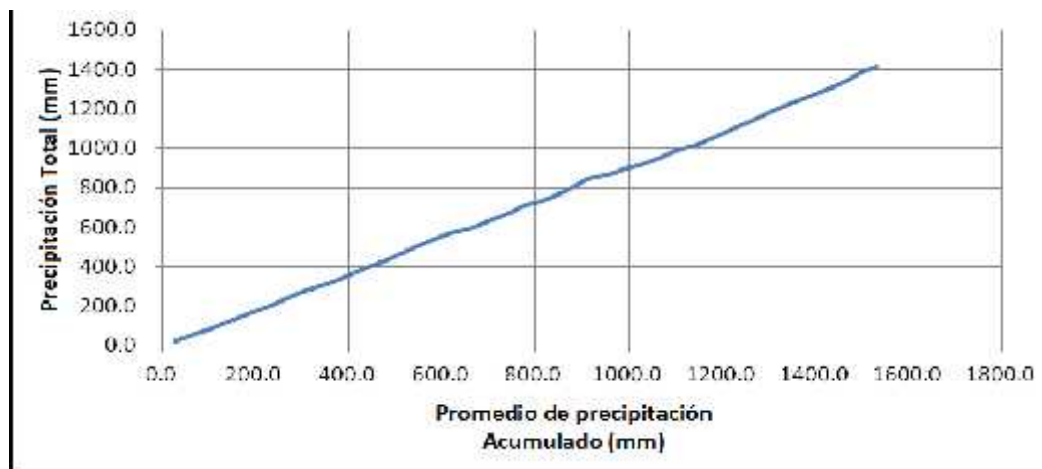
En el cuadro 4-13, se presentan los resultados del análisis de doble masa de la precipitación máxima en 24 horas de la estación Arapa y de la Estación Huancané,. En la Figura 4-6, se muestra el diagrama de doble masa, en ella se puede observar que las series de precipitaciones máximas en 24 horas de la estación Arapa son consistentes y homogéneos, porque su diagrama se asemeja a una línea recta, no hay presencia de quiebres; en consecuencia, no es necesario realizar el análisis estadístico.

Cuadro 4-16: Análisis de doble masa-Estación Arapa

Año	Precipitación Max. 24 hrs		Precipitación Max. 24 hrs Acum		
	Arapa	Huancané	Promedio	Arapa	Huancané
1969	23.5	31.2	27.4	23.5	31.2
1970	36.0	47.5	69.1	59.5	78.7
1971	27.0	44.0	104.6	86.5	122.7
1972	33.5	35.0	138.9	120.0	157.7
1973	34.1	39.5	175.7	154.1	197.2
1974	31.0	39.0	210.7	185.1	236.2
1975	28.5	36.0	242.9	213.6	272.2
1976	30.2	24.7	270.4	243.8	296.9
1977	31.6	34.1	303.2	275.4	331.0
1978	26.8	45.2	339.2	302.2	376.2
1979	26.6	36.8	370.9	328.8	413.0
1980	31.8	32.4	403.0	360.6	445.4
1981	41.0	42.2	444.6	401.6	487.6
1982	28.6	38.2	478.0	430.2	525.8
1983	26.9	21.2	502.1	457.1	547.0
1984	50.2	46.6	550.5	507.3	593.6
1985	38.9	42.2	591.0	546.2	635.8
1986	28.0	39.4	624.7	574.2	675.2
1987	23.2	58.0	665.3	597.4	733.2
1988	48.5	52.4	715.8	645.9	785.6
1989	27.8	35.0	747.2	673.7	820.6
1990	34.4	23.8	776.3	708.1	844.4
1991	28.6	58.0	819.6	736.7	902.4
1992	53.6	48.5	870.6	790.3	950.9
1993	53.3	32.0	913.3	843.6	982.9
1994	24.0	68.7	959.6	867.6	1051.6
1995	25.4	35.0	989.8	893.0	1086.6
1996	24.3	51.6	1027.8	917.3	1138.2
1997	26.0	35.6	1058.6	943.3	1173.8
1998	49.6	54.5	1110.6	992.9	1228.3
1999	21.7	45.0	1144.0	1014.6	1273.3
2000	27.7	28.4	1172.0	1042.3	1301.7
2001	33.6	29.7	1203.7	1075.9	1331.4
2002	35.6	32.0	1237.5	1111.5	1363.4
2003	40.0	39.2	1277.1	1151.5	1402.6
2004	40.8	35.9	1315.4	1192.3	1438.5
2005	30.0	26.4	1343.6	1222.3	1464.9
2006	22.4	31.6	1370.6	1244.7	1496.5
2007	31.2	34.6	1403.5	1275.9	1531.1
2008	39.2	43.9	1445.1	1315.1	1575.0
2009	35.1	25.3	1475.3	1350.2	1600.3
2010	38.6	20.6	1504.9	1388.8	1620.9
2011	21.7	32.2	1531.8	1410.5	1653.1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4-17: Diagrama de doble masa de la Estación Arapa.



#### 4.12. Problemática relacionado a los recursos agua y suelo en la comunidad.

##### De tipo Técnico:

- Poca disponibilidad de agua para establecer cultivos bajo riego, esto permite solamente agricultura de secano con riesgo de sequía durante nueve meses del año (abril a diciembre).
- Condiciones climáticas adversas, presencia de heladas, sequías y granizos, que limitan el normal desarrollo de las actividades agrícola y pecuario.
- Erosión hídrica en las laderas por falta de cobertura vegetal del área en estudio sobre todo en las partes altas es escasa o nula, provocada por las torrenciales lluvias en los meses de enero, febrero y marzo.
- Deficiente manejo de suelos en las actividades agrícolas sin ningún control.
- Se observa erosión a lo largo de los caminos y colmataciones en los pequeños riachuelos y quebradas.
- Erosión hídrica que año tras año viene deteriorando las quebradas ubicadas en las laderas de la comunidad de Llacharapi grande, la mayoría de ellas no tienen protección.

**De tipo administrativo y gestión:**

- Los habitantes de la comunidad de Llacharapi Grande no están organizados para el uso y manejo del agua, por ello no tienen todos una infraestructura por ejemplo de agua potable.
- No existen un inventario ni medidas de las fuentes de agua de la comunidad, ni elementos apropiados para medida del agua.
- No existen investigaciones en cuando al uso y manejo de agua en la zona de estudio.
- No hay apoyo técnico y capacitación por parte de las instituciones gubernamentales ni privados.

**4.13. Formulación del plan de manejo de los recursos hídricos.****4.14.1. Análisis Foda.****a) Visión.**

Ser una comunidad en un corto tiempo que tenga un desarrollo sustentable, incrementando su producción agropecuaria con el uso racional de recurso agua y suelo.

**b) Misión.**

Promover el desarrollo socio económico de la comunidad de Llacharapi Grande encaminando hacia una competitividad productiva, conducente al mejoramiento de las condiciones del nivel y calidad de vida.

**4.14.2 Análisis del medio externo: Amenazas y Oportunidades.****a) Amenazas.**

Existen conflictos entre comuneros por tenencia de terrenos y uso del agua. Parcelación de terrenos

Ocurrencia de fenómenos naturales extremos (sequías, granizadas, heladas, etc. Conflictos por delimitación de hitos entre las comunidades.

Problemas de erosión hídrica en laderas y cauces.

**b) Oportunidades.**

Existen instituciones que pueden financiar los proyectos de infraestructura hidráulica.

Existen instituciones privadas que pueden financiar infraestructuras como sistema de riego por aspersión y obras de conservación de suelos. Las Municipalidades distritales y provinciales apoyan, con diversas infraestructuras de desarrollo .

**4.14.3. Análisis del medio interno: Debilidades y Fortalezas).****a) Debilidades.**

Falta de organización para el manejo y mantenimiento de las obras de infraestructura hidráulica.

Falta de capacitación en el manejo de los recursos hídricos y suelo para el desarrollo agropecuario.

Existen ciertas discrepancias dentro de la comunidad en cuanto al uso del agua.

**b) Fortalezas**

Existencia de manantiales que no son aprovechados en su totalidad por los agricultores y pobladores de la comunidad.

La tenencia de tierras con pastos naturales, y tierras cultivadas en descanso lo cuales son sub aprovechadas a falta de agua.

Existencia de un riachuelo que puede ofertar agua para uso agrícola.

**4.14. Plan de manejo de los recursos hídricos.**

Los grandes esfuerzos que realizan las instituciones en el desarrollo de un país por medio del aprovechamiento de los Recursos Hídricos, (Proyectos de Saneamiento y tratamiento de aguas, riego y otros), para lograr los objetivos de desarrollo humano; y por otro lado el descuido generalizado del estudio y planeamiento de los escasos recursos disponibles para estos fines.

Este trabajo de investigación, tiene por objetivo llenar el gran vacío que se ocasiona, al intervenir en las cuencas o manantiales de ojos de agua y comunidades mediante alternativas de aprovechamiento de los Recursos Hídricos, esta vez con una adecuada planificación participativa. En el caso ideal este plan tiene el respaldo activo de los actores locales, tanto usuarios como autoridades (de aguas, Municipios y otros) y constituye un documento conductor para la gestión del agua, el manejo, las inversiones locales y externas para la gestión de los recursos hídricos en la comunidad de Llacharapi Grande.

El Inventario de Recursos Hídricos, será un documento de base para todas las instituciones existentes en los ámbitos geográficos involucrados en esta comunidad, para la propuesta de un plan de gestión de los Recursos Hídricos a nivel de la Comunidad, Distrito y Provincia y todas estas actividades y planes de desarrollo se traducen en el incremento del nivel de vida de los pobladores de la comunidad de Llacharapi Grande.

#### **4.15.1. Fuentes de agua de la comunidad.**

Las fuentes de agua son las aguas superficiales de las quebradas y riachuelos y de las aguas subterráneas a través de los manantiales.

La principal fuente de agua es la quebrada de Chejoya mayo que tiene un caudal permanente de 26.0 l/s, este riachuelo nace de las laderas de la comunidad de Llacharapi grande, sus afluentes son los manantes existentes en las laderas.

Las aguas subterráneas en el ámbito de la comunidad de Llacharapi grande Los manantes que contribuyen con la oferta del recurso hídrico de la comunidad de Llacharapi grande, se presentan en el cuadro 4-6, en donde se muestra el inventario de los Manantiales. En total la oferta de agua de los manantiales en el ámbito de la comunidad de Llacharapi grande es de 3.60 l/s. La comunidad en estudio cuenta con suficiente cantidad recurso hídrico, para su utilización en sistemas de agua potable y sistemas de riego presurizado.

#### 4.15.2. Descripción de Proyectos

Los proyectos comprendidos en este grupo son los que al ejecutarse asegurarán un desarrollo sostenido de la comunidad en las actividades agrícolas y pecuarias, la mayoría de ellos son de tipo conservacionista de los recursos agua y suelo. En el presente estudio se plantea la ejecución de los siguientes proyectos:

- Sistemas de agua potable.
- Sistemas de agua de uso múltiple.
- Proyectos de pequeñas irrigaciones.
- Capacitación referente al manejo del agua.
- Capacitación sobre organización, administración y gestión del agua.

#### 4.15.3. Instituciones que pueden financiar Proyectos.

Las instituciones que pueden financiar los proyectos propuestos son los siguientes:

- Municipalidad Distrital de Arapa, con la ejecución de infraestructuras como alcantarillas, pequeños puentes y otros, en todo el ámbito del distrito de Arapa.
- Municipalidad Provincial de Azángaro, con la ejecución de infraestructura de agua potable, alcantarillas, pequeños puentes y otros, en todo el ámbito de la provincia de Azángaro.
- FONCODES. “Fondo Nacional de Compensación y Desarrollo Social”, actúa dentro del Departamento al igual que en el territorio Nacional a través de convenios para ejecutar diferentes tipos de obras principalmente la construcción de un sistema de abastecimiento de agua potable o ampliación del mismo.
- AGRORURAL, Apoya en la construcción de infraestructuras como sistemas de riego, abastecimiento de agua potable, rehabilitación de andenes, y reforestaciones en cuencas alto andinas.

