

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola



**“MANEJO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA
CUENCA DEL RIO CARIMAYO-CHUPA-
AZÁNGARO”**

TESIS

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

Rogelio Condori Huanca

Para optar el título profesional de:

Ingeniero agrícola

Puno – Perú

2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola

**"MANEJO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA
DEL RIO CARIMAYO-CHUPA-AZÁNGARO"**

TESIS

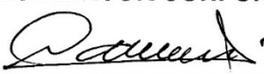
PRESENTADA A POR EL BACHILLER:

ROGELIO CONDORI HUANCA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

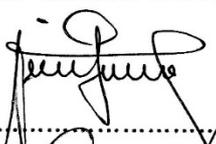
INGENIERO AGRÍCOLA

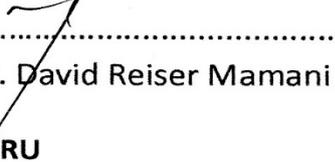
APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE DEL JURADO : 
.....
M.Sc. Oscar Raúl Mamani Luque

PRIMER MIEMBRO : 
.....
M.Sc. Roberto Alfaro Alejo

SEGUNDO MIEMBRO :
Ing. Edgardo Guerra Bueno

DIRECTOR DE TESIS : 
.....
Ing. Percy Arturo Ginez Choque

ASESOR DE TESIS : 
.....
Ing. David Reiser Mamani Carpio

PUNO - PERU

2016

ÁREA : Ingeniería y Tecnología
TEMA: Gestión de cuencas
LÍNEA: Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente

DEDICATORIA

A DIOS, por mostrarnos día a día que con humildad, paciencia y sabiduría todo es posible, por la vida y la inteligencia, que viene de el a mí.

A MI MADRE CANDELARIA HUANCA (+) Por la vida desde el cielo guía mi camino. A MI QUERIDO PADRE RUFINO CONDORI GUTIERREZ, que ha sido padre y madre en mi formación profesional, por su comprensión ayuda en momentos buenas y malas que me enseñó sin perder nunca la dignidad; Me ha dado todo lo que soy como persona, mis valores mis principios, mi perseverancia y me empeño.

A MI AMADA ESPOSA NANCY

Compañera incondicional, que me brinda todo su apoyo y comprensión.

Día tras día para alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales.

A MIS ADORADAS HIJAS GABY GERTRUDIZ, M. MILAGROS MI HIJO ALDO YHENDIXI, seres maravillosos e impulsores de mis sueños principal motivo de superación profesional a quienes siempre cuidaré para verlos hechos personas capaces y que puedan valerse por si mismas.

A MIS HERMANOS, por su apoyo incondicional en mi formación profesional, que me alentaron siempre a desarrollar con éxito mi carrera.

MI TIO NATALIO HUANCA CONDORI, me dio un apoyo moral y aliento en todo aspecto

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional del Altiplano Puno Facultad de Ingeniería Agrícola, por haberme formado de manera integral a lo largo de mi vida Universitaria.
- Profunda gratitud, reconocimiento a los docentes de la facultad de ingeniería agrícola, quienes supieron brindar, compartir sus conocimientos en el campus Universitario.
- Mi gratitud al Ing. Percy Arturo Ginez Choque, director de tesis por haber asumido la responsabilidad de guiarme en este proyecto de tesis por su presencia incondicional, sus apreciados y relevantes aportes, críticas, comentarios y sugerencias durante el desarrollo de esta investigación .
- Al Asesor de la presente Tesis, por su apoyo constante para que se culmine la presente tesis.
- A los señores Ingenieros miembros del jurado revisor M.Sc. Oscar Raúl Mamani Luque, (presidente) M.Sc. Roberto Alfaro Alejo (primer miembro) Ing. Edgardo Sebastián Guerra Bueno (segundo miembro), por apoyarme soportarme con paciencia demostrando su profesionalismo al momento de guiarme y pulir nuestro tema en discusión.
- A mis compañeros de estudios, personas y amigos que de otra forma han motivado y contribuido en la ejecución y culminación de la presente Tesis.

INDICE

Contenido

I.	PROBLEMATICA DE LA INVESTIGACION.....	1
1.1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.2.	PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.3.	PROBLEMA GENERAL	2
1.3.1.	Problema específico.....	2
1.4.	JUSTIFICACIÓN.....	2
1.5.	ANTECEDENTES	3
1.6.	OBJETIVOS	4
1.6.1.	Objetivo General.....	4
1.6.2.	Objetivos Específicos.....	4
1.7.	HIPÓTESIS	4
1.7.1.	Hipótesis General.....	4
1.7.2.	Hipótesis Específicas.....	4
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1.	METEOROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA.....	5
2.2.	CLASIFICACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN	5
2.3.	HIDROLOGÍA.....	6
2.4.	DELIMITACIÓN DE LA CUENCA	6
2.5.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y TOPOGRÁFICAS DE LA CUENCA	7
2.6.	CALIDAD DE AGUA.....	8
2.7.	CONCENTRACIÓN TOTAL DE SALES SOLUBLES.....	9
2.8.	DEMANDA DE AGUA PARA RIEGO.....	9
2.8.1.	Necesidad de Agua de los Cultivos.....	10
2.8.2.	Evapotranspiración Potencial (ETP).....	10
2.8.3.	Evapotranspiración Real ó Actual (ETA)	10
2.8.4.	Coeficiente de Cultivo (Kc).....	11
2.8.5.	Precipitación Efectiva (Pe).....	11
2.8.6.	Necesidad de Riego de los Cultivos.....	11
2.8.7.	Módulo de Riego.....	12
2.8.8.	Eficiencia de Riego.....	12
2.8.9.	Demanda de agua	12

2.8.10.	Los recursos hidráulicos y la Planificación	13
2.8.11.	Diagnóstico de los Recursos Hídricos.....	15
2.8.12.	Balance Hídrico.....	16
2.8.13.	Determinación de las constantes hídricas	19
2.8.14.	Hidrología.....	23
2.8.15.	Cuenca hidrográfica	24
2.8.16.	IMPACTO AMBIENTAL.....	24
2.8.17.	Evaluación de Proyectos y Análisis Ambiental	25
III.	MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	27
3.1.	CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	27
3.1.1.	Ubicación	27
3.1.2.	Datos Generales.....	27
3.1.3.	Vías de acceso.....	27
3.1.4.	Actividad principal de la zona	29
3.1.5.	Topografía.....	29
3.1.6.	Clima.....	29
3.1.7.	Ecología	30
3.1.8.	Hidrografía.....	30
3.1.9.	Geología	30
3.2.	METODOLOGÍA.....	30
3.2.1.	Información básica	31
3.2.2.	Información hidrometeoro lógica.....	31
3.2.3.	Ríos y Quebradas.....	32
3.2.4.	Precipitación.....	33
3.2.5.	Demanda de agua	38
3.2.6.	Balance hídrico	40
IV.	RESULTADO Y DISCUSIONES.....	46
4.1.	DESCRIPCIÓN DE LA MICROCUENCA CARIMAYO.....	46
4.1.1.	Ubicación, área y vía de acceso	46
4.2.	EL AREA Y PENDIENTE DE LA MICROCUENCA	46
4.3.	DIAGNOSTICO E INVENTARIO DE LOS RECURSOS HIDRICOS.....	48
4.4.	EVALUACION DE LA CALIDAD DE AGUA.....	51
4.5.	DEMANDA DE AGUA DE USO DOMESTICO	54
4.6.	DEMANDA DE AGUA DE USO PECUARIO	55

4.7.	INFORMACION METEOROLOGICA	55
4.8.	DETERMINACIÓN DE DEMANDA DE AGUA DE LOS CULTIVOS.....	55
4.8.1.	Evapotranspiración Potencial (Etp)	55
4.8.2.	Coeficiente de cultivo (Kc)	56
4.8.3.	Determinación de la Evapotranspiracion real del cultivo (ETR).....	59
4.8.4.	Precipitación efectiva	59
4.8.5.	Demanda de agua	60
4.8.6.	Demanda bruta de agua de riego	61
4.8.7.	Determinación de Frecuencia de riego	61
4.8.8.	Determinación de tiempos de riego.....	61
4.8.9.	Determinación de módulo de riego para el área de estudio.....	62
4.9.	USO ACTUAL DEL AGUA.....	64
4.10.	ELABORACIÓN DEL MAPA DE PENDIENTES	64
4.11.	BALANCE HÍDRICO DE LA MICRO CUENCA CARIMAYO.....	67
4.12.	BALANCE TOTAL DE AGUA	67
4.12.1.	Determinación del índice de escasez.....	67
4.12.2.	Balace total de Agua.....	67
4.12.3.	Planificación de Recurso Hídrico	68
V.	CONCLUSIONES.....	70
VI.	RECOMENDACIONES.....	71
VII.	BIBLIOGRAFÍA	72

INDICE DE TABLAS

Cuadro 1: Vías de Comunicación	28
Cuadro 2: PARAMETROS FISIAGRÁFICOS DE LA MICROCUENCA CARIMAYO	47
Cuadro 3: Fuentes de Agua Inventariadas en la Zona de Estudio.....	50
Cuadro 4: Clasificación de Manantiales Basado en el Caudal Suministrado Promedio Diario. ..	50
Cuadro 5: LAGUNA EN LA CUENCA DEL RIO CARIMAYO	51
Cuadro 6: Análisis químico del agua.....	52
Cuadro 7 : análisis de agua.....	53
Cuadro 8: Demandas Poblacionales.....	54
Cuadro 9: Demanda de agua para uso pecuario.....	55
Cuadro 10: Ubicación de la estaciones meteorológicas	55
Cuadro 11: EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (MESES).....	56
Cuadro 12: Coeficientes de Cultivos (Kc)	57
Cuadro 13: EVAPOTRANSPIRACION REAL DE CULTIVO	59
Cuadro 14: PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm/mes).....	59
Cuadro 15: VARIACION DE LA PRECIPITACION EFECTIVA AL 75% (mm/mes).....	60
Cuadro 16: Demanda de agua (mm/mes).....	61
Cuadro 17: DEMANDA DE AGUA DE LOS CULTIVOS	63
Cuadro 18: uso actual del agua para riego.....	64
Cuadro 19: Pendientes de Terreno de la Microcuenca.....	65
Cuadro 20: Distribución actual de agua	68
Cuadro 21: BALANCE TOTAL DEL AGUA	68

Índice de Figuras

Figura 1: Mapa de Ubicación de la cuenca Carimayo	46
Figura 2: Mapa Hidrográfico de la Cuenca del rio Carimayo.....	48
Figura 3: Mapa de fuentes de agua.....	51
Figura 4: Mapa de Precipitación espacial en la cuenca del rio Carimayo	60
Figura 5: Mapa de pendientes de la cuenca Carimayo	65
Figura 6: Mapa del área inundable y área de cultivo	66
Figura 7: BALANCE HIDRICO DE LA MICROCUENCA CARIMAYO	67

RESUMEN

El presente trabajo titulado “**Manejo de recursos hídricos en la cuenca del río Carimayo Chupa – Azángaro**”, constituye un trabajo de investigación para establecer el plan de manejo del recurso hídrico, en el aprovechamiento sostenible del agua con datos de las estaciones meteorológicas e históricas.

La Cuenca del río Carimayo, que se encuentra ubicado en el distrito de Chupa, tiene un área de 16088 has, y un perímetro total de 58.69 km, con una población 1240 habitantes, la cuenca posee fuentes de oferta de agua, lo que tiene como consecuencia plantear proyectos de riego, mediante identificación, formulación y evaluación que sean técnicamente viables, por lo tanto el conocimiento de volumen y demandad de agua es de vital importancia para tomar posibles alternativas y tener referencia en los futuros proyectos de ingeniería hidráulica. En el estudio de las precipitaciones de la Microcuenca del río Carimayo, se emplearon registros de precipitaciones pluviales, registros de los caudales medios mensuales, ´se realizaron análisis de doble masa para precipitación, prueba de ajuste, distribución Gumbel, se utilizó el método racional, regional, de las proporciones, balance hídrico de los suelos, aforaciones, con sus respectivas pruebas estadísticas, para verificar su grado de confiabilidad y consistencia en un 95% de probabilidad, encontrando que las series de las precipitaciones históricas, son consistentes para ser utilizados por los modelos hidrológicos. La Microcuenca de río Carimayo, tiene sus afluentes y tributarios en todo su recorrido, en las partes más altas mediante laderas, pequeños riachuelos, así sucesivamente, que es uno de los afluentes del Lago Arapa. En la planificación del recurso hídrico mostramos en el presente trabajo que el agua disponible es suficiente para diferentes usos.

Palabras claves: Afluentes, Carimayo, hídricos, Microcuenca, pluviales, planificación. Precipitaciones.

ABSTRACT

This work entitled "Management of water resources in the river basin Carimayo Chupa - Azángaro" constitutes a research to establish the management plan of water resources, sustainable water use data from weather stations and historical.

The river basin Carimayo, which is located in the district of Chupa, has an area of 16088 hectares, and a total perimeter of 58.69 km, with a population of 1240 inhabitants, the basin has sources of water supply, which has the Consequently raise irrigation projects through identification, formulation and evaluation which are technically feasible, therefore knowledge and demandad volume of water is vital to make possible alternatives and be referenced in future hydraulic engineering projects.

In the study of rainfall in the River micro Carimayo, rainfall records, records of monthly mean flows,'se double mass analysis performed for precipitation, fitting, Gumbel distribution was used the rational method is used, regional, proportions, soil water balance, aforaciones with their respective statistical tests to verify their degree of reliability and consistency in a 95% chance, finding that the series of historical rainfall, are consistent for use by hydrological models.

Carimayo the watershed of river, its tributaries and tributaries have all the way, in the highest parts medianes slopes, small streams, and so on, which is a tributary of Lake Arapa.

In water resource planning in this paper show that the water available is sufficient for different uses.

Keywords: Microcuenca, Carimayo, rain, water, streams, stormwater planning.

I. PROBLEMATICA DE LA INVESTIGACION

1.1. INTRODUCCIÓN

Un proyecto de riego a nivel mundial, es una necesidad de vital importancia para el desarrollo de una sociedad humana, en base a la necesidad primaria que es la alimentación, todo ser viviente puede subsistir en el planeta que es la tierra, la agricultura es el rubro fundamental en una sociedad en que vivimos, por eso los proyectos de riego se dan más énfasis, de todos los gobiernos locales, regionales y nacional.

En el altiplano puneño el sector agropecuario, es quizás una de las metas más postergadas y abandonadas, pese a la políticas de fomentar el desarrollo agropecuario, de partes de las instituciones gubernamentales, hasta momento en la región de la sierra del Perú, en este caso en la altiplano puneño, todavía en su mayoría no se ha alcanzado, en su verdadera plenitud el desarrollo agropecuario; esta situación se refleja en la alta concentración de extrema pobreza, bajos niveles de productividad, eso genera la gran cantidad de migración social de la zona rural hacia la zona urbana en todo caso altos índices de disparidad, se puede concluir que las reformas no han llegado al campo en la forma o profundidad requeridas.

En vista general de lo anterior, los intentos por mejorar o elevar la calidad de la inversión en las zonas rurales desde una perspectiva diferente y dentro de un enfoque sistémico e institucionalizado constituyen elementos de gran significado y relevancia. Así los proyectos de riego en la zona rural del altiplano puneño exigen un planteamiento diferente, in diagnóstico más riguroso, una identificación de beneficiarios mucho mas exigente, una evaluación particular, un seguimiento y una supervisión permanente pero por encima de todo una efectiva participación e integración de la comunidad. En este contexto, el papel del estado y su correcta intervención en el mercado son fundamentales.

En todo lo mencionado, en el sector agropecuario de nuestra región, la no rentabilidad de los proyectos de riego, también intervienen otros factores, en este caso de índole climático como las sequias, los famosos veranillos, las heladas, las precipitaciones torrenciales, insecticidas, y otros.

1.2. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

El río Carimayo es uno de los afluentes principales del lago Arapa; pero si bien existen información tanto hidrométrica e meteorología en la determinada cuenca pero no existen estudios de tratamiento y análisis de los recursos hídricos. Por lo cual se plantea este proyecto de investigación para los fines de uso y aprovechamiento de los recursos hídricos.

También podemos mencionar también no existe una planificación adecuada de manejo de los recursos hídricos por falta de estudios que respondan a la demanda hídrica de la población que viven en la cuenca.

No existe información de recursos hídricos de la cuenca Carimayo

1.3. PROBLEMA GENERAL

¿En qué Medida un adecuado manejo de los Recursos Hídricos en la cuenca del río Carimayo, influye en un uso racional del Recurso Hídrico?

1.3.1. Problema específico

- ¿Cuáles son los parámetros meteorológicos de la oferta de recursos hídricos?.
- ¿Cómo Analizar a través de las evaluaciones la cantidad disponible de recurso hídrico?
- ¿Cómo realizar el balance hídrico espacial de recurso hídrico con fines de aprovechamiento?