## V. CONCLUSIONES

En el presente trabajo de investigación Diagnóstico de los Recursos Hídricos y propuesta de un Plan de Manejo de los Recursos Hídricos de la comunidad de Llacharapi Grande se ha llegado a las siguientes conclusiones de importancia para el desarrollo agrícola y pecuario de la Comunidad:

1. Las fuentes de agua superficial son permanentes como la fuente de agua de la quebrada de Chejoya mayo que tiene un caudal de 3.60 l/s, y en cuanto a calidad son aptos para uso agrícola y pecuario.
2. La demanda de agua anual para uso poblacional, agrícola y pecuario es de 93,680.58 m<sup>3</sup>/año, los mismos que son inferiores a la oferta que es de 327,334.00 m<sup>3</sup>/año.
3. El balance hídrico de la comunidad de Llacharapi Grande es positivo teniendo un superávit de 421,014.54 m<sup>3</sup>/año, pudiendo ampliar y plantear más proyectos de desarrollo.



## VI . RECOMENDACIONES

- 1.- Promocionar los diagnósticos de los recursos hídricos en las comunidades con el objeto de planificar el buen uso del agua.
- 2.- De acuerdo a la disponibilidad del recurso hídrico, recomendamos efectuar que las instituciones públicas y privadas proyectar sistemas de riego tecnificado por ser la más eficiente.
3. Mejorar los sistemas de desarrollo agropecuario, con instalaciones de pastos cultivados con sistemas de riego presurizado.
4. Debido a la severa escasez de agua en épocas de estiaje se recomienda aprovechar las aguas subterráneas, mediante perforación de pozos.
5. Desarrollar programas de capacitación y extensión para el manejo y uso de agua, suelo y la vegetación en forma integral. Estos programas deben cubrir tanto la parte técnica como legal.

## VII BIBLIOGRAFIA CITADA

1. APARICIO MIJARES, F.J. (1992) “Fundamentos de Hidrología de Superficie” Editorial Limusa S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores – México.
2. CHANG – NAVARRO L. (1993) “El Manejo de las Cuencas Hidrográficas en el Perú” Proyecto Fomento de la Transferencia de la Tecnología. Lima- Perú 12 Pág.
3. CHOW, V.; MAIDMENT, D. y MAYS, L. (1994) “ Hidrología Aplicada”. Ed. Mc Graw Hill. Interamericana S.A. (trac.) Impreso D’VINNI Editorial Ltda. Santa Fé Bogotá D. C. Colombia 571 Pág.
4. CHOW V. (1994), “Hidrología Aplicada”. Ed. Mc Graw Hill.
5. CHOQUECOTA R.A. (1995) “Diagnóstico para el Plan de Manejo y Conservación de Agua y Suelo en la Microcuenca Paxa – Azoguini – Puno. Tesis Ing. Agrícola UNA – PUNO 120 Pág.
6. DOUROJEANNI R.A. (1978) “Principios para Elaborar un Plan de Protección de Cuencas”, boletín técnico N° 11 Ministerio de Agricultura Lima – Perú 24.Pág.
7. ESPINOZA F. (1990), participación de la Comunidad. visto como Institución organizada y consciente de las necesidades de las mayorías.
8. FAUSTINO J. (2006). “ Curso Internacional de Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas”. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú. 276 Pág.
9. FERRER P. (1972) “Métodos Estadísticos en Hidrología”.
10. FLORES Y MALPARTIDA (1987), Según Mencionan que el agua es el motor económico de que se puede disponer el hombre.
11. GOMEZ L. W. (1992) Bases conceptuales presentada en el “I Curso Nacional de Manejo de Cuencas” Lima – Perú 14 Pág.
12. INRENA (2000), Las características geográficas especiales del Perú, climáticos e hidráulicos.
13. MEJÍA M. A. (2001), “Hidrología Aplicada” Vol. I Lima – Perú 108 Pág.

- 14 ONERN. (1980). "Inventario y Evaluación Nacional de las Aguas Superficiales" Lima – Perú.
- 15 OLARTE W. (1989), Según condicionan las acciones, por las cuales debe ser considerada la utilización de la cantidad de agua.
- 16 PAULET, M. (1974) "Análisis de Frecuencia de Fenómenos en Hidrología. Método de Gumbel". Publidrat. Publicación N°34. UNA La Molina. Lima Perú.
- 17 PRONAMACHCS (1999). Para el aspecto de inventario y la evaluación de los recursos hídricos se sigue el siguiente procedimiento.
- 18 REYES CARRASCO, L.V. (1992) "Hidrología Básica" Editorial A & B S.A. Lima – Perú.
- 19 ROCHA A. (1993). "Recursos Hidráulicos". Colegio de Ingenieros del Peru, Capitulo de Ingenieros civiles. Lima – 376 Pág.
- 20 SANTAYANA V.S. (1990) "Ingeniería de Recursos Hídricos" Departamento de Recursos Agua y Tierra de UNALM Lima – Perú.
- 21 SEMINARIO M.E (1989) "Manejo Integral de Cuencas y Conservación de Suelos" Puno – Perú 28 Pág.
- 22 SESA (1982) "Manual Silvo Agropecuario" Guía para elaboración de diagnósticos Tomo II Cajamarca – Perú 136 Pág.
- 23 VARAS E. y FERRER P. (1972) "Métodos Estadísticos en Hidrología". Publicación N°75-2 Escuela de Ingeniería Universidad Católica de Chile. Chile.
- 24 VASQUEZ V.A. y CHANG . (1992) "El Riego" Principios Básicos parte I, Lima – Perú 160 Pág.
- 25 VASQUEZ V. A. (2000). "Manejo De Cuencas Alto andinas" Tomo I Impreso en Perú . 512 Pág.
- 26 VILLON M. (2002). "Hidrología". Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Agrícola. 433 Pág.

# ANEXO

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA - SENAMHI - PUNO

ESTACION ARAPA - TEMPERATURA MAXIMA (°C)

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1964	16.2	16.0	14.9	15.2	14.3	14.4	14.1	16.1	15.7	16.5	15.8	15.7
1965	14.2	15.2	14.5	15.2	15.7	14.0	14.6	15.8	16.6	18.4	17.6	15.8
1966	17.2	15.8	16.4	16.3	14.0	14.4	15.2	16.3	17.2	17.3	16.8	16.4
1967	17.6	15.3	14.7	16.0	15.1	15.4	14.3	14.8	15.5	15.8	18.0	14.4
1968	15.1	14.1	14.0	15.1	14.6	14.7	13.7	15.1	15.9	17.0	15.2	16.3
1969	14.9	15.6	17.0	17.1	16.8	15.5	14.8	15.7	16.2	18.3	18.2	17.1
1970	15.4	15.5	14.8	14.9	15.7	15.3	15.1	16.2	16.0	17.6	18.3	15.7
1971	15.2	13.3	15.5	15.4	14.8	15.1	14.4	16.5	17.0	16.2	16.2	15.8
1972	14.2	14.5	15.1	16.1	15.4	14.8	16.1	15.9	16.8	18.0	18.1	16.6
1973	15.7	16.0	15.3	15.6	15.0	14.6	14.2	15.5	15.1	16.9	17.4	16.3
1974	13.9	14.1	15.0	14.5	15.3	14.5	15.7	13.2	15.6	17.0	17.7	16.5
1975	14.5	14.4	15.1	16.0	14.9	14.3	14.3	16.2	17.2	16.5	17.1	14.9
1976	14.3	15.2	15.5	15.6	14.9	14.3	15.3	15.2	14.5	17.7	18.0	17.5
1977	17.0	15.3	15.3	16.6	15.0	14.6	15.6	17.0	16.4	17.1	16.7	16.0
1978	15.1	15.4	15.4	15.5	15.7	15.4	14.8	15.7	16.2	17.3	16.3	16.0
1979	14.5	17.1	16.0	15.8	16.1	16.2	15.3	15.3	18.5	16.9	18.3	15.6
1980	16.8	16.3	15.9	16.6	16.7	16.2	14.9	16.5	15.2	16.5	18.4	16.8
1981	15.3	14.8	15.1	14.3	15.0	15.1	15.7	13.8	16.5	16.2	16.6	17.0
1982	15.2	17.4	15.6	15.5	15.8	15.6	12.1	15.2	15.1	15.9	15.6	17.5
1983	17.7	16.8	18.3	17.4	18.5	18.6	18.2	17.7	17.6	17.3	18.3	18.6
1984	16.2	14.8	15.3	16.7	17.1	15.8	17.0	17.4	16.7	17.2	17.6	15.4
1985	14.0	14.6	17.7	16.0	16.0	14.8	15.4	17.8	15.6	17.7	15.3	15.7
1986	15.7	15.1	15.5	16.6	15.5	16.4	14.8	15.9	15.9	18.3	16.4	16.8
1987	15.5	17.3	16.7	17.4	17.0	15.8	15.0	16.6	17.6	17.6	16.5	17.8
1988	15.3	16.4	14.5	14.6	14.3	14.4	14.7	15.9	17.2	16.7	17.4	15.7
1989	14.6	14.3	14.4	14.8	14.8	13.8	14.0	14.7	17.3	17.0	17.0	17.5
1990	15.5	16.2	16.0	16.8	16.7	13.1	14.6	15.5	16.8	16.6	16.5	16.7
1991	15.7	15.9	15.6	15.6	15.5	14.0	14.9	16.2	15.9	17.4	16.7	16.4
1992	14.6	15.7	17.1	18.2	17.5	15.5	14.6	13.8	17.0	16.1	16.4	16.2
1993	14.2	15.6	14.4	15.3	15.2	14.6	15.8	14.9	16.4	16.4	16.5	15.8
1994	14.5	14.5	15.0	15.2	15.1	14.4	15.1	16.6	16.0	17.1	17.3	16.4
1995	16.3	16.1	14.8	16.4	16.3	14.9	16.1	17.0	17.3	18.5	17.4	15.4
1996	15.9	15.2	16.5	16.2	16.2	15.3	14.8	15.8	17.4	18.0	16.5	16.2
1997	14.2	13.9	13.7	13.7	14.9	14.6	15.3	14.8	16.5	17.2	16.9	18.7
1998	17.6	19.1	18.8	18.7	17.8	16.6	16.6	17.8	18.9	18.6	17.5	18.1
1999	16.6	15.1	14.8	15.4	15.6	15.5	15.8	16.2	16.6	16.2	17.7	17.9
2000	15.8	14.7	15.5	16.9	16.9	15.2	15.0	16.5	17.7	15.7	18.9	15.9
2001	14.1	14.7	15.0	15.9	15.6	15.2	14.7	15.5	17.3	18.0	18.3	17.0
2002	16.4	14.9	15.9	16.1	16.8	16.3	14.6	16.4	17.1	16.9	17.5	17.2
2003	16.3	16.6	15.4	16.6	16.4	15.1	16.1	16.0	16.7	18.1	18.6	18.1
2004	14.9	15.7	16.7	17.1	16.9	15.1	15.3	16.1	16.7	18.8	18.9	18.2
2005	16.8	15.9	17.5	17.7	17.6	16.2	16.6	16.4	17.9	17.5	18.0	17.3
2006	15.1	16.9	17.7	16.9	16.8	16.0	15.3	17.5	17.6	17.9	17.3	18.0
2007	17.4	17.9	15.8	16.2	16.8	16.6	16.2	17.8	16.9	18.4	17.8	17.2
2008	14.6	15.9	16.2	17.8	16.8	16.9	16.3	17.3	18.5	18.0	19.4	16.5
2009	16.6	16.8	16.3	17.0	17.3	16.2	16.5	17.4	19.0	19.5	18.8	17.9
2010	16.6	17.3	17.5	18.4	17.9	18.0	17.5	18.3	19.4	19.4	20.2	17.6
MEDIA	15.6	15.6	15.7	16.1	16.0	15.3	15.3	16.1	16.8	17.3	17.4	16.7

(SENAMHI-PUNO).