1.4. JUSTIFICACIÓN

El tema de la pobreza y falta de desarrollo de las zonas rurales ha sido motivo de preocupación central de gobiernos y entidades privadas ya desde la revolución industrial. La causa principal es que el sector rural, a pesar de su contribución a la economía y su carácter crítico como proveedor de alimentos es o a lo menos ha sido hasta no hace mucho tiempo ha perdido importancia relativa en la economía mundial.

En efecto, la creciente industrialización y más recientemente el aumento de la importancia del sector de servicios ha desplazado la función del motor de la economía desde agro a esos nuevos sectores.

El presente proyecto de tesis se justifica, de acuerdo por los problemas que existen, porque los proyectos de riego en la región de puno, casi en su mayoría no son rentables, para los beneficios de la población en general, de esta manera no se mejoran la calidad de vida de la sociedad en general.

1.5. ANTECEDENTES

En la actualidad no existen estudios similares al presente trabajo. En el Perú los primeros estudios agrológicos se efectuaron a mediados de 1920, lográndose posteriormente entre 1945 y 1947 iniciar los primeros trabajos de mapeo y zonificación, clasificación de suelos para cuyo efecto se adoptan los lineamientos del manual de levantamiento de suelos del departamento de Agricultura de Estados Unidos de Norte América.

El hombre siempre ha tenido la tendencia natural de escoger y clasificar los elementos que la naturaleza ha puesto a su alcance. El agua, recurso natural que formó parte de la productividad de muchas civilizaciones a través de la historia, no fue una excepción.

En 1960, se publicó el mapa de suelos del Perú, en su primera aproximación y dos años más tarde la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM).

En 1976, se realizó el estudio hidrico del centro experimental de Camacani y del sector Camata presentado por el Bachiller Alfredo Bernardo Arenas Castro

El problema fundamental de nuestra región Puno, en este caso los proyectos de riego en su mayoría no funcionan de acuerdo, a lo que uno espera, lo cual es invertido con presupuestos de parte del Estado mediante las instituciones inmersos en este tema del sector agropecuario, entonces durante estos últimos años esta instituciones involucradas han invertido presupuestos en toda su modalidad, para ejecutar proyectos de riego en nuestra región de Puno, empezando del perfil de proyecto, la pre factibilidad, la factibilidad, la ejecución y/o la construcción de la misma, y la evaluación, según el SNIP (ANA, 2012)

Estos proyectos de riego se debe a una causa fundamental, la necesidad de la sociedad en general, principalmente de la población rural de nuestra región, de esta manera contribuir a la economía del Estado, para eso se debe invertir en este tipo de

proyectos mediante la elaboración, ejecución de proyectos de riego, y tengan una repercusión trascendental en el desarrollo de sociedad en que vivimos, al final notemos la rentabilidad del proyecto a mediano, largo plazo, al final de un tiempo mejoramos la calidad y condiciones de vida de nuestra sociedad especialmente del medio rural.

1.6. OBJETIVOS

1.6.1. Objetivo General

Formular el plan de manejo de los Recursos Hídricos de la Microcuenca del río Carimayo, basado en el diagnóstico del agua.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Realizar el diagnóstico situacional de los recursos hídricos de la Microcuenca del río carimayo.
- Establecer el plan de manejo de los Recursos Hídricos de la Microcuenca del río Carimayo.

1.7. HIPÓTESIS

1.7.1. Hipótesis General

El aprovechamiento sostenible de agua Microcuenca del río carimayo, se realizara mediante el diagnóstico y formulación del plan de manejo de los recursos hídricos.

1.7.2. Hipótesis Específicas

1. Con el diagnóstico de los recursos hídricos, conoceremos la cantidad y calidad del agua de la Microcuenca del río Carimayo.
2. La conservación del agua, mejora la explotación racional de la Microcuenca del río Carimayo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. METEOROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA

Vásquez, A. (2000) Dice, la precipitación es toda forma de agua cuyo origen está en las nubes, y cae a la superficie terrestre en forma de lluvia, granizo, garúa, y nieve.

En hidrología, el tipo de precipitación de mayor importancia es la lluvia, por lo cual es la variable de entrada más significativa en el sistema hidrológico.

2.2. CLASIFICACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN

Vásquez, 2000) La Precipitación Convectiva, se origina cuando el aire es arrastrado hacia arriba por una acción Convectiva, hasta llegar a una altura en que encuentre condiciones favorables para la condensación, y luego ocurre la precipitación.

Los métodos para determinar la Precipitación media Anual en una cuenca se da los siguientes:

1.- Promedio Aritmético; En este caso se calcula el promedio aritmético de las lluvias anuales registradas en las estaciones localizadas dentro de la cuenca.

2.- Polígono de THIESSEN; este método considera que en cualquier punto de la cuenca la lluvia es igual a la que se registran en el pluviómetro más cercano, por lo tanto la lámina registrada en el pluviómetro se aplica hasta la mitad de la distancias a la siguiente estación pluviométrica. El método consiste en trazar una serie de polígonos, que resulta de levantar las mediatrices de los triángulos provenientes de la unión de los puntos existentes de la cuenca.

3.- Método de Isoyetas; Este método consiste en determinar las líneas de igual lámina de lluvias o isoyetas y calcular el área entre dos isoyetas consecutivas. Es el más exacto principalmente para zonas montañosas.

Ayers, W (2000); Indica, que la precipitación efectiva es la lluvia anual o estacional total que es útil directamente y/ o indirectamente para la producción del cultivo en el lugar donde cae: incluye por lo tanto el agua interceptado por la vegetación viva o seca, la que se pierde por evaporación de la superficie del suelo. La precipitación pérdida por evapotranspiración durante el crecimiento. La parte que contribuye a la

lixiviación, filtración ó que facilita otras operaciones de cultivo antes o después de la siembra sin perjudicar el rendimiento y la calidad de los cultivos principales.

2.3. HIDROLOGÍA

Lo que cubre todas las fases del agua en la tierra, es un material de gran importancia para el ser humano y su ambiente. (Chow, et al 2000).

Aplicaciones prácticas de la hidrología, se encuentran en labores tales como diseño y operación de estructuras hidráulicas, abasteciendo de agua, tratamiento y disposición de aguas residuales, irrigación, drenaje, control de inundaciones, erosión, control de sedimentos, etc. El papel de la Hidrología aplicada ayuda a analizar los problemas relacionados con estas labores y prever una guía para el planteamiento y el manejo de los recursos hídricos.

El análisis y procesamiento de la información pluviométrica, el desarrollo secuencial del tratamiento de la información hidrometeorológica, no presente mayor dificultad en cuanto se refiere al procesamiento en sus diversas etapas. Este hecho se ha superado con el uso de la computadora.

Vásquez, A. (2000); Indica, desde el punto de vista hidrológico, una cuenca es una porción de superficie terrestre donde todas las aguas de precipitación se unen para formar un solo curso de agua.

El área o superficie de la cuenca ésta limitada por la divisoria de aguas, que es una línea que separa la superficie del terreno cuyo drenaje fluye hacia el curso del agua.

2.4. DELIMITACIÓN DE LA CUENCA

El área de la cuenca se calcula con el planímetro sobre planos topográficos a escala 1:100000 ó 1:25000, dependiendo del tamaño de la cuenca.

2.5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y TOPOGRÁFICAS DE LA CUENCA

1.-Curva Hipsométrica

Es una curva que representa la relación, entre la altitud y la superficie queda sobre diferentes alturas de la cuenca. Esta se representa en un eje de coordenadas.

2.- Altitud Media de la cuenca

Es la ordenada media de la curva hipsométrica. Este parámetro es muy importante, porque su magnitud ésta bastante correlacionadas con la lluvia caída sobre la cuenca.

3.-Perfil Longitudinal del Curso de agua

Es una curva que representa la relación entre la altitud y la longitud del curso principal.

El perfil longitudinal del río es muy importante, porque permite conocer su pendiente en diferentes tramos de su recorrido.

SERRUTO, A. (2012); Indica, que las aguas superficiales están constituidas por las aguas de los manantiales, riachuelos, ríos, lagunas, lagos, mares y océanos.

La hidrometría encierra lo que comúnmente se denomina: aforo, y trata sobre la medición de las aguas en todos los casos que sean necesarios para sus múltiples aplicaciones, especialmente con fines de riego.

Métodos de Aforo de agua.

Aforo Volumétrico, denominado también método directo o método del recipiente de capacidad conocida.

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

Donde:

Q = Gasto ó Caudal (m³)

V = Volumen (m³/seg)

T = Tiempo (seg)

Orificios; Son aberturas de forma regular hechos a través de un muro, por donde circula el agua, haciendo contacto con todo el perímetro de dicha abertura.