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA - SENAMHI - PUNO

ESTACION ARAPA - TEMPERATURA MINIMA (°C)

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1964	4.8	5.7	4.8	3.6	1.2	-1.9	-2.6	0.2	1.2	2.2	2.4	3.9
1965	4.0	4.9	4.1	3.5	1.0	-1.6	-0.8	-0.1	2.0	2.9	4.7	5.2
1966	5.7	5.2	4.4	2.1	0.7	-1.2	-1.4	0.7	2.4	4.8	4.4	5.3
1967	5.3	5.0	4.8	2.5	2.0	-0.3	-0.5	0.5	2.8	3.8	3.4	4.2
1968	4.6	5.3	4.1	2.6	0.9	-0.8	-1.5	0.6	1.7	3.8	4.7	4.5
1969	5.0	5.6	5.3	4.2	1.2	-0.8	-0.7	-1.1	2.1	3.5	4.9	5.0
1970	5.4	5.5	4.5	3.8	1.2	-0.3	-0.9	-0.1	2.1	2.9	3.8	5.0
1971	5.2	4.8	4.5	2.7	-0.2	-0.8	-2.0	-0.1	0.8	1.8	2.6	4.6
1972	4.5	4.1	4.9	3.5	0.2	-1.8	-0.7	0.0	2.3	3.5	5.3	4.9
1973	6.4	6.2	5.4	4.6	2.0	-0.7	-1.1	0.7	2.8	4.2	4.8	4.6
1974	4.6	5.2	4.3	3.7	0.5	-0.8	-0.2	0.0	1.2	2.5	2.9	3.8
1975	3.5	4.8	4.1	3.3	1.8	-0.3	-3.0	-0.9	2.6	1.3	2.6	3.8
1976	4.2	4.2	4.6	1.9	-0.8	-1.6	-1.1	-1.5	0.5	1.4	1.8	4.1
1977	4.8	4.3	4.0	2.2	-0.2	-2.7	-0.8	-1.5	1.6	2.0	3.3	3.4
1978	4.0	4.0	3.3	2.4	-0.5	-1.5	-2.7	-0.3	0.0	1.9	3.7	4.4
1979	4.1	3.6	3.9	2.8	0.3	-0.8	-2.5	-1.8	1.5	3.2	3.9	4.0
1980	4.2	4.2	4.1	2.0	0.0	-1.0	-0.9	-0.8	1.5	4.0	4.1	3.8
1981	5.7	5.2	4.5	2.6	2.7	-1.5	-2.1	1.1	2.4	3.3	4.8	5.0
1982	5.1	5.8	4.8	2.9	-2.1	-1.5	-2.0	1.0	2.4	3.3	4.6	4.9
1983	5.7	5.7	4.8	4.7	-0.2	-3.5	-4.2	-3.1	3.2	3.6	2.9	5.6
1984	5.2	5.3	5.5	5.3	2.3	1.1	-3.4	-2.5	3.2	4.7	5.0	5.0
1985	4.7	4.4	4.0	4.9	2.7	1.0	-3.7	0.8	2.2	3.3	4.2	5.1
1986	5.5	5.5	5.7	3.4	1.1	-1.1	-0.8	-0.2	1.5	1.8	4.9	5.4
1987	5.8	5.2	4.2	2.8	2.3	-0.2	-0.3	0.3	1.8	3.7	5.6	5.8
1988	6.1	5.7	5.7	4.6	2.2	-1.4	-1.2	-0.4	2.2	2.8	3.6	4.0
1989	4.8	4.7	4.5	3.9	1.0	1.9	0.1	0.0	1.5	3.4	2.8	3.7
1990	4.8	3.7	3.4	2.5	0.9	-0.2	-2.5	-0.7	0.6	3.5	4.3	4.0
1991	4.2	4.2	4.0	3.8	0.3	-2.5	-1.9	-2.2	1.0	1.7	3.1	2.8
1992	4.3	3.8	3.1	1.3	-0.5	-1.1	-1.2	-0.7	0.0	1.8	2.7	4.6
1993	4.5	3.5	4.1	4.1	0.9	-1.4	-1.0	-0.6	1.5	3.7	4.8	5.5
1994	4.0	5.2	4.1	4.2	1.1	-1.9	-1.8	-1.4	2.0	2.5	4.7	5.4
1995	5.0	4.5	5.0	2.9	0.1	-1.8	-1.8	-0.3	2.7	3.4	4.2	4.2
1996	5.4	5.0	5.0	4.0	1.5	-1.4	-2.5	0.5	1.4	3.2	4.2	5.4
1997	4.8	4.9	4.6	2.5	1.0	-2.2	-0.2	1.5	3.3	3.8	5.2	6.3
1998	6.6	6.8	5.4	3.7	-2.4	-2.7	-3.5	-2.1	-0.7	2.7	3.4	3.9
1999	5.0	5.4	5.2	3.4	-0.8	-7.0	-9.3	-8.9	-6.2	2.7	0.3	4.0
2000	5.0	5.2	4.3	1.4	-0.7	-3.4	-3.9	-1.0	-0.4	2.8	2.1	3.7
2001	5.1	5.2	4.9	2.4	-0.1	-2.2	-2.9	-2.1	1.0	2.5	3.2	3.7
2002	4.6	5.6	4.7	3.5	0.4	-1.9	-2.3	-0.9	1.4	3.5	3.9	4.6
2003	4.8	5.0	4.4	2.5	-0.8	-4.4	-3.4	-1.8	0.3	1.4	2.7	4.8
2004	5.4	4.7	4.3	2.9	-3.0	-3.2	-2.8	-0.7	1.6	2.5	3.6	5.0
2005	4.9	5.1	4.2	2.8	-2.1	-5.2	-3.2	-3.7	0.0	3.2	3.5	4.3
2006	4.5	4.4	4.3	1.5	-3.2	-3.5	-5.4	-0.4	-0.5	4.3	4.2	2.7
2007	5.4	4.9	4.3	3.2	0.5	-2.4	-3.0	-1.8	2.4	3.0	2.5	3.7
2008	4.8	4.1	1.9	-0.6	-4.2	-3.6	-5.2	-4.3	-1.1	2.6	3.3	4.5
2009	4.4	4.5	3.4	0.9	-1.6	0.0	-3.2	-3.8	0.4	2.1	4.7	5.2
2010	5.8	5.8	5.0	2.6	-0.7	-2.0	-4.2	-2.4	0.3	2.7	1.9	5.0
MEDIA	4.9	4.9	4.4	3.0	0.2	-1.7	-2.3	-1.0	1.3	3.0	3.7	4.5

(SENAMHI-PUNO).

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA - SENAMHI - PUNO

ESTACION ARAPA - HUMEDAD RELATIVA (%)

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	50	70	61	61	55	49	48	43	47	46	51	61
1965	73	72	75	68	58	62	62	60	64	63	69	71
1966	73	76	76	65	50	41	39	35	40	53	54	55
1967	48	64	69	50	54	37	42	51	57	63	34	62
1968	62	68	65	53	43	43	48	41	44	61	57	50
1969	65	63	57	54	48	53	55	59	44	48	45	44
1970	60	60	65	61	47	46	45	40	56	55	52	72
1971	67	73	61	57	50	59	66	49	39	40	42	58
1972	67	62	65	53	43	44	46	40	45	41	49	51
1973	70	65	65	62	50	42	42	41	54	47	46	52
1974	67	60	60	57	37	37	38	52	41	44	36	52
1975	61	69	64	54	57	51	64	41	51	45	43	62
1976	76	72	67	63	46	45	39	42	49	34	34	50
1977	54	75	71	57	44	39	41	32	45	44	57	56
1978	66	65	60	59	40	39	41	47	46	44	60	66
1979	67	66	68	61	51	46	44	51	47	54	54	62
1980	64	68	71	59	54	48	46	42	54	54	50	48
1981	63	64	66	62	80	65	57	62	57	59	60	66
1982	68	68	69	65	64	60	50	60	64	65	68	65
1983	68	73	68	71	65	61	57	66	71	70	69	69
1984	75	78	75	72	70	66	69	74	71	70	72	76
1985	79	77	65	75	74	75	69	72	72	67	76	63
1986	60	76	76	63	68	56	64	67	71	60	74	65
1987	64	57	58	51	40	48	49	63	50	53	72	67
1988	68	62	74	66	55	46	61	60	50	49	42	57
1989	62	62	65	63	60	49	60	52	51	44	40	47
1990	64	56	60	56	47	49	37	41	41	50	57	50
1991	62	69	70	69	57	44	41	60	43	53	52	50
1992	63	62	56	54	42	39	33	45	33	41	81	53
1993	65	56	68	64	51	42	36	37	37	45	52	58
1994	63	70	64	57	48	34	44	35	42	40	52	54
1995	58	54	66	46	41	37	36	35	45	36	48	56
1996	59	61	53	53	35	64	32	48	33	34	45	54
1997	67	70	63	57	43	39	35	39	39	42	46	45
1998	37	58	55	50	32	37	32	33	26	38	79	54
1999	65	73	78	69	57	29	31	28	34	46	26	41
2000	61	66	65	46	35	37	35	34	43	60	40	61
2001	77	71	74	64	59	54	51	48	51	53	54	57
2002	63	76	74	71	62	43	58	54	52	63	58	63
2003	70	71	74	66	57	53	48	48	53	49	54	61
2004	76	70	69	65	48	49	54	55	55	51	51	59
2005	66	72	67	59	49	50	47	44	46	54	56	64
2006	74	70	66	62	48	53	47	49	47	64	62	56
2007	68	64	72	69	63	55	52	43	59	52	55	63
2008	76	69	68	56	52	52	51	49	48	54	51	64
2009	66	71	68	66	53	49	47	46	49	50	58	64
2010		74	71	61	56	52	45	47	47	55	50	74
MEDIA	65	67	67	60	52	48	48	48	49	51	54	58

(SENAMHI-PUNO).

## SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA - SENAMHI - PUNO

## ESTACION ARAPA - PRECIPITACION TOTAL (mm)

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964	116.0	83.5	151.0	54.5	9.0	0.0	0.0	4.7	53.5	28.5	50.5	40.0
1965	121.0	60.4	142.6	40.0	2.0	0.0	3.0	0.5	18.0	22.0	55.6	128.1
1966	77.9	100.1	129.6	15.7	64.7	0.0	0.0	2.5	13.0	33.3	63.2	83.9
1967	58.1	106.0	103.6	5.5	25.0	1.0	18.0	19.6	69.5	65.4	14.2	151.6
1968	112.5	144.3	83.2	16.6	15.4	4.5	9.5	5.9	10.6	50.8	112.5	65.1
1969	99.0	62.7	43.9	40.7	0.0	1.2	9.5	3.7	26.1	21.1	67.2	72.9
1970	161.3	89.4	144.4	77.4	11.5	0.0	0.0	0.2	56.2	45.0	27.1	121.5
1971	121.0	166.3	24.5	35.9	2.8	0.0	0.0	12.6	2.0	35.2	53.1	76.7
1972	171.2	101.6	123.8	37.2	9.9	0.0	1.4	5.1	37.0	36.0	133.7	123.5
1973	201.7	107.6	162.2	85.8	17.3	0.5	5.4	16.4	44.9	38.1	58.0	40.0
1974	228.0	132.8	118.9	35.9	1.7	8.5	1.7	41.6	16.8	44.9	36.7	78.1
1975	164.3	128.0	138.2	24.4	28.7	8.8	0.0	0.0	0.0	2.0	6.7	45.3
1976	164.9	71.4	63.6	12.0	19.4	2.6	4.0	10.8	68.6	0.3	23.4	83.6
1977	95.4	148.5	115.0	7.6	5.6	0.0	3.4	0.0	38.6	68.6	109.4	132.6
1978	196.1	108.8	103.6	45.6	4.2	10.2	0.2	0.0	11.0	23.2	137.2	142.0
1979	173.0	59.6	139.5	113.0	0.2	0.0	0.0	8.4	0.2	112.2	73.6	134.4
1980	212.6	125.2	166.6	28.0	19.0	0.0	25.1	50.4	85.6	71.7	53.8	60.4
1981	172.2	135.9	219.7	80.1	4.0	0.1	0.0	65.1	8.8	83.9	89.4	170.8
1982	167.2	44.6	141.4	63.3	0.4	0.0	0.0	1.8	67.1	93.4	110.5	69.4
1983	52.8	106.5	64.0	46.6	0.0	0.0	0.0	0.0	35.7	36.4	18.7	74.3
1984	200.9	160.3	294.6	38.8	17.3	1.5	0.0	0.0	0.0	74.6	171.3	159.1
1985	301.1	263.3	152.7	75.7	0.0	36.8	0.0	4.7	16.6	20.2	166.1	228.7
1986	110.1	327.8	188.9	67.2	0.0	0.0	2.1	44.8	48.2	69.2	145.8	149.4
1987	137.2	46.9	86.6	22.4	2.8	4.3	22.2	33.3	6.0	38.5	125.4	70.1
1988	164.2	56.9	163.0	127.9	59.4	0.0	0.8	0.0	6.0	58.3	6.6	137.5
1989	116.7	73.9	85.9	75.1	3.9	0.0	11.7	9.2	50.2	24.7	27.2	35.6
1990	113.6	84.4	27.3	19.9	7.0	72.8	0.0	5.5	19.5	105.9	47.0	114.2
1991	148.9	96.1	117.4	31.0	11.5	59.6	1.8	2.3	16.0	37.6	51.8	71.7
1992	99.6	64.7	32.8	11.9	0.0	11.0	0.6	86.7	13.3	73.1	58.3	62.0
1993	125.5	73.1	111.7	91.1	11.8	3.5	0.0	19.8	22.0	103.8	74.7	111.6
1994	100.6	154.9	107.5	145.2	8.0	0.4	0.0	3.0	11.9	21.0	72.4	95.5
1995	82.4	122.8	131.5	6.4	4.3	0.0	0.0	0.0	9.0	19.5	80.3	129.6
1996	155.7	38.7	85.8	9.3	13.0	0.0	5.0	4.7	22.5	40.6	46.2	93.1
1997	193.2	129.9	141.8	55.4	2.5	0.0	0.0	18.7	36.8	31.8	107.0	78.9
1998	56.6	107.6	131.6	59.0	0.0	4.3	0.0	1.4	0.9	42.7	72.6	34.4
1999	92.9	91.9	119.0	83.6	5.7	3.6	0.0	0.0	42.3	72.2	52.3	33.1
2000	187.8	102.2	68.0	2.9	15.6	15.6	1.6	27.5	6.4	93.9	11.4	89.9
2001	210.0	209.4	129.4	57.9	27.0	3.2	9.2	9.0	9.6	75.7	45.2	131.7
2002	90.4	198.8	91.7	70.3	47.8	6.5	23.6	20.4	17.7	119.1	54.2	107.3
2003	179.2	82.6	145.8	37.7	7.8	11.4	0.0	3.5	19.2	19.4	59.8	74.6
2004	219.0	144.4	125.4	35.6	8.4	5.6	7.8	17.1	43.8	5.6	57.6	70.6
2005	90.0	154.8	83.8	20.5	1.0	0.0	0.0	5.2	22.8	60.0	68.2	126.8
2006	131.8	42.4	55.2	18.4	0.0	2.6	0.0	1.4	19.0	80.6	67.4	67.6
2007	77.8	48.8	158.8	98.2	15.8	1.8	1.0	1.2	59.8	17.0	68.3	81.8
2008	146.2	74.9	53.0	0.0	8.6	0.4	0.0	0.0	7.6	52.2	156.5	150.8
2009	41.1	139.1	113.0	44.4	0.0	0.0	3.6	0.0	11.6	35.2	82.0	113.5
2010	105.8	181.8	55.4	35.7	10.8	0.0	0.0	0.0	0.0	17.7	16.1	111.4
MEDIA	139.2	113.9	115.7	47.0	11.3	6.0	3.7	12.1	25.6	49.4	69.9	98.4