Vertederos; Denominados también compuertas, son aberturas de forma regular hechos a través de un muro, por donde circula el agua haciendo contacto solamente con los bordes inferiores y laterales de dicha abertura.

Conducto Aforador Parshall; Parshall ha diseñado un aparato aforador, con el que se calcula el gasto, basándose en la pérdida de altura de nivel de agua, se produce por el paso forzado de una corriente de una garganta de paredes convergentes de un canal cuyo fondo presenta, además una depresión.

Sifones; Cuando el agua se desvía de una acequia por medio de un tubo en forma de sifón, la altura y el diámetro pueden ser utilizados para estimar el gasto, con un error del 5%.

Correntómetro o molinete, son aparatos que miden la velocidad en un punto dado del curso del agua.

Aforo con Flotadores, un flotador es cualquier objeto susceptible de ser transportados por el agua, puede ser un corcho, una botella plástica, una madera u otro objeto similar.

Aforo Químico, consiste en inyectar en el curso de agua que se requiere aforar un caudal constante de una solución concentrada de un producto químico.

2.6. CALIDAD DE AGUA

La calidad del agua que se usa para regar depende del tipo y cantidad de sales que se encuentran disueltos en él. Un análisis químico mostrará el tipo y cantidad de sal que está en el agua y en base a éste es posible determinar si no o es conveniente usar el agua para regar y que precauciones deben de tomarse. (Vasquez, et al 2000).

Vásquez, A. (2000); Menciona, la calidad de agua de riego está determinada por la composición y concentración de los diferentes elementos que puedan tener, ya sea

en solución o en suspensión. La calidad de agua de riego determina el tipo de cultivo a sembrar y el tipo de manejo que debe dársele al suelo.

Las características que determinan la calidad del agua de riego son:

- La concentración total de sales solubles.
- La concentración relativa del sodio.
- La concentración del boro u otros elementos tóxicos.
- La concentración total de sólidos en suspensión.
- La presencia de semillas de malezas, larvas o huevos de insectos.
- La pureza del agua, determinada por la concentración de bicarbonatos.

2.7. CONCENTRACIÓN TOTAL DE SALES SOLUBLES

La concentración total de sales solubles en el agua de riego se expresa en términos de conductividad eléctrica (CE), la misma que puede determinarse en forma rápida y precisa. En forma general, el agua usada en el riego tiene una conductividad eléctrica normalmente menos de 2,000 a 2250 mmhos/cm. Una conductividad eléctrica del agua de riego menos de 0,750 mmhos/cm, es considerada como satisfactoria. Agua de riego con una conductividad eléctrica mayor a 2,250 mmhos/cm ocasiona una sustancial reducción en los rendimientos de muchos cultivos, salvo que se traten de cultivos tolerantes a las sales, se aplica abundante agua de riego y el drenaje subterráneo de los suelos adecuado.

2.8. DEMANDA DE AGUA PARA RIEGO

Olarte, J.W. (2006); Indica, cuando se tiene que identificar, formular, analizar y evaluar la viabilidad de un proyecto de riego, es necesario predecir exactamente los volúmenes de agua que se requieren para obtener un producción óptima de los diversos cultivos planteados.

2.8.1. Necesidad de Agua de los Cultivos

Vásquez, A. (2000); La evapotranspiración es uno de los factores que interviene en el balance hidrológico, ya sea en este se analice en una cuenca, región o proyecto; siendo este último el realmente interesa para efectos del cálculo de la demanda de agua de los cultivos.

La evapotranspiración es un proceso que resulta del efecto combinado de la evaporación del agua de un suelo húmedo y la transpiración del cultivo en activo estado de crecimiento.

2.8.2. Evapotranspiración Potencial (ETP)

Vásquez, A. (2000); Indica, la evapotranspiración potencial (ETP), es la cantidad evaporada y transpirada por un cultivo de tamaño corto (generalmente pastos), que cubre toda la superficie en estado activo de crecimiento y con un suministro adecuado y continuo de agua .

Olarte, J.W. (2006); Según Thornthwaite, la ETP viene significar la necesidad real de agua de los cultivos, planteamiento que fue apoyado posteriormente por Papadakis; en cambio Blaney y Criddle, lo denomina uso consultivo potencial (UCP), a diferencia del uso consultivo (UC) que sería la cantidad de agua gastada en una área de cultivo por unidad de tiempo, tanto para la evaporación del suelo, transpiración de las plantas como la formación de los tejidos vegetales en las condiciones que fija el medio.

Para su determinación se presente diferentes métodos directos y fórmulas empíricas.

2.8.3. Evapotranspiración Real ó Actual (ETA)

Vásquez, A. (2000); La ETA es la tasa de evaporación y transpiración de un cultivo libre de enfermedades, que crece en un campo extenso (uno o más hectáreas) en condiciones óptimas de suelo, fertilidad y suministro de agua. La Evapotranspiración es llamada también uso consuntivo.

2.8.4. Coeficiente de Cultivo (Kc)

Vásquez, A. (2000); Llamado también factor de cultivo, es un factor que indica el grado de desarrollo o cobertura del suelo por el cultivo el cual se quiere evaluar su consumo de agua.

Los factores que afectan los valores de Kc son principalmente: Las características del cultivo, fecha de siembra, ritmo de desarrollo del cultivo, duración del periodo vegetativo, condiciones climáticas y la frecuencia de lluvia o riego, especialmente durante la primera fase de crecimiento.

2.8.5. Precipitación Efectiva (Pe)

Vásquez, A. (2000). Indica, durante el proceso de almacenamiento hídrico del reservorio "suelo" la precipitación pluvial constituye un alto porcentaje (en algunos casos el total) del contenido total en el suelo; pero por parte de la lluvia de que dispone la planta para su desarrollo es únicamente una fracción de esta; la otra parte se pierde por escorrentía, percolación profunda y/o evaporación.

En este sentido, el volumen de lluvia parcial utilizado por las plantas para satisfacer sus necesidades hídricas para su normal desarrollo, se le ha definido como precipitación efectiva (PE).

2.8.6. Necesidad de Riego de los Cultivos

Vásquez, A. (2000); La evapotranspiración actual (ETA), es la cantidad de agua que requiere la planta para satisfacer sus necesidades fisiológicas. Sin embargo, dentro de su ambiente, la planta no se encuentra aislado sino que forma parte de un microsistema, sujeta a entradas y salidas; por lo que efectúa un balance hídrico, en la que las entradas se da todos los aportes hídricos al suelo y salida por el proceso de agotamiento de la humedad del suelo, ocasionado por la evapotranspiración actual.

Por lo anterior dicho la necesidad de agua de los cultivos es también llamada demanda de agua de los cultivos (D_a) o consumo teórico, demanda unitaria neta.

2.8.7. Módulo de Riego

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS (2005); Indica, es el gasto que debe conducir un canal por cada Ha de riego. Se expresa en Lt/seg/Ha, m^3 /seg/Ha, el módulo de riego varía con el lugar, con la época del año y los cultivos; pues en función del Uso Consuntivo de las plantas y éste varía con los factores climáticos y con la eficiencia de riego.

2.8.8. Eficiencia de Riego

GRUPO PERMANENTE SOBRE RIEGO GPER (2002); Indica, que la eficiencia de riego, es el movimiento del agua desde su origen (embalse, río, acuífero) hasta el cultivo, implica tres operaciones separadas: El transporte hasta la finca en donde es entregado al regante, la distribución en finca y la aplicación en parcela.

2.8.9. Demanda de agua

Vásquez, A. (2000); Indica, para el cálculo de la demanda de agua de un proyecto se debe tener en cuenta, todas las pérdidas resultantes del sistema de distribución del agua de riego y de la eficiencia de aplicación del agua al cultivo.

La demanda de agua del proyecto (D_p) será igual a necesidad de riego del cultivo (D_a) dividida por la eficiencia de riego del proyecto.

Vásquez, A. (2000); Mediante riego se persigue restituir al suelo la cantidad de agua consumida y darle así al cultivo en apropiadas condiciones de humedad para su buen desarrollo.

2.8.10. Los recursos hidráulicos y la Planificación

ONERN (1998) afirma, que el aprovechamiento eficiente de los recursos hidráulicos emplean el conocimiento de los lugares donde se encuentran el agua y en qué cantidad existe y su calidad y patrón de variabilidad; la estimación de las demandas por los diversos usos del agua, tanto en el tiempo y como en el espacio y establecer las norma para los usos de agua.

La planificación para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos no pueden circunscribirse a los perímetros de las cuencas ni aun a conjunto 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 deslumbrar graves y complejos problemas.

El plan de aprovechamiento de los recursos hidráulicos constituyen el resultado del proceso de planificación nacional hidráulico. 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.
- Controlar el mejor aprovechamiento de los recursos hídricos.

Serruto, R. (1987). Manifiesta que el recurso hídrico está desigualmente distribuido en el globo terrestre, y su disponibilidad en cualquier sitio cambia con tiempo para ello la planeación actúa al manejo, cuidado o son esenciales para lograr el nivel de eficiencia en la utilización del agua.

Chow (2000), El uso de operación de recursos en planeamiento y desarrollo largamente durante la última década, especial contribución para el conocimiento lo constituyen los estudios realizados por el equipo de trabajadores de recursos en el programa.

Las principales alternativas que compone el agua de riego son los cationes, magnesio, sodio, potasio y los aniones carbonato, bicarbonato, cloruros, sulfatos, nitratos. (López, et al 1990)

Vásquez, V (2000) Dice mediante el riego se persigue restituir al suelo la cantidad de agua perdida por evaporación y transpiración y darle así al cultivo, apropiadas condiciones de humedad, para su adecuado desarrollo. El almacenamiento del agua en el suelo y su racional distribución en la zona de raíces es de suma importancia para el manejo de los cultivos. La cantidad de agua disponible en el suelo a ser utilizada por las plantas, está comprendida entre el rango de humedad a capacidad de campo (cc, 0.33 bares) y el punto e marchites permanente (PMP, 15 bares) si se mantuviera el contenido de humedad del suelo a un nivel mayor que la cc, existe el peligro de que la falta de aire en el suelo sea un factor limitante para el normal desarrollo de la plantas. Mientras que a niveles de humedad cercanos al punto de marchites permanente, producirá daños irreversibles al cultivo, a nivel fisiológico, incluso en algunos casos ocasionándoles la muerte.

Olarte, W. (1987) Manifiesta cuando se desea planificar el riego de un proyecto o se desea diseñar el riego de una superficie nueva a transferirse en productiva o simplemente se desea conocer el volumen de agua por aplicar a un cultivo cualquiera y en un momento dado, resulta imprescindible calcular la dosis de riego. La práctica de riego consiste en aprovechar la capacidad retentiva del suelo para almacenar el agua en la zona radicular y sustituir el agua evapotranspirada por las plantas, aplicado en condiciones de campo por un agricultor con mayor o menor dominio en el manejo del agua, se comprende que la dosis de agua depende de tres factores.

- a) La capacidad retentiva del suelo.
- b) La profundidad radicular.
- c) La eficiencia de riego.

2.8.11. Diagnóstico de los Recursos Hídricos

ANA (2012), consideran:

a) **Determinación de las demandas**

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 de los medios rurales 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 en base a las demandas mensuales de las diferentes alternativas de cultivo, que satisfagan las demandas de alimento de la población, la producción de exportación y de la agroindustria, las demandas pecuarias, se estiman en función a los requerimientos para este propósito, en función al tipo de producción pecuario, 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 cuses se modifican el ecosistema natural, al 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.

Los autores mencionados han considerado otro tipo de demandas:

- Demandas para la generación de energía hidroeléctrica.
- Demandas para usos turísticos y recreacional.
- Demanda para la pesca comercial.
- Demanda para el lavado de sales.

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

b) Determinación del Potencial de Agua Disponible.

Las características geográficas especiales del Perú, determinan que se presenta contrastes fisiográficas, climáticas e hidráulicas en sus tres regiones naturales, que establecen diferencias en regímenes hidrológicos, los cuales presenta variaciones temporales, que son desde periodos muy húmedos a periodos 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 se 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.

En 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 del hombre que modifique las condiciones naturales, a través de diferentes obras.

2.8.12. Balance Hídrico

Serruto, R. (1987), Define que el balance hidrológico o hídrico viene hacer una especie de contabilidad, que representa por una parte: los ingresos, ganancias o incrementos de agua; todo esto es un sistema dado, que puede ser un embalse, un acuífero, una cuenca, una columna de suelo, etc. Durante un tiempo específico, que los parámetros fundamentales del balance hidrológico viene a ser: espacio y tiempo.

a) Evapotranspiración Potencial (Etp)

Es la cantidad de agua evaporada y transpirada (mm) por mes o día por una cobertura vegetal, generalmente pastos en estados activo de crecimiento y con un suministro continuo de agua es este dependiente de los parámetros climáticos como la temperatura, velocidad del viento y humedad relativa.

Otra definición, la indica como la máxima cantidad de agua perdida hacia la atmósfera cuando la condición es de cobertura homogénea en suelos sin déficit de humedad.

En lo que se refiere en la fórmula de cálculo, existen métodos directos e indirectos, siendo los más utilizados en el Perú los métodos desde los años 60 con la aplicación de fórmulas para la estimación de la evapotranspiración potencial, como la de Thornthwaite en el proyecto de la Irrigación de Chao, Virú, Moche y Chicama; asimismo, se aplica la fórmula de Blaney y Criddle y el de Penman modificado. En la mayoría de proyectos de riego ejecutados en el departamento de Puno, se viene utilizando de fórmula de Hargreaves- Temperatura por su facilidad de cálculos y por qué la información requerida es más sencilla de obtener, debido a los pocos parámetros climáticos requeridos.

Para la determinación de evapotranspiración por el método de Ramón Serruto, se define una fórmula como:

$$ETP=0.003(RS)^{2.5}+0.16 (T)^{.88}$$

Donde:

ETP =Evapotranspiración Potencial o Evapotranspiración de referencia, expresada en (mm/día).

R.S =Radiación Solar Extraterrestre, expresada en equivalentes de evaporación en mm/día.

T =Temperatura Media Mensual, expresada en °C.

b) Coeficiente de Cultivo (Kc)

El coeficiente del cultivo es un valor que inicialmente toma en cuenta el efecto de la relación agua-suelo-planta, pero que para determinar condiciones de suelo y de agua se asume valores igual a la unidad; quedando por lo tanto solamente en función al cultivo, es decir, en función de sus características anatómicas, morfológicas y fisiológicas, expresando como resumen la capacidad que tiene un cultivo para extraer agua del suelo durante su periodo vegetativo.

c) Evapotranspiración Real O Actual (ETA)

Es la cantidad potencial de agua en mm por mes o día que requiere un cultivo o una cédula de cultivos la cual incluye de la evaporación de la superficie libre de la planta, además de la transpiración de la planta. Cuando se tiene en cuenta o se considera una cantidad de agua relativamente pequeña utilizada por la planta en sus actividades metabólicas se dice que la Evapotranspiración es igual al Uso Consuntivo.

d) Precipitación Efectiva (P ef.)

Es una parte del agua total de lluvia que es aprovechada solamente por el cultivo para satisfacer sus necesidades de agua, el resto se perderá por percolación profunda, evaporación o escorrentía superficial.

e) Demanda De Agua De Los Cultivos (Da)

Es la cantidad de agua en mm por mes que requiere la planta o una cédula de cultivo para satisfacer sus necesidades fisiológicas, por la cual se deberá tener en cuenta las entradas de agua o contribución hídrica como la precipitación efectiva y las salidas o desgastes como la evapotranspiración actual.

f) Demanda Bruta de Agua de un Proyecto de Riego (Db)

La demanda Bruta de agua de un proyecto es la cantidad de agua que se requiere para que una cédula de cultivo puede cumplir con sus necesidades fisiológicas, pero teniendo en consideración todas las pérdidas que puedan ocurrir en el sistema de distribución del agua de riego y en la aplicación del agua al cultivo; por lo tanto, es un valor mayor que la Demanda de Agua Neta

g) Lámina Neta de Agua Fácilmente Aprovechable (Ln F.A.)

Es una fracción de agua dada en mm, y que es fácilmente disponible por la planta, para tomarla del suelo; esto quiere decir, que partiendo del principio de que el agua que es aprovechada por la planta es la que se encuentran entre los límites de la capacidad de campo y punto de marchites y cuando más se acerca al punto de marchites esta agua es retenida con un mayor esfuerzo por las particulares del suelo, siendo cada vez más difícil para la planta tomar esta agua, pudiendo esto originar en algunos cultivos daño irreversibles. En tal sentido, se ha introducido un factor de carácter fisiológica que es propio para cada cultivo a partir de la cual, la planta comienza a mostrar síntomas adversos como clorosis, retardo en el crecimiento, marchites, etc.