(SENAMHI-PUNO)



SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA - SENAMHI - PUNO - ESTACION  
ARAPA

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Pmax
1969	16.5	13.0	7.5	14.5	0.0	1.0	8.5	2.5	15.0	6.0	12.0	23.5	23.5
1970	22.0	15.5	36.0	19.0	6.5	0.0	0.0	0.2	19.0	14.5	12.0	11.0	36.0
1971	24.5	27.0	10.0	20.9	1.4	0.0	0.0	6.4	2.0	11.4	14.5	13.5	27.0
1972	32.0	28.0	33.5	19.0	7.9	0.0	1.0	2.8	14.0	13.0	24.0	20.0	33.5
1973	34.1	26.9	24.2	17.0	7.0	0.3	3.6	5.7	16.0	11.0	25.0	11.0	34.1
1974	31.0	19.2	27.2	13.0	1.0	7.0	1.4	6.8	6.0	10.3	21.0	13.3	31.0
1975	24.0	15.2	28.5	6.0	7.3	8.0	0.0	0.0	0.0	2.0	4.0	20.0	28.5
1976	16.3	17.6	10.2	5.4	6.4	2.4	2.2	9.2	20.0	0.2	8.2	30.2	30.2
1977	26.0	23.4	22.2	4.2	3.4	0.0	2.2	0.0	15.0	10.8	31.6	26.8	31.6
1978	25.0	20.4	16.8	19.8	4.2	5.4	0.2	0.0	9.8	14.8	25.4	26.8	26.8
1979	15.4	12.6	26.6	26.6	0.2	0.0	0.0	8.4	0.2	26.4	23.8	19.2	26.6
1980	29.2	31.8	28.4	13.2	14.2	0.0	25.1	20.5	14.5	11.8	17.9	14.4	31.8
1981	18.0	24.2	22.8	18.8	4.0	0.1	0.0	14.4	8.0	20.4	23.2	41.0	41.0
1982	24.4	28.6	22.8	15.8	0.4	0.0	0.0	1.8	14.4	20.6	27.4	20.4	28.6
1983	17.0	26.9	18.8	26.6	0.0	0.0	0.0	0.0	10.5	14.2	18.3	13.6	26.9
1984	30.3	13.8	50.2	22.2	10.5	0.8	0.0	0.0	0.0	21.8	25.2	22.5	50.2
1985	25.3	32.9	24.2	16.8	0.0	36.8	0.0	4.7	8.7	8.6	24.1	38.9	38.9
1986	19.8	28.0	23.0	12.2	0.0	0.0	1.4	25.7	10.5	27.4	21.2	25.5	28.0
1987	18.9	23.2	17.0	7.9	1.1	2.7	13.0	20.3	3.7	11.5	18.4	12.2	23.2
1988	18.0	10.1	29.0	48.5	33.9	0.0	0.8	0.0	3.1	16.5	2.9	28.1	48.5
1989	27.8	11.6	20.0	18.5	2.8	0.0	4.1	2.8	22.0	7.5	6.0	11.0	27.8
1990	24.0	34.4	9.6	6.1	2.9	33.2	0.0	2.7	11.0	30.1	6.8	26.5	34.4
1991	18.8	19.8	13.4	14.9	4.8	28.6	1.8	2.3	13.0	14.7	17.6	18.7	28.6
1992	17.8	9.0	11.7	5.6	0.0	11.0	0.6	53.6	7.6	19.6	13.1	14.0	53.6
1993	22.5	29.0	37.2	27.9	4.8	3.4	0.0	8.9	11.0	53.3	10.9	46.7	53.3
1994	24.0	22.0	17.5	21.2	6.0	0.4	0.0	3.0	4.3	11.5	14.8	21.0	24.0
1995	19.6	22.6	25.4	1.8	2.4	0.0	0.0	0.0	9.0	11.8	24.2	24.5	25.4
1996	21.7	6.2	14.0	3.5	11.0	0.0	0.0	2.8	17.2	11.8	11.0	24.3	24.3
1997	17.0	15.1	26.0	13.8	2.4	0.0	0.0	7.5	14.2	12.9	20.8	13.8	26.0
1998	7.4	28.0	49.6	29.2	0.0	2.3	0.0	1.4	0.9	12.2	16.5	16.8	49.6
1999	11.2	18.5	13.8	21.7	3.5	3.6	0.0	0.0	12.8	17.0	18.7	13.8	21.7
2000	24.6	27.7	10.2	1.8	11.8	8.8	1.6	10.2	5.2	22.6	6.0	12.2	27.7
2001	32.0	31.0	18.0	33.6	10.2	3.2	5.0	3.2	4.0	24.0	12.2	26.2	33.6
2002	23.4	35.6	17.9	18.8	22.4	6.5	6.0	8.0	9.2	30.6	12.0	24.2	35.6
2003	22.0	31.0	40.0	11.0	6.8	11.4	0.0	2.5	13.0	5.0	33.2	17.8	40.0
2004	25.0	27.8	40.8	9.8	5.0	3.0	3.2	10.4	11.0	4.6	20.2	15.2	40.8
2005	19.0	22.6	30.0	7.2	1.0	0.0	0.0	2.6	10.4	16.0	15.0	26.8	30.0
2006	22.0	8.2	13.0	6.6	0.0	2.6	0.0	1.4	9.2	14.6	21.0	22.4	22.4
2007	12.4	13.0	17.0	25.4	5.4	1.8	1.0	1.2	16.5	7.4	31.2	16.4	31.2
2008	22.4	35.4	13.0	0.0	8.0	0.4	0.0	0.0	3.0	19.4	18.0	39.2	39.2
2009	12.1	35.1	34.0	12.0	0.0	0.0	3.6	0.0	6.2	12.2	19.5	28.5	35.1
2010	22.2	38.6	15.7	10.2	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	11.1	28.2	38.6
2011	17.7	18.8	12.0	15.0	5.9	4.0	2.3	5.7	9.7	14.6	17.3	21.7	21.7

(SENAMHI-PUNO)

# PANEL FOTOGRAFICO



**Fotografía N° 01 lugar de trabajo de investigación.**



**Fotografía N° 02 haciendo un inventariado.**



**Fotografía N° 03 Trabajos de Aforo en Ojos de Agua N° 01 –  
MANANTIALES con el método volumétrico.**



**Fotografía N° 04 Trabajos de Aforo en Ojos de Agua N°02 -  
MANANTIALES**





**Fotografía N° 05 Trabajos de Aforo en Ojos de Agua N° 03 -  
MANANTIALES**



**Fotografía N° 06 Trabajos de Aforo en Ojos de Agua N°04 -  
MANANTIALES**



**Fotografía N° 07 Vista Panorámica Del Rio Chejoja Mayo**



**Fotografía N° 08 Vista Panorámica Del Riachuelo.**













**DIRECCION REGIONAL DE SALUD - PUNO**



J. José Antonio Echevarría M.S. 145 - Puno - Tel: 0811-550651 - 04 05 1472220  
 e-mail: j.antonio@disg.gob.pe

**RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUA**  
**INFORME N° 2701/2012**

**SOLICITANTE**  
 : MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ARAPA,  
 MANANTIAL LADERA, CHULLUNQUIAN.

**PUNTOS DE MUESTREO**  
 : APROX. 1000 ml.

**VOLUMEN DE MUESTRA**  
 : 16.08.2012

**FECHA DE RECEPCION**  
 : 16.08.2012

**FECHA DE ANÁLISIS**  
 : COMUNIDAD LLACHARAP, GRANDE, DIST. ARAPA, PROV. AZANGARO-PUNO.

**LUGAR**  
 : MUESTRA RECIBIDA EN EL LABORATORIO.

**REFERENCIA**

**RESULTADOS**


PARAMETROS	METODO ANALITICO	MUESTRA N°01
ASPECTO	INSPECCION FISICA	MANANTIAL LADERA, CHULLUNQUIAN, COM. LLACHARAP, GRANDE
COLOR (PCU)	COLOMETRICO	UBICACION GEOGRAFICA S. 8082.23, UTM-WGS 84
TURBIDEZ (NTU)	TURBIDIMETRO	E 730111 - 471, man. Altitud
TEMPERATURA EN LAB. (°C)	TERMOESTABILIDAD	REGION
PH	POTENCIOMETRICO	PROVINCIA
TOTAL DE SÓLIDOS DISUELTOS (TDS)	CONDUCTIVIMETRO	0.02
CONDUCTIVIDAD (µS/cm)	TURBIDIMETRO	17.3
PUREZA TOTAL COMO CALCIO (mg/l)	POTENCIOMETRICO	0.21
ALCALINIDAD TOTAL COMO CALCIO (mg/l)	CONDUCTIVIMETRO	10.7
CLORUROS COMO Cl <sup>-</sup> (mg/l)	TURBIDIMETRO	21.6
SULFATOS COMO SO <sub>4</sub> (mg/l)	POTENCIOMETRICO	10.2
CLORO RESIDUAL LIBRE (mg/l)	TURBIDIMETRO	21.2
	CLORIMETRO	4.3
	CALORIMETRO	N.D.
		0

Puno, Siempreviva 07, de 2012.