2.8.13. Determinación de las constantes hídricas**a) Capacidad de Campo**

Partiendo de la situación anterior, cuando el suelo ya pierde más agua por gravedad se dice que está en la Capacidad de Campo. En esta situación, el agua ocupa los poros pequeño y el aire ocupa una gran parte del espacio de los poros grandes.

Inmediatamente después de la situación, drenaje es muy rápido, pero después se hace más lento, pudiendo durar más o menos tiempo, según la textura del suelo. Se admite que el estado de capacidad de campo se alcanza en suelos bien drenados a los dos o tres días después de una lluvia copiosa, aunque esto no es cierto para todos los suelos, ya que en los arcillosos se alcanza con más lentitud que en los arenosos. En cuanto a los valores de energía de retención del agua, la capacidad del campo se alcanza cuando la retención matricial tiene un valor medio de $1/3$ de atmósfera en

suelos francos; pudiendo variar desde 0.1 atmósferas en suelos arenosos hasta 0.5 atmósferas en suelos arcillosos.

La capacidad de campo se determina mejor en los suelos de textura arenosa que en los de textura arcillosa, ya que en los primeros, con gran número de macro poros, el final de drenaje es más evidente. En cualquier caso, y debido a que se pueden presentar diferentes estratos en el perfil, es aconsejable determinar la capacidad de campo, procediendo de la siguiente forma:

- Se riega el suelo hasta la saturación y a continuación se cubre la superficie con una lámina de plástico negro, para evitar la evaporación del suelo y la transpiración de las plantas.
- Se deja pasar un día en suelos de textura arenosa, dos días en la de textura media y cuatro días en los de textura arcillosa.
- Se toma una muestra de suelo y se determina el contenido de humedad.

En suelos de textura media la capacidad de campo se corresponde a la humedad equivalente, que se determina con una muestra de suelo saturado de 1 cm. de espesor y centrifugada durante 30 minutos con una fuerza de 1 Kg. la cantidad de agua retenida por el suelo a la capacidad de campo depende, sobre todo, del tamaño de los macro poros, por cuyo motivo depende más de la textura que de la estructura. El estado de capacidad de campo es la situación más favorable para el desarrollo de los cultivos. Ya que tienen a su disposición una gran cantidad de agua retenida por el suelo con una energía que es superada con facilidad por la succión de las raíces, a la vez que disponen de aire abundante para la respiración de las raíces.

Determinación de Capacidad de Campo es la cantidad de agua retenida por un suelo en la capacidad de campo y en el punto de marchitamiento se mide en laboratorio o en el mismo terreno. A falta de datos de análisis que den la humedad del suelo en estas fases, se pueden calcular estos valores, de un modo aproximado, a partir de otros datos analíticos más fáciles de obtener, tales como la composición de la textura. Entre las fórmulas más utilizadas son.

$$Cc = 0.84 Ac + 0.162L + 0.023Ar + 2.62 \quad (\text{Formula de Pelee})$$

Donde:

Cc= Humedad a la capacidad de campo, expresada como humedad gravimetría en tanto por ciento (%).

Ac= contenido de arcilla, expresado en humedad gravimetría (%)

L= contenido de limo, expresado en humedad gravimetría. (%)

Ar= contenido de arena, expresado en humedad gravimetría (%).

b) Punto de Marchitez permanente

A partir de la capacidad de campo, el agua del suelo se va perdiendo progresivamente por evaporación y adsorbida por las plantas. Llega un momento en el que las plantas ya no pueden absorber toda el agua que necesita y se marchitan irreversiblemente. Se dice entonces que el suelo ha alcanzado el punto de marchitamiento. Este estado marca el límite inferior de aprovechamiento, se alcanza cuando la retención matricial tiene un valor de 15 atmósferas, aunque puede variar de 10 a 20 atmósferas, correspondiendo la cifra más baja a los suelos muy arenosos, y la más alta a los muy arcillosos. En suelos de textura media, el punto de marchitamiento se considera igual a 0.26 veces la humedad equivalente.

Al igual que en la capacidad de campo, el punto de marchitamiento depende más de la textura que de la estructura del suelo. Para un mismo contenido en humedad, la tenacidad con que es retenida el agua por el suelo es mayor en suelos de textura arcillosa que en los de textura arenosa, por lo que el agua resulta más accesible a las plantas en los segundos que en los primeros.

Aproximadamente la mitad del agua contenida en el suelo a capacidad de campo se encuentra tan fuertemente retenida que las plantas no pueden absorberla a la velocidad que requiere sus necesidades y por eso se marchitan. En días cálidos y secos ocurre, a veces, que las plantas se recuperan por la noche o cuando reciben un nuevo aporte de agua. Se considera que ha alcanzado el punto de marchitamiento.

$$P_m = 0.302 A_c + 0.102L + 0.147 A_r \text{ (fórmula de Bringgs)}$$

Donde

P_m= humedad en el punto de marchitamiento, expresado como humedad gravimétrica, en porcentaje.

A_c= contenido de arcilla, expresado en humedad gravimétrica.

L= contenido de limo, expresado en humedad gravimétrica.

A_r= contenido de arena, expresado en humedad gravimétrica

Utilización del Agua del Suelo

Desde el punto de vista de su utilización por las plantas, el agua del suelo se clasifica en:

Agua Sobrante

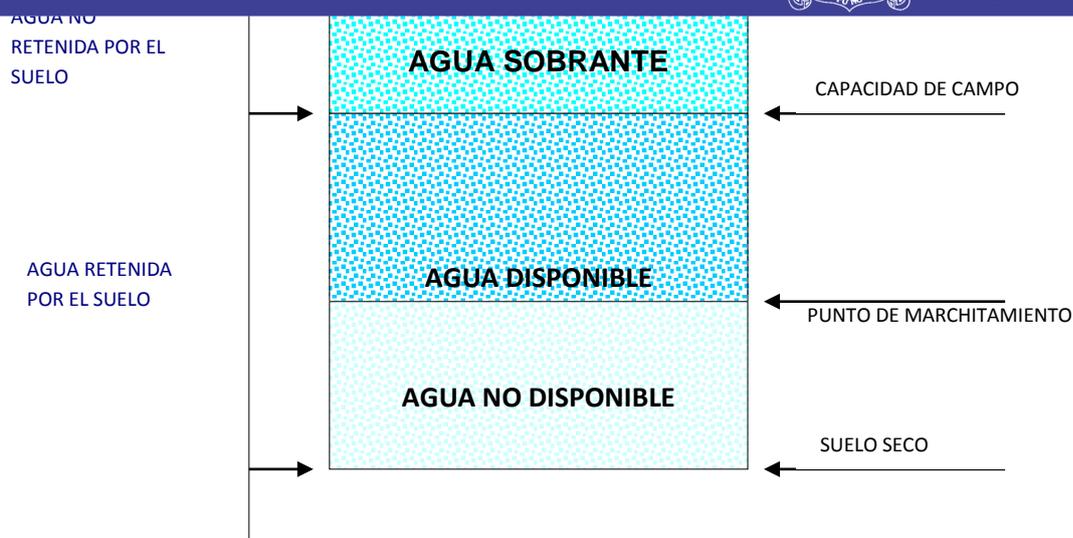
Es la porción de agua que sale libremente del suelo por la acción de la gravedad. Comprende el agua gravitacional. Esta agua no puede ser utilizada por las plantas, Porque pasa a una región del suelo no accesible a las raíces.

Agua Disponible

Es la porción de agua que puede ser absorbida por las raíces de las plantas con suficiente rapidez para compensar las pérdidas por transpiración. El agua disponible es igual a la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitamiento.

Agua no Disponible.

Es la porción de agua retenida por el suelo con tanta fuerza que las plantas no pueden absorberla con suficiente rapidez para compensar las pérdidas por transpiración. Esta agua es la que permanece en el suelo a partir del punto de marchitamiento



ESQUEMA DE LAS FASES DE AGUA EN EL SUELO Y DE SU UTILIZACIÓN POR LAS PLANTAS.

2.8.14. Hidrología

Monsalve, S. (1999); “La hidrología versa sobre el agua de la tierra, su existencia y distribución, sus propiedades físicas y químicas y su influencia en el medio ambiente, incluyendo su relación con los seres vivos. El dominio de la hidrología abarca la historia completa del agua sobre la tierra”.

Aparicio F. (1997); “Es la ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia circulación, distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente incluyendo a los seres vivos.

“Puede considerarse que la hidrológica abarca todas las ciencias hídricas. En una forma más estricta, puede definirse como el estudio del ciclo hidrológico es decir, la circulación ininterrumpida del agua entre la tierra y la atmósfera. El conocimiento hidrológico se aplica al uso y control de los recursos hidráulicos en los continentes del planeta. (Chow, et al1994).