00071





**DIRECCION REGIONAL DE SALUD - PUNO**  
Al. Juan Antonio Encinas 145-168 - Puno - Tel: (051) 861151 - Cel: (051) 992276  
e-mail: altiplano125@minsa.gob.pe

**RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUA**  
**INFORME N° 271/2012**

**SOLICITANTE**  
PUNTOS DE MUESTREO  
VOLUMEN DE MUESTRA  
FECHA DE RECEPCION  
FECHA DE ANÁLISIS  
LUGAR  
REFERENCIA  
**RESULTADOS:**

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ARAPA.  
MANANTIAL LADERA CHULLUNQUANI.  
APROX. 1000 ml.  
16.08.2012  
16.08.2012  
COMUNIDAD LLACHARAPI GRANDE, DIST. ARAPA, PROV. AZANGARDO-PUNO  
MUESTRA RECIBIDA EN EL LABORATORIO


  

N.O	PUNTOS DE MUESTREO	LUGAR	METODO ANALITICO	RESULTADOS	
				COLIFORMES Totales (35 °C)	COLIFORMES Termotolerantes (44.5 °C)
01	MUESTRA N°02, MANANTIAL (LADERA) CHULLUNQUANI, COM. LLACHARAPI GRANDE UBICACIÓN GEOGRAFICA: S 8328125 UTM-WGS-84 E 378111 4211 msnm. Altitud	DIST. ARAPA	NMP/100 ml.	< 1.8 NMP/100 ml.	< 1.8 NMP/100 ml.

**OBSERVACIONES:** La muestra de agua, se encuentran dentro de los límites permisibles para consumo humano, según las normas de OMS, se recomienda realizar desinfección periódicamente.

**DOMDE:** < 1.1 = Significa Ausencia.  
NMP/100 ml = Numero Mas Probable por cien mililitros.

**METODO DE ENSAYO:** NUMERACIÓN COLIFORMES TOTALES, COLIFORMES FECALES Y COLIFORMES ESTANDARIZADO DE TODOS MULTIPLES, APHA, ANWA, WEF Por.9218 E. 21th ed. 2005  
Puno, Setiembre 07, del 2012.



**DIRECCION REGIONAL DE SALUD - PUNO**  
CIRCUITO BARRIO SAN JUAN DE LOS RIOS  
CALLE 12 DE OCTUBRE N° 100  
PUNO - PERU

**DIRECTOR**  
Ing. República Bordin-Sacaca  
Subdirector General de Salud Pública  
PUNO - PUNO

00069

## I. AFORO POR METODO FLOTADOR

### 1.1. Definición.

Aforo El conocimiento de la variación del caudal que fluye por una determinada sección de un cauce natural es de suma importancia en los estudios hidrológicos, y específicamente si es para obras que requieran el balance hídrico. De acuerdo con la calidad y la cantidad de los registros de caudales necesarios en un estudio hidrológico, las mediciones se pueden hacer de una manera continua o permanente o de una manera puntual o instantánea. Para la elaboración de la presente Tesis denominada “DIAGNOSTICO DE LOS RECURSO HIDRICOS Y PROPUESTA DE UN PLAN DE USO DEL AGUA EN LA COMUNIDAD LLACHARAPI GRANDE – ARAPA” Las mediciones son aisladas, puntuales o instantáneas, se realizan en determinados momentos en que se desee conocer la magnitud de una corriente en particular.

### **1.2. Objetivo.**

- Identificar, estimar, y evaluar el Caudal instantáneo de las quebradas contenidas para la Propuesta de proyecto.

### **1.3. Materiales.**

- Un flotador superficial esféricos (5cm de radio)
- Un flotador sub superficial (botella de 500 ml)
- Cinta métrica (5m)
- Un cronometro
- Cuaderno de apuntes
- Un lápiz
- Calculadora
- Barra métrica (para medir la profundidad)

### **1.4. Procedimientos.**

Aforo con flotadores simples:

Son los más sencillos de realizar, pero también son los más imprecisos; por lo tanto, su uso queda limitado a situaciones donde no se requiera mayor

precisión. Con este método se pretende conocer la velocidad media de la sección para ser multiplicada por el área, y conocer el caudal, según la ecuación de continuidad.

$$Q = \text{velocidad} * \text{área}$$

Para la ejecución del aforo se procede de la siguiente forma. Se toma un tramo de la corriente de longitud L; se mide el área A de la sección, y se coloca uno de los flotadores aguas arriba de primer punto de control (punto P1), y al momento de lanzar el flotador a la corriente se inicia control del tiempo que tarda en desplazarse desde el punto P1 hasta el punto de control corriente abajo (punto P2).

La velocidad superficial de la corriente, V, se toma igual a la velocidad del cuerpo flotante y se calcula mediante la relación entre el espacio recorrido L, y el tiempo de viaje t.

$$V = \frac{L}{t}$$

- a) Ubicación de los Manantiales
- b) Ubicación del tramo/manantial
- c) Medición del tramo y sección del riachuelo

## 1.5. Resultados.

### 1.5.1. CALCULO DE CAUDAL DE AGUA – METODO FLOTADOR.

### A) MANANTIAL 01: HUANCARANI

DISTANCIA DEL TRAMO = 2.5 m

- Cálculo de la velocidad:

$$V = \frac{L}{T}$$

- Cálculo del área:

$$\text{Área del trapecio} = \frac{(B+b)}{h} * 2$$

$$A_1 = \frac{(0.30 + 0.19)}{2} * 2 = 0.49$$

$$A_2 = \frac{(0.19 + 0.165)}{2} * 2 = 0.355$$

$$A_3 = \frac{(0.165 + 0.14)}{2} * 2 = 0.305$$

$$A_4 = \frac{(0.14 + 0.133)}{2} * 2 = 0.273$$

$$A_5 = \frac{(0.133 + 0.115)}{2} * 2 = 0.248$$

$$A_T = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 = 1.671 \text{ m}^2$$

- Cálculo del caudal Q:

$$Q = AV$$

Caudal superficial

$$Q_1 = 1.671 \text{ m}^2 * 0.48 \text{ m/s} = 0.80 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 800 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

**B) MANANTIAL 01: SAN BARTOLOME DE CHULLUNKIANI**

DISTANCIA DEL TRAMO = 2.5 m

- Cálculo de la velocidad:

$$V = \frac{L}{T}$$

- Cálculo del área :

$$\text{Área del trapecio} = \frac{(B+b)}{2} * Z$$

$$A_1 = \frac{(0.15 + 0.50)}{2} * 1.50 = 0.4875$$

$$A_2 = \frac{(0.50 + 0.60)}{2} * 2.00 = 1.10$$

$$A_3 = \frac{(0.60 + 0.14)}{2} * 1.50 = 0.555$$

$$A_T = A_1 + A_2 + A_3 = 2.1425 \text{ m}^2$$

- Cálculo del caudal Q

$$Q = AV$$

Caudal superficial

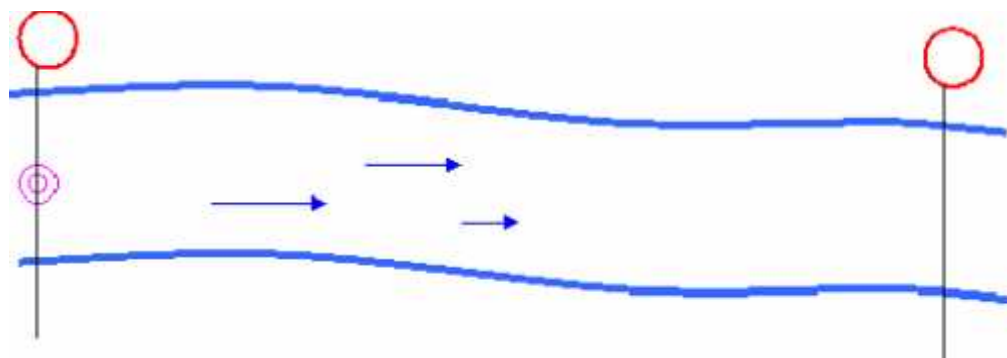
$$Q_1 = 2.14 \text{ m}^2 * 0.56 \text{ m/s} = 1.20 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 1200 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$



**1.6. Conclusiones y Resultados.**

Por la metodología empleada, y considerarse por ser menos precisa, cabe mencionar que se han elaborado hasta 5 repeticiones para cada tramo en cada manantial, resumiéndose los resultados en el siguiente cuadro:

AFORO POR FLOTADORES	TIEMPO CRONOMETRO	AREA TRANSVERSAL	DISTANCIA	V=L/T	Q=AxV
MANANTIAL HUANCARANI	7.31	1.67	3.50	0.48	0.80
MANATIAL CHULLUNKIANI	6.25	2.14	3.50	0.56	1.20



**II. AFORO POR METODO VOLUMETRICO**

**2.1. Definición.**

AFORO VOLUMÉTRICO. Este método se ha venido empleando por su gran precisión, en aforo de caudales de pequeños cursos de agua.

## 2.2. Objetivo.

- Identificar, estimar, y evaluar el Caudal instantáneo de las quebradas contenidas para la Propuesta de proyecto.

## 2.3. Materiales.

- Un balde (18.5 litros)
- Un cronometro
- Un grifo o corriente de agua
- Un cuaderno de apuntes
- Un lápiz

## 2.4. Procedimientos.

### a) Ubicación del grifo o corriente de agua:

Se procedió a la ejecución del aforo del caudal, abriendo los grifos a su máxima presión; Tomar el tiempo usando un cronometro, mediante el cual se obtuvo un tiempo de 50.3 segundos.

## 2.4. Resultados.

### 2.5.1. CALCULO DE CAUDAL DE AGUA – METODO VOLUMETRICO.

#### A) MANANTIAL HUANCARANI

$$Q = \frac{V}{T}$$
$$Q = \frac{18l}{22.50s} = 0.80 \frac{l}{s}$$

#### B) MANANTIAL SAN BARTOLOME DE CHULLUNKIANI.

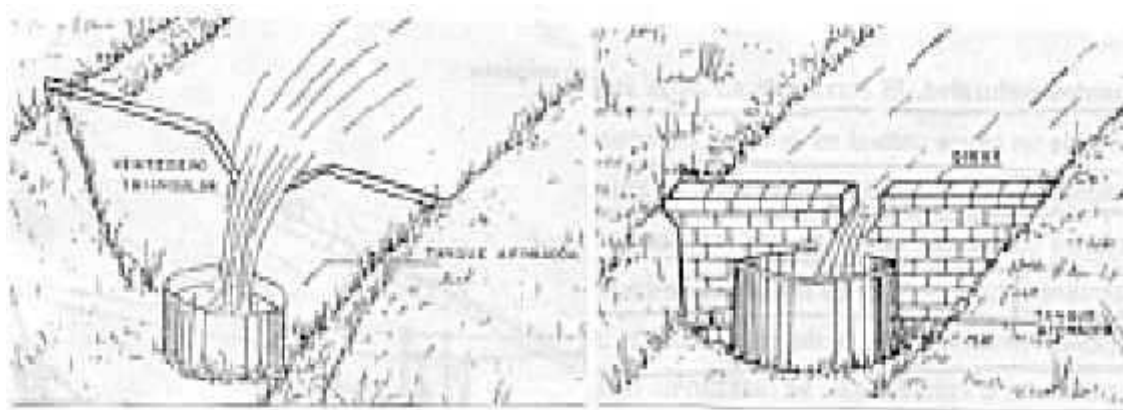
$$Q = \frac{V}{T}$$

$$Q = \frac{18l}{15 s} = 1.20 \frac{l}{s}$$

**2.5. Conclusiones.**

Para el Presente aforo se ha tenido en cuenta la ubicación óptima del grifo de la escorrentía, o curso del riachuelo para que nuestros resultados tengan mayor precisión en sus resultados.

AFORO POR FLOTADORES	TIEMPO CRONOMETRO	AREA TRANSVERSAL	DISTANCIA	V=L/T	Q=AxV
MANANTIAL HUANCARANI	7.31	1.67	3.50	0.48	0.80
MANATIAL CHULLUNKIANI	6.25	2.14	3.50	0.56	1.20



**CALCULO DE LA DEMANDA DE AGUA  
METODOLOGIA CROPWAT**

## I. CALCULO DE LA DEMANDA DE AGUA PARA LA COMUNIDAD DE LLACHARAPI GRANDE

### 2.6. Formación de la cedula de cultivo

### 2.7. Para cultivos de:

✓ ALFALFA.

a) Distribución del cultivo.

b) Determinación de ETo.

Métodos para estimas la ETo:

✓ Método de Cropwat.

c) Obtención de valores Kc método FAO.

d) Determinación del agua en el proyecto para el diseño del canal.

## II. OBJETIVOS:

e) Calcular la demanda de Agua del cultivo.

f) Obtener los cálculos de ETc por El método Método de Cropwat.

g) Obtener Kc para cada uno de los cultivos mensuales para el cultivo de alfalfa.

h) Determinación la cedula de cultivo y calendario del riego.

i) Diseño de reservorio.

## III. INTRODUCCION:

✓ Evapotranspiración (ET), engloba el proceso de transferencia de agua a la atmosfera tanto por acción de las plantas como por evaporación directa del suelo.

- Thornthwaite y Penman (1948) definen el concepto de evapotranspiración potencial (ETp)

- El concepto de la evapotranspiración real (ETp) se maneja como otra forma de cálculo más próximo a las condiciones de campo.

- Doorenbos y Pruitt (1975 y 1977) define la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>).
  - Allen et al (1994) proponen una nueva definición de la ET<sub>o</sub> y exponen los nuevos objetivos a cubrir en las investigaciones sobre este tema.
  - Thornhwaite introduce en la ecuación el factor temperatura y la insolación pero no considera tipo de superficie ni transpiración.
  - Penman considera tanto la fuente de energía (radiación) como el transporte del vapor de agua a partir de una superficie. No considera transpiración.
  - Método de Penman modificado (Penman-Monteith, 1963) considera una resistencia del cultivo (resistencia estomática) y una resistencia aerodinámica, ambos términos se agrupan en el término conocido como coeficiente de cultivo.
  - Allen et al (1994) propone un criterio unificador suponiendo un cultivo hipotético de referencia con una condiciones aerodinámicas fijas.
- ✓ ET<sub>p</sub>. Es la evapotranspiración que se produciría si se cumpliesen dos hipótesis: que existe un desarrollo vegetativo óptimo y que la humedad del suelo coincide con su capacidad de campo.
- ET máximo (ET<sub>m</sub>) viene determinado por el clima y el desarrollo de las plantas cuando están bien abastecidas de agua. ET<sub>p</sub>-ET<sub>m</sub> es una medida de la resistencia de la cubierta vegetal.
- ✓ ET<sub>r</sub>, representa lo que realmente vuelve a la atmósfera por evapotranspiración e las condiciones reales del área. Esta depende de la cantidad de agua disponible para evaporarse.
- La relación entre ET<sub>r</sub>/ET<sub>p</sub> se ha utilizado como parámetro para cuantificar el riego en función de la demanda.

- ✓ ETo. Denominada evapotranspiración del cultivo de referencia o evapotranspiración de referencia, de unos 8 a 12 cm de altura, bien desarrollada y uniforme, que cubre totalmente el suelo tiene un crecimiento activo, estando siempre bien regado (Pruitt y Doorebos, 1977).
  - Adoptado por la FAO en su guía para las Necesidades Hídricas de los Cultivos.
  - Las características y dificultades de este método propicio que la FAO junto a la Comisión Internacional de Riego y Drenaje (1990) definieron el concepto de cultivo hipotético de referencia. Este concepto se adapta muy bien a la ecuación de referencia. Este concepto se adapta muy bien a la ecuación de Penman- Monteith.
  - Allen et al (1994), define la ETo como la tasa de evapotranspiración de un hipotético de referencia que tiene una altura uniforme de 0.12m de altura, una resistencia de superficie del cultivo a la transferencia de vapor de 70 s/m y una albedo de 0.23.
  
- ✓ ETc, denominada uso consuntivo del cultivo se expresa mediante la tasa de evaporación y transpiración (ETc) [mm/día] o [mm/mes] de un cultivo libre de enfermedades que crecen en un campo extenso, en condiciones óptimas de suelo, fertilidad y suministro de agua.
- ✓ La cual depende además de los factores del clima que afectan a la evaporación (temperatura, humedad del aire, el régimen del viento y la intensidad de la radiación solar), de las características fisiológicas de la cobertura vegetal y de la disponibilidad de agua en el suelo para satisfacer la demanda hídrica de la planta.

#### IV. FUNDAMENTOS TEORICOS

### a) PLANIFICACION DEL RIEGO

El agricultor, antes de planificar su sistema de riego o de determinar las necesidades de riego de sus cultivos, es decir antes del planeamiento, diseño, instalación, operación y mantenimiento y evaluación del sistema de riego, se enfrenta a las siguientes interrogantes:

Por qué regar? : Qué beneficios pretende obtener del riego?

Cuánto regar? :Cuál es la dosis de agua de riego por aplicar?

Cuando regar? :Cuál es el momento oportuno de riego?

Cómo regar? :Cuál método de riego seleccionar?

La adecuada respuesta a estas preguntas permitirá hacer uso racional y eficiente del agua y se evitara riegos en exceso o en deficiencia.

### b) EFICIENCIA DE RIEGO

Es un indicador de cómo estamos manejando el agua, así tenemos en nuestra zona del proyecto, de acuerdo a la textura del terreno, los medios climáticos, y para nuestro tipo de cultivo como es la alfalfa:

Eficiencia de Conducción: De la cantidad de agua captada en la fuente, qué cantidad llega a la zona de riego. (95%).

Eficiencia de Distribución: Del agua tomada del canal principal, qué cantidad llega a la parcela de riego (80 %).

Eficiencia de Aplicación: De la cantidad de agua aplicada al suelo, qué cantidad queda almacenado para ser utilizado por la planta. Depende del método de riego. (40% en riego por gravedad).

Entonces, la eficiencia de riego es: 0.304

$$0.95 \cdot 0.8 \cdot 0.4 \cdot 100\% = 30.4$$

**4.1. CONCEPTOS BÁSICOS:**

**4.2. FORMULACIÓN DE LA CEDULA DE CULTIVO**

**4.3. Factores:**

Para el Uso del CROPWAT, se debe tener información básica de la zona del proyecto, y algunos temas generales, como son:

- Cima: como la temperatura, humedad, radiación solar, velocidad de viento, en otros.
- Suelo: peso específico aparente, peso específico real, porosidad, textura, estructura y humead del suelo.
- Cultivo: Alfalfa, potencia genético.
- Mercado: oportunidad de mercado para satisfacer la demanda.
- Diagnóstico: recurso económico, financiación y mano de obra calificada.

➤ **Distribución del cultivo:**

- **Plantas con el fin de riego y producción**

TABLA DE AREAS DE CULTIVO - ALFALFA				
# PARCELA	AREA	PERIMETRO	LONG LADOS	DESCRIPCION DE PARCELA
PARCELA 1	7347.89 m <sup>2</sup>	362.137 m	58.382 126.678 45.110 24.656 107.312 m	Site 1 TIPO DE CULTIVO: ALFALFA Kc=Ver memoria CROPWAT

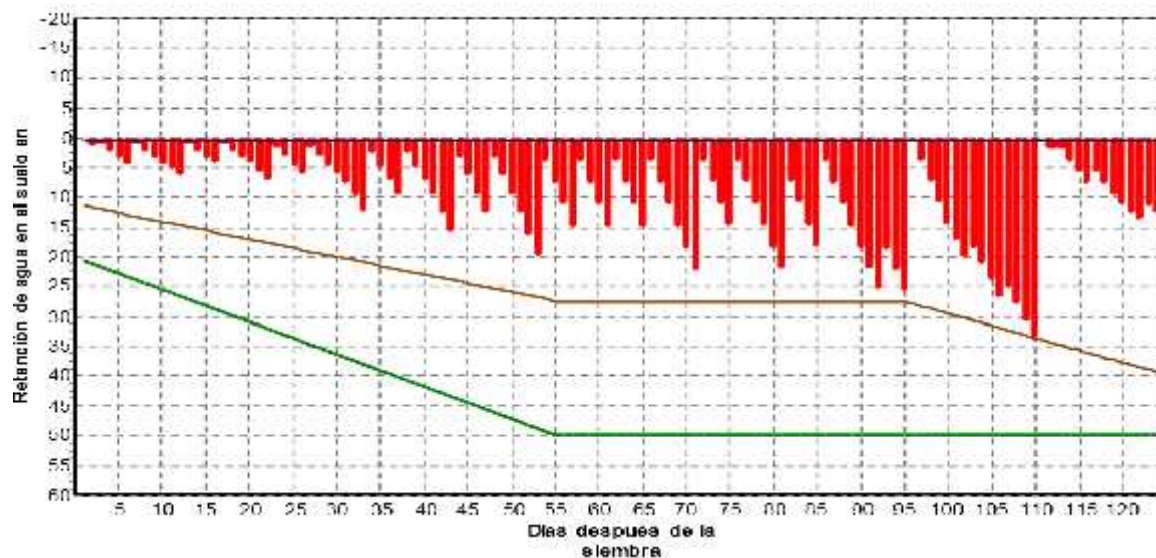


PARCELA 2	6779.85 m <sup>2</sup>	359.376 m	52.382 122.481 55.807 128.706 m	Site 1 TIPO DE CULTIVO: ALFALFA Kc=Ver memoria CROPWAT
PARCELA 3	10088.02 m <sup>2</sup>	418.462 m	137.527 104.515 105.517 70.903 m	Site 1 TIPO DE CULTIVO: ALFALFA Kc=Ver memoria CROPWAT
PARCELA 4	8888.53 m <sup>2</sup>	420.732 m	94.443 112.915 92.700 120.675 m	Site 1 TIPO DE CULTIVO: ALFALFA Kc=Ver memoria CROPWAT
PARCELA 5	8334.98 m <sup>2</sup>	363.450 m	75.477 54.360 50.417 35.656 49.731 44.776 53.034 m	Site 1 TIPO DE CULTIVO: ALFALFA Kc=Ver memoria CROPWAT
PARCELA 6	12775.86 m <sup>2</sup>	459.049 m	116.063 46.111 73.517 128.037 73.774 21.547 m	Site 1 TIPO DE CULTIVO: ALFALFA Kc=Ver memoria CROPWAT
PARCELA 7	19672.56 m <sup>2</sup>	567.679 m	109.257 173.224 96.728 43.875 65.925 78.669 m	Site 1 TIPO DE CULTIVO: ALFALFA Kc=Ver memoria CROPWAT
PARCELA 8	13470.36 m <sup>2</sup>	472.244 m	83.578 154.333 75.669 54.132 104.531 m	Site 1 TIPO DE CULTIVO: ALFALFA Kc=Ver memoria CROPWAT
PARCELA 9	25543.44 m <sup>2</sup>	716.485 m	270.519 75.594 245.329 125.044 m	Site 1 TIPO DE CULTIVO: ALFALFA Kc=Ver memoria

				CROPWAT
PARCELA 10	7737.96 m <sup>2</sup>	354.382 m	54.478 39.310 79.385 107.132 74.077 m	Site 1 TIPO DE CULTIVO: ALFALFA Kc=Ver memoria CROPWAT
PARCELA 11	11830.81 m <sup>2</sup>	611.532 m	257.638 60.366 85.446 58.124 109.501 40.457 m	Site 1 TIPO DE CULTIVO: ALFALFA Kc=Ver memoria CROPWAT
PARCELA 12	10962.25 m <sup>2</sup>	481.579 m	76.259 95.793 48.490 71.448 71.070 71.210 47.308 m	Site 1 TIPO DE CULTIVO: ALFALFA Kc=Ver memoria CROPWAT
PARCELA 13	13446.13 m <sup>2</sup>	473.935 m	127.931 6.891 20.008 12.156 62.110 149.867 94.972 m	Site 1 TIPO DE CULTIVO: ALFALFA Kc=Ver memoria CROPWAT
PARCELA 14	4429.49 m <sup>2</sup>	276.376 m	52.628 78.747 57.343 87.658 m	Site 1 TIPO DE CULTIVO: ALFALFA Kc=Ver memoria CROPWAT
PARCELA 15	17664.59 m <sup>2</sup>	538.955 m	135.293 148.822 105.889 148.952 m	Site 1 TIPO DE CULTIVO: ALFALFA Kc=Ver memoria CROPWAT
<b>TOTAL</b>	<b>178972.72 m<sup>2</sup> = 17.897 ha</b>			

## CALENDARIO DE RIEGO (ver memoria de cálculo CROPWAT)

GRÁFICO DE PROGRAMACIÓN DE RIEGO



LEYENDA	
	AGUA DISPONIBLE TOTAL (ADT)
	AGUA FACILMENTE APROVECHABLE (AFA)
	AGOTAMIENTO O ESTRÉS HÍDRICO

### 4.3.1. Métodos Indirectos O De Fórmulas Empíricas.

La mayoría de los métodos indirectos para estimar la ETo emplean fórmulas, las cuales reflejan los procesos físicos del clima, o fórmulas aproximadas desarrolladas por métodos de regresión sobre resultados de la experimentación.