2.8.15. Cuenca hidrográfica

Aparicio, F. (1996); “Una cuenca es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) la gota de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia el mismo punto de salida”

Reyes, L. (1992); “La cuenca hidrográfica o de drenaje de un cauce está delimitado por el contorno en cuyo interior el agua es recogida y concentrada en la entrega al dren mayor. Este concepto también puede referirse a un punto cualquiera del dren antes de la entrega, y es muy usado en los estudios hidrológicos.”

Vásquez, A. (1997); es toda forma de agua cuyo origen está en las nubes, y cae a la superficie terrestre en forma de lluvia, granizo, garúa o nieve. De acuerdo al mecanismo de elevación de esta masa de agua, existen 3 tipos de precipitación: Conectiva, ortográfica y ciclónicas.

2.8.16. IMPACTO AMBIENTAL

Durante la fase de identificación del proyecto es necesario efectuar un análisis ambiental, el mismo que debe ser realizada por firmas o profesionales especializados y calificados por las entidades financieras internacionales, con el fin de:

- Asegurar que se identifiquen los posibles impactos ambientales.
- Determinar el alcance de los estudios y acciones ambientales adicionales que sean necesarios
- Estimar la capacidad del prestatario de solventar tales actividades
- Aconsejar sobre la necesidad de un panel o consejo consultor ambiental.

Debe de prepararse un informe documentado que demuestre que los factores ambientales recibieron plena consideración en el diseño del proyecto que debe así mismo, formar parte de la base de datos contra la cual queda compararse cualquier cambio posterior. (Vásquez, et al 2000)

El informe de evaluación debe detallar los problemas ambientales, y las soluciones pertinentes, así como los arreglos y coordinaciones institucionales necesarias.

Vásquez, A. (2000). Indica; las evaluaciones de impacto ambiental son indispensables para que las entidades financiera internacionales otorguen los

créditos respectivos al país. Así mismo también sirven como documento de apoyo en la toma de decisiones técnicas y políticas sobre las estrategias de desarrollo, ejecución y administración de proyectos.

2.8.17. Evaluación de Proyectos y Análisis Ambiental

Los proyectos de desarrollo requieren de una meticulosa investigación y de una planificación cuidadosa, pueden establecerse en áreas pobladas que cuenta con fuentes hídricas o en áreas donde no se han explotado los suelos. En los proyectos de gran envergadura, los efectos negativos son superiores a los que generarían en los de menor envergadura.

En el ciclo del proyecto, el análisis ambiental consiste en la evaluación de los efectos negativos en los proyectos y se basa en el diagnóstico, pronóstico, estudio de medidas de control y en la evaluación en forma progresiva.

ONER (8), 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.

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.

Señala también que el diagnóstico de una cuenca debe comprender:

Determinación del potencial de recursos.

Determinación de necesidades.

Balance entre oferta y demanda de necesidades

Identificación de problemas y/o conflictos

Identificación de proyectos en operación y/o estudio

Síntesis de la situación actual y necesidades de estudio

Indica que el diagnóstico es el paso previo para responder a solucionar, este último se presenta 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 campesinas, caracteres antropológicos, culturales y otros, es decir existe un vacío en cuanto al instrumental para emprender un diagnóstico, que se investiga ¿Quién, quienes y para qué?

Vásquez, A. (2000) indica, desde el punto de vista hidrológico, una cuenca es una porción de superficie terrestre donde todas las aguas de precipitación se unen para formar un solo curso de agua.

El área o superficie de la cuenca está limitada por la divisoria de aguas, que es una línea que separa la superficie de terreno cuyo drenaje fluye hacia el curso de agua.

III. MATERIALES Y METODOLOGÍA

3.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

3.1.1. Ubicación

El área del proyecto denominado “manejo de recursos hídricos en la cuenca del río Carimayo”, está ubicado políticamente en el distrito de Chupa, provincia de Azángaro, departamento de Puno, región Puno.

3.1.2. Datos Generales

Ubicación política

- Región : Puno
- Departamento : Puno
- Provincia : Azángaro
- Distrito : Chupa
- Localidad : Cuenca del Río Carimayo

Ubicación Geográfica

Coordenadas UTM WGS

- Norte : 8325,256.256
- Este : 352,256.236
- Altitud : 3,893.236

3.1.3. Vías de acceso

La vía de acceso desde la capital del departamento hasta la localidad de la cuenca del río Carimayo es de la siguiente manera:

- Desde la Ciudad de Puno hasta la ciudad de Juliaca, es de 45 km, con un recorrido de 45 min. En una carretera asfaltada.
- Desde la Ciudad de Juliaca hasta el distrito de Chupa, es de 98 km, con un recorrido de 115 min. En una carretera afirmada de trocha carrozable.
- Desde el distrito de Chupa hasta la localidad de la Cuenca de río Carimayo, es de promedio de 20 km, con un recorrido de 20 min. En una carretera trocha carrozable.

Cuadro 1: Vías de Comunicación

DESCRIPCION	TIPO DE VIA	KM	TIEMPO (minutos)	OBSERV:
Puno – Juliaca	Asfaltado	45	45:00:00	Transporte
Juliaca – Chupa	Afirmado	78	115:00:00	Transporte
Chupa – Rio Carimayo	Trocha	20	30:00:00	Transporte

3.1.4. Actividad principal de la zona

Es importante destacar que la actividad principal de la población en la zona de estudio es la agricultura (bajo riego y en seco), complementada con otras actividades como el sector pecuario en mediana escala en forma medianamente extensiva, la artesanía, y otras de menor importancia como la albañilería.

3.1.5. Topografía

Los terrenos de la zona en estudio, de la cuenca del río Carimayo, presentan una topografía ondulada agreste en la parte más alta, en la parte baja ligeramente ondulada a planicie.

El cauce del río Carimayo presenta una pendiente promedio de 3.4%, baja está pendiente en la parte más baja de 1.5%.

3.1.6. Clima

De acuerdo a la evaluación climatológica se ha determinado que los factores más importantes del Clima de la Cuenca del río Carimayo; son la latitud y la altitud, definiendo este último las características particulares del clima así como también por la influencia del lago, el efecto orográfico y las amplias oscilaciones de temperatura y los fuertes vientos.

La época de lluvias, para la cuenca del río Carimayo que es la zona más importante desde el punto de vista agrícola, se presenta de la siguiente manera:

En Chupa alcanza un total de 790.97 milímetros de precipitación total anual (Estación pluviométrica Huancané), al verano de lluvias que comienza a partir de Diciembre y se prolonga hasta marzo, corresponde el 79%.

En el invierno seco, comprendido entre los meses de Mayo a Agosto, las precipitaciones con sus mínimos valores llegan a ser del 3% de las precipitaciones totales anuales.

Los meses transitorios que corresponden: Setiembre, Octubre, Noviembre y abril presentan el 18% de las precipitaciones totales anuales.

La temperatura media mensual durante el año presenta la siguiente variación:

Para el Distrito de Chupa la mayor temperatura se observa en el mes de noviembre con 11.2 grados centígrados y la menor temperatura se observa en Julio con 5.6 °C, presentando una media anual.

El límite inferior de la temperatura mínima absoluta (media), se manifiesta de la siguiente manera:

Los registros con temperaturas bajo cero comienzan en abril con -1.5 °C, siendo de mayor intensidad en los meses de Junio y Julio (-6.5 °C y -7.4 °C), extendiéndose hasta el mes de octubre con 1.3 °C, comprendiendo siete meses con temperaturas bajo cero y cinco meses siguientes (Noviembre - Marzo) con registros superiores a 0 °C.

3.1.7. Ecología

Para el estudio de la ecología se tomó según el mapa ecológico del Perú Proporcionado Por INRENA, y su aplicación en el manual de ecología y zona de vida

3.1.8. Hidrografía

Para el estudio de la hidrografía se utilizó mapas hidrográfico proporcionado por el SENAMHI

3.1.9. Geología

Para conocer las condiciones geológicas de la cuenca del rio Carimayo, se emplea el mapa Geológico del cuadrángulo de Puno Hoja 32-V (Ministerio de Energía y Minas, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET 1960 – 1999), en las que de un modo general y con el fin de describir mejor los paisajes geomorfológicos se han identificado en la cuenca del rio Carimayo varias unidades geomorfológicas claramente definidas, las cuales son:

3.2. METODOLOGÍA

La metodología a seguir para lograr los objetivos del presente proyecto, es la siguiente:

Fase I: trabajos de Campo

Reconocimiento de la cuenca en el campo.