Algunos métodos, tales como el de Blaney-Criddle o el de Hargreaves, relacionan la ETo a factores geográficos y climáticos, mientras que otros como la fórmula de Penman se basan sobre el conocimiento de los procesos físicos de la evapotranspiración.

### METODOLOGÍA CROPWAT.

- 4 CROPWAT 8.0 para Windows es un programa de computación que puede ser usado para el cálculo de los requerimientos de agua de los cultivos y de sus requerimientos de riego en base a datos climáticos y de cultivo ya sean

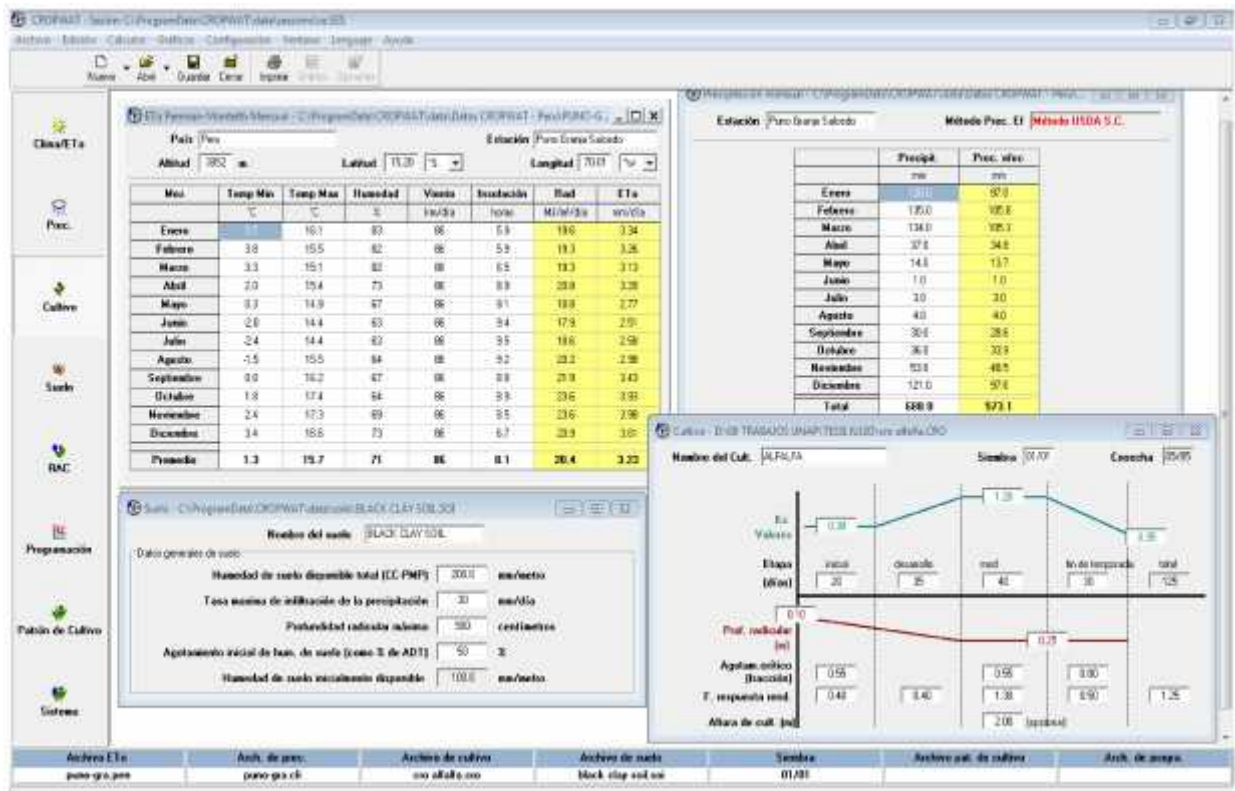
existentes o nuevos. Además, el programa permite la elaboración de calendarios de riego para diferentes condiciones de manejo y el cálculo del esquema de provisión de agua para diferentes patrones de cultivos.

La presente versión de Windows se basa en las versiones en sistema DOS del CROPWAT 5.7 de 1992 y CROPWAT 7.0 de 1999. Además de una interfase con el usuario completamente rediseñada, CROPWAT 8.0 para Windows incluye una serie de características nuevas y actualizadas.

Estas características incluyen: entrada de datos climáticos en versión mensual, decadiarios y diaria para el cálculo de la ETo,

- Posibilidad de estimar los datos climáticos en caso de no contar con los valores medidos
- Cálculos diarios y decadiarios de los requerimientos de agua del cultivo basados en algoritmos de cálculo actualizados incluido el ajuste de los valores del coeficiente de cultivos.
- Cálculo de las necesidades de agua de cultivos y la programación de riego para los cultivos..
- Programaciones de riego ajustables e interactivas con el usuario
- Tablas de balances diarios de agua en el suelo

Todos los procedimientos de cálculo, tal como se utilizan en CROPWAT 8.0 se basan en las directrices de la FAO tal como se establece en la publicación No 56 de la Serie Riego y Drenaje de la FAO "Evapotranspiración del Cultivo - Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos".



Fuente: Tesista; Bach Ing Julio Cesar MUNUICO PAYE (memoria de cálculo se anexa al presente estudio)

### 4.3.2. COEFICIENTE DEL CULTIVO (Kc)

El Coeficiente de Evapotranspiración del Cultivo (Kc), expresa la relación entre el uso consuntivo de los cultivos en consideración (ETc) y la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo).

$$K_c = \frac{ET_c \text{ mm/día}}{ET_o \text{ mm/día}}$$

- Kc : Coeficiente del cultivo
- ETc : Evapotranspiración del Cultivo, [mm/día]
- ETo : Evapotranspiración del cultivo de referencia [mm/día]

Dichos coeficientes se determinan empíricamente comparando al uso consuntivo del cultivo (ETc) con el del cultivo de referencia, bajo idénticas condiciones, de acuerdo a las características del cultivo y de las fases de su desarrollo.

Se representa los valores de Kc típico de un cultivo anual, donde dicha relación no es constante durante las fases de su desarrollo: inicialmente Kc es bajo, con el desarrollo vegetativo de las plantas Kc aumenta hasta alcanzar un máximo; posteriormente y con la senectud del cultivo, su valor disminuye.

También se puede determinar los valores de Kc, siguiendo la metodología propuesta por la FAO, para cultivos anuales, cultivos forrajeros y para los frutales, reportados en algún caos en tablas generalizadas. Para el primer caso, la FAO divide el ciclo de vida de los cultivos en cuatro etapas:

- Primera Etapa : Etapa inicial o de establecimiento del cultivo,
- Segunda Etapa : Etapa de rápido desarrollo del cultivo.
- Tercera Etapa : Etapa de mediados de la temporada o de máximo uso consuntivo.
- Cuarta Etapa : Etapa de maduración y cosecha.

CUADRO Nº 16.-CEDULA DE CULTIVO - CRONOGRAMA MENSUAL SIN PROYECTO

CULTIVO DE REFERENCIA	Periodo vegetativo (días)	Total Area (Has)	Meses											
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Alfalfa	Permanente	17.89	17.89	17.89	17.89	17.89	17.89	17.89	17.89	17.89	17.89	17.89	17.89	17.89
otros	Permanente	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Alfalfa		22.89	22.89	22.89	22.89	22.89	22.89	22.89	22.89	22.89	22.89	22.89	22.89	22.89

Fuente. Comision de usuarios Llacharapi

CUADRO Nº 10.- COEFICIENTE DE RIEGO o Kc DE LOS CULTIVOS SIN PROYECTO

CULTIVO	Area (Has)	Kc											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Alfalfa	17.89	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Kc. Ponderado	17.89	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente. FAO y Junta de Usuarios Llacharapi

CUADRO Nº 11.- COEFICIENTE DE RIEGO o Kc DE LOS CULTIVOS CON PROYECTO

CULTIVO	Area (Has)	Kc											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Palto	22.89	0.75	0.70	0.65	0.60	0.60	0.60	0.65	0.65	0.70	0.70	0.75	0.75
Kc. Ponderado	22.89	0.75	0.70	0.65	0.60	0.60	0.60	0.65	0.65	0.70	0.70	0.75	0.75

Fuente. FAO y Junta de Usuarios Llacharapi

V. DISEÑO DE RESERVORIO CON GEO MEMBRANAS.

**DISEÑO DEL RESERVORIO REVESTIDO CON GEOMEMBRANA**

**PROYECTO : PROPUESTA DE PLAN DE USO DEL AGUA LLACHARAPI**

Estimar L y A	Cálculos Hidráulicos	Ayuda
<b>1.- DATOS:</b>		
Talud (Z)	0.5	
Altura mayor del agua( h )	1.50 m	(punto de salida)
Borde Libre (bl)	0.30 m	
Caudal de entrada (Qe)	2 l/s	
Ø tubería de descarga	8 Pulg	
Pendiente transversal a L del fondo	1 %	
Ancho del borde de anclaje	0.50 m	
Longitud del Anclaje Subterráneo	0.90 m	
Tiempo de embalse	2.00 h	
<b>2.- DIMENSIONAMIENTO Y CAL. HIDRAULICOS</b>		
Volumen neto de diseño	14 m <sup>3</sup>	
Largo del fondo (L)	2.63 m	
Ancho del fondo (A)	1.97 m	
Area del fondo ( b )	5.18 m <sup>2</sup>	
Area del espejo de agua ( B )	14.32 m <sup>2</sup>	(A nivel máximo de aguas)
Altura menor del agua ( h' )	1.48 m	(a reservorio lleno, debido al pendiente)
Reduc.Volumen por pendiente (Vp)	0.05 m <sup>3</sup>	= Vol. Tronco de pirámide / 2
<b>Volumen Neto calculado</b>	<b>14.00 m<sup>3</sup></b>	= h * ( B + b + √B*b ) / 3 - Vp
Tiempo de embalse (en h y min)	1 h 56min	
Tiempo mínimo de descarga	0 h 3min	
Caudal máximo de descarga	114.35 l/s	
<b>3.- CALCULO DE AREAS</b>		
Longitud de Talud	2.01 m	
Area del Fondo	5.18 m <sup>2</sup>	
Area de taludes	25.75 m <sup>2</sup>	
Area de bordes	9.20 m <sup>2</sup>	
Area de Anclajes	18.36 m <sup>2</sup>	
<b>Area neta geomembrana</b>	<b>58.48 m<sup>2</sup></b>	

Autor: Ing. W. Rios E.

**CALCULOS HIDRAULICOS DEL RESERVORIO**

**1.- CALCULOS DE EMBALSE:**

a.- Tiempo de embalse( te ):

$$te = 1000 \cdot Vn / Q = 1 \text{ h } 56 \text{ min}$$

**2.- CALCULOS DE DESCARGA:**

a.- CAUDAL MAXIMO DE DESCARGA(Qd):

$$Q_d = C_d \cdot A \cdot \sqrt{2gh}$$

Donde: g = gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

A = area del orificio de descarga

Para la descarga por tubería (sección circular):

$$Qd = 0.5067 \cdot Cd \cdot \phi_t^2 \cdot \sqrt{2gh} \quad (\phi_t \text{ en Pulg y } Q \text{ en l/s})$$

Se considera Cd=0.65

Luego el caudal máximo de descarga es: Qd = 114.4 l/s

b.- TIEMPO DE DESCARGA( td ):

$$td = \frac{1}{Cd \cdot A \cdot \sqrt{2g}} \int_0^h Ar \cdot h^{1/2} dh$$

Ar = area reservorio, variable con la altura del agua

Efectuando los cálculos se tiene td = 0 h 3 min



**VI. RESULTADOS METODOLOGIA CROPWAT**

**ETO PENMAN-MONTEITH MENSUAL DATOS**

**País: Perú**

**Estación: Puno Azángaro**

**Altitud: 3852 m.**

**Latitud: 15.20    Longitud: 70.01**

Month	Min Temp	Max Temp	Humidity %	Wind km/day	Sun hours	Rad MJ/m <sup>2</sup> /day	ETo mm/day
February	3.8	15.5	82	86	5.9	19.3	3.26
March	3.3	15.1	82	86	6.5	19.3	3.13
April	2.0	15.4	73	86	8.9	20.8	3.20
May	0.3	14.9	67	86	9.1	18.8	2.77
June	-2.0	14.4	63	86	9.4	17.9	2.51
July	-2.4	14.4	63	86	9.5	18.6	2.58
August	-1.5	15.5	64	86	9.2	20.2	2.98
September	0.8	16.2	67	86	8.8	21.9	3.43
October	1.8	17.4	64	86	8.9	23.6	3.93
November	2.4	17.3	69	86	8.5	23.6	3.98
December	3.4	16.6	73	86	6.7	20.9	3.61

**PRECIPITACION MENSUAL**

**DATOS**

Estación: Puno Azángaro

Método Prec. Ef: Prec. Confiable (fórmula FAO / AGLW):

$$P_{ef} = 0.6 * P_{mes} - 10 \text{ para } P_{mes} \leq 70 \text{ mm}$$

$$P_{ef} = 0.8 * P_{mes} - 24 \text{ para } P_{mes} > 70 \text{ mm}$$

	Rain m	Eff ra m
January	120.	72.
February	135.	84.
March	134.	83.
April	37.	12.
May	14.	0.0
June	1.0	0.0
July	3.0	0.0
August	4.0	0.0
September	30.	8.0
October	36.	11.
November	53.	21.
December	121.	72.
Total	688.	365.



**CULTIVO DATOS (Archivo: untitled) fecha referencial**

**Nombre del Cult.: ALFALFA Siembra: 01/01 Cosecha: 05/05**

Etapa		inicial	Desarro	med	fin	total
Longitud (días)		20	35	40	30	125
Kc Valores		0.30	-->	1.20	0.35	
Prof. radicular (m)		0.10	-->	0.25	0.25	
Agotam.critical		0.55	-->	0.55	0.80	
F. respuesta rend.		0.40	0.40	1.30	0.50	1.25
Altura de cult. (m)				2.00		

**SUELO DATOS**

**Nombre del suelo: BLACK CLAY SOIL (Suelo Arcillo negro) Datos generales de suelo:**

Nombre del suelo: BLACK CLAY SOIL

Datos generales de suelo:

Humedad de suelo disponible total (CC-PM)	200.0	mm/metro
Tasa <u>maxima</u> de infiltración de la <u>precip</u>	30	mm/dia
Profundidad radicular máxima	900	centímetros
Agotamiento inicial de <u>hum.</u> de suelo (cc)	50	%
Humedad de suelo inicialmente disponible	100.0	mm/metro

**REQUERIM. DE AGUA DEL CULTIVO**

**Estación ETo: Puno Granja Salcedo Cultivo: ALFALFA**

**Est. de lluvia: Puno Granja Salcedo Fecha de siembra: 01/01**

Mes	Década	Etapa	Kc	ETc	ETc	Prec. Efec.	Req. Riego
			coef	mm/dí	mm/d	mm/d	mm/d
				a	ec	ec	ec
En	1	Inic	0.30	1.03	10.3	23.7	0.0
e							
Fn	2	Inic	0.30	1.00	10.0	23.4	0.0
Fn	3	Des	0.45	1.49	16.3	25.0	0.0
Fe	1	Des	0.71	2.33	23.3	27.0	0.0
Fe	2	Des	0.96	3.11	31.1	28.6	2.6
Fe	3	Me	1.15	3.69	29.5	28.3	1.2
Ma	1	Me	1.17	3.70	37.0	30.0	7.0
Ma	2	Me	1.17	3.65	36.5	31.0	5.4
Ma	3	Me	1.17	3.67	40.4	22.0	18.4
Abr	1	Fin	1.13	3.57	35.7	10.1	25.6
Abr	2	Fin	0.88	2.81	28.1	1.3	26.8
Abr	3	Fin	0.61	1.86	18.6	0.9	17.7
Ma	1	Fin	0.40	1.18	5.9	0.1	5.8

**PROGRAMACION DE RIEGO DEL CULTIVO.**

**ETo estación: Puno Granja Sal Cultivo: ALFALFA Siembra: 01/01**  
**Est. de lluvia: Puno Granja S Suelo: BLACK CLAY SOIL Cosecha: 05/05**

**Opciones de programación de cultivos**

**Momento: Regar a 100 % agotamiento**

**Aplicación: Reponer a 100 % de capacidad de campo**

**Ef. campo: 70 %**

**Formato de Tabla: Programa. De riego**

Fecha	Día	Etapa	Precipi	Ks	ETa	Agot.	Lám.Net	Déficit	Pérdida	Lam.Br.	Caudal
			mm	fracc.	%	%	m	mm	mm	mm	l/s/ha
6 Abr	96	Fin	24.0	1.00	100	59	29.4	0.0	0.0	42.0	0.05
21 Abr	111	Fin	16.0	1.00	100	71	35.4	0.0	0.0	50.6	0.39
5 May	Fin	Fin	15.0	1.00	0	25					

**TOTALES:**

**Lámina bruta total 108.8 mm Precipitación total 429.5 mm**

Lámina neta		76.	m	Precipitación Efectiva	258.	mm
Pérdida total	riego	0.	m	Pérdida tot.prec.	171.	mm

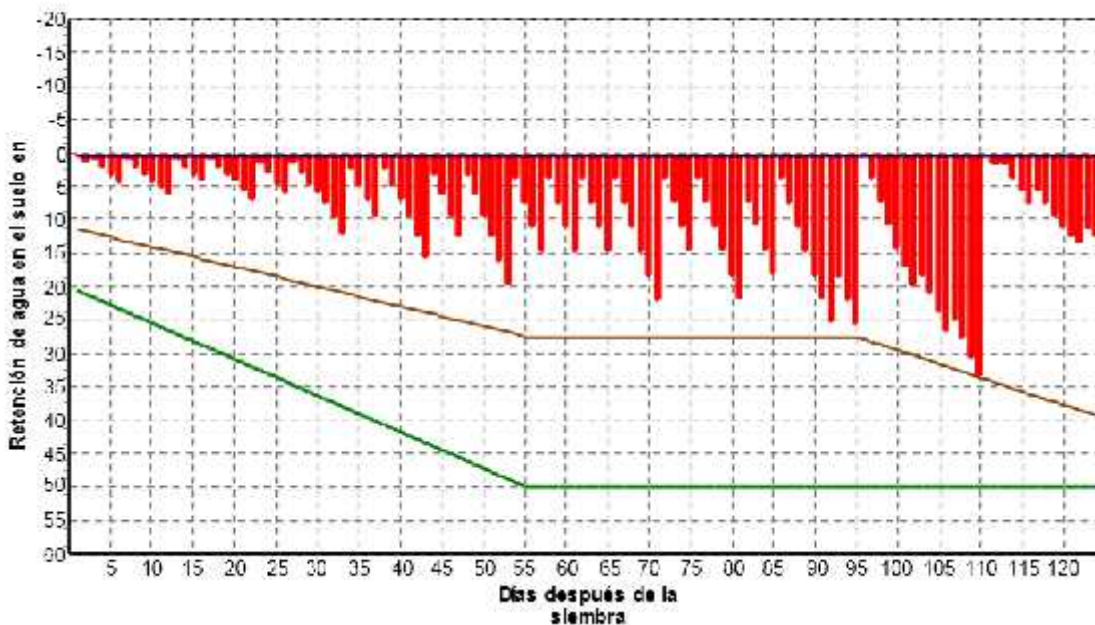
Uso de agua del cultivo	321.	m	Def. de hum. en cosecha	12.4	mm
Uso de agua del cultivo	5	m	Reque reales de riego	63.5	mm

Efic. de programación de	100	%	Efic. d precipitación	60.1	%
Deficiencia de	0.0	%			

**Reducción de rendimiento:**

Stagelabel	A	B	C	D	Estación
Reducciones en ETC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Factor de respuesta del Rend.	0.40	0.40	1.30	0.50	1.25
Red. del rend.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Reducc. Acum.   Del rendimiento	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

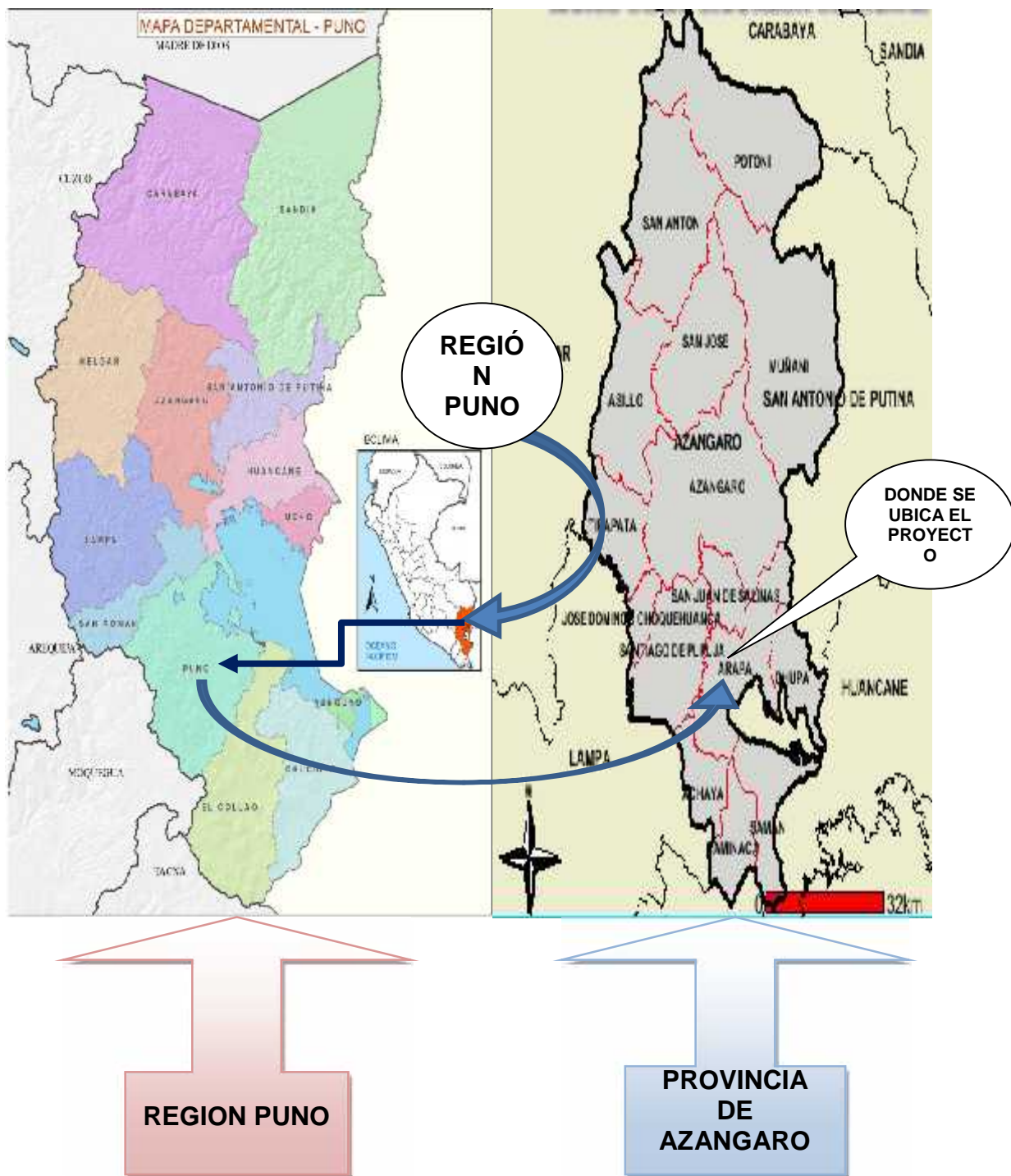
GRÁFICO DE PROGRAMACIÓN DE RIEGO



LEYENDA	
	AGUA DISPONIBLE TOTAL (ADT)
	AGUA FÁCILMENTE APROVECHABLE (AFA)
	AGOTAMIENTO- ESTRESS HIDRICO

# MAPA DE LOCALIZACION

MAPA DE LOCALIZACIÓN; PUNO - AZANGARO – ARAPA





UBICACIÓN DEL PROYECTO