Evaluación hidrológica de las cuencas (delimitación hidrográfica de las cuencas).

Evaluación de las estaciones meteorológicas.

Fase II: trabajos de Gabinete

Procesamiento de la información (análisis y depuración de la información hidrometeorológica recopilada).

3.2.1. Información básica

La información cartográfica básica para la realización del estudio hidrológico y la generación de mapas temáticos de la cuenca del río Carimayo, así como para el inventario y la evaluación de fuentes de agua superficial, consiste en:

Mapas de Cartas Nacionales que abarca la cuenca del río Carimayo a escala 1/100,000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN) digitalizado bajo el entorno de SIG con equidistancia mínima entre curvas de nivel de 50 m.

Mapa de Red de Estaciones Meteorológicas Administradas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMH), información proporcionada por le PELT.

Información cartográfica complementaria existente en la Administración Local del Agua (ALA) Huancané: mapa de delimitación administrativa con la demarcación de sectores de riego; mapa de ubicación de la ALA Huancané en la región Puno.

3.2.2. Información hidrometeorológica

Información hidrométrica

En el ámbito de la cuenca del río Carimayo no existe información hidrométrica necesaria.

Información Meteorológica

La información meteorológica consistente en precipitación (total mensual y máxima en 24 horas), temperatura (media, máxima, y mínima), humedad relativa, evaporación, horas de sol, velocidad y dirección del viento, se ha recopilado de las estaciones correspondientes a la cuenca del río Carimayo y de las estaciones vecinas a la cuenca.

Estaciones meteorológica cercana a la Cuenca del río Carimayo

- Estación meteorológica Chupa
- Estación meteorológica Putina
- Estación meteorológica Huancané
- Estación meteorológica Azángaro
- Estación meteorológica Muñani

- Estación meteorológica Arapa
- Estación meteorológica Progreso

Inventario y evaluación de las fuentes de Agua

3.2.3. Ríos y Quebradas

Rio Carimayo

Es el principal río de esta cuenca, que tiene una longitud de 56.23 Km, se origina en las quebradas de Carimayo, su recorrido es sinuoso, el ancho de su cauce es irregular, con las siguientes características

Aguas subterráneas, pozos y manantiales

Aguas subterráneas

Según las informaciones de ONERN-2005, en 1995, este organismo realizó un estudio de reconocimiento para establecer las posibilidades de explotación de las aguas subterráneas poco profundas (menos de 10 m), en las zonas circundantes del Lago Titicaca, dado la existencia de numerosos pozos y manantiales en áreas planas.

El proyecto consistió en realizar perforaciones en estas áreas, con profundidades menores de 10 m, lo que permitió determinar en primera aproximación las características del acuífero, así como la calidad del agua.

Lo que respecta al área de la Microcuenca del río Carimayo, se realizaron perforaciones en la comunidad del mismo nombre, que está localizado en la zona III del presente proyecto.

Potencial acuífero

Las características hidrogeológicas, hidrodinámicas e hidroquímicas del agua subterránea, revelan que el acuífero hasta 10 m de profundidad, es potencialmente explotable. Estas aguas podrían aprovecharse para complementar las deficiencias por la irregularidad de las lluvias durante la campaña agrícola principal (setiembre-abril).

Manantiales

En las áreas planas y bajas, principalmente de las zonas altas, existen numerosos manantiales, cuyas aguas son utilizadas para el consumo humano y para el abrevadero del ganado. Estas aguas si fueran aprovechadas en forma sistemática y técnica, podrían ser utilizadas en el riego complementario de los cultivos ante la ausencia de las lluvias.

Nevados

En esta zona no existen nevados.

3.2.4. Precipitación

El estudio de las precipitaciones se realizó con registros de siete estaciones climatológicas; cuatro estaciones ordinarias: Huancané, Muñani, Azángaro y Arapa; y tres estaciones pluviométricas: Putina, Ananea, Taraco, todas ubicadas fuera del área de estudio

Análisis de la Serie Histórica

El análisis básico de la serie histórica, originalmente registrada, fue ejecutado por el SENAMHI que corrigiera y completara los datos para un periodo de 30 años.

Las estaciones utilizadas cuentan con periodos de registros variables, con un máximo de 30 años entre 1979 y 2007, para la estación Putina y un mínimo de 17 años entre 1988 y 2005 para la estación Muñani

Como verificación del procedimiento del SENAMHI, se analizó los datos originales recurriendo a histogramas para el periodo 1983 y 2005.

Como se observa de los registros, las siete estaciones muestran un periodo común de 26 años, extenderlos para cubrir 30 años, a partir de 1975, no parece agregar mayor aproximación.

En general se muestra una regularidad en las precipitaciones, con presencia de las mismas entre los meses de diciembre a marzo, con las máximas presentándose en los meses de enero; y la ausencia de las mismas entre mayo a setiembre con las mínimas en el mes junio.

Los registros originales históricos, muestran que en 1985 se presentaron las alturas máximos anuales y la peor sequía en el año de 1983, justamente coincidiendo con la presencia del fenómeno del niño extremo de dicho año.

El análisis de doble masa con los registros de las estaciones pluviométricas muestra una relación lineal lámina.

En conclusión, las correcciones y complementaciones efectuadas por el SENAMHI, pueden aceptarse.

Estimación de la Precipitación Promedio

Los valores de precipitación promedio mensual y anual de las siete estaciones que sirven de base para el análisis.

Sobre cada una de estas áreas de determinaron las alturas de precipitación promedio mensual: Teniendo en cuenta la distribución espacial de las lluvias registradas en las siete estaciones utilizadas para el análisis, dibujando las isoyetas de precipitación mensual promedio para los meses de diciembre, enero, febrero, y marzo.

La precipitación promedio anual resulta igual para cada una de las microcuencas y para el total de la Microcuenca en los 685 mm.

Las alturas de precipitación promedio ,mensual generadas, varían para la Microcuenca entre un mínimo de 4.2 mm en julio, a un máximo de 146.8 mm en enero..

Persistencia de la precipitación

El análisis de la persistencia de las precipitaciones promedio mensuales se realiza para las microcuencas, en las que se divide la cuenca, aquellas identificadas en la cuenca del mismo río Carimayo.

Precipitación máxima

Para la determinación de la precipitación máxima, se ajustó a la distribución de la probabilidad de valor extremo tipo I (distribución Gumbel), la precipitación máxima de 24 horas anual de la estación Huancané, que tiene un periodo de registro de 21 años, (1984-2005).

Prueba de bondad de ajuste X^2

Se realizó la prueba con un nivel de significancia de 5%, se utilizó los siguientes descriptores estadísticos y parámetros.

Prueba de Bondad de Ajuste

La hipótesis nula es que la distribución se ajusta a los datos de precipitación máxima, la hipótesis alterna es que la distribución no se ajusta a los datos de precipitación máxima.

Coefficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía de la cuenca fue obtenido evaluando los factores de clasificación siguiente:

- La topografía del terreno
- Tipo de suelo
- Cobertura.

La característica que muestra el área del proyecto es de topografía plana a ondulada, suelos arcillo-arenosos y cobertura de terrenos cultivados, según los factores de clasificación, lo que determina un valor medio del coeficiente de escurrimiento del método racional de 0.6.

Descarga

Estimación de descargas medias

Para la determinación de las descargas que se produce en la cuenca se ha considerado la utilización de tres métodos: el Método Regional, Método de Proporción de Áreas y el Método Racional.

Método de proporción de Áreas

El segundo método utilizado es el método de proporción de áreas, que relaciona las descargas producidas en el área mayor de una cuenca con datos y una subcuenca menor sin datos de descarga.

La información básica utilizada fue la descarga aforada en la sección ubicada sobre el río Carimayo, en el puente del mismo nombre, a una altura de 3741 m.s.n.m y una cuenca de 16088 has.

Las descargas en las subcuencas, que se muestran en el cuadro RH-20 fueron encontradas mediante la utilización de la siguiente ecuación de relación:

$$Q = \frac{QhA_i}{Ah}$$

En el cual:

Q =Descarga promedio.

A_i =Área hasta la sección en km²

Q =Descarga media mensual en el puente Huancané en el mes i en m³/s

A =Área de la cuenca del río Carimayo en km².

Método Racional

El tercer método utilizado es una adecuación del Método Racional mediante la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{0.278C_oP_iA}{720}$$

Donde:

Q_i = descarga mensual en m³/s para el mes

P_i = precipitación media mensual en mm para el mes

A = área de la sección en km²

C_o = Coeficiente de escorrentía

Este método es una variación del método racional debido a que para el proyecto se requieren los valores de las descargas promedio mensuales y no valores máximos para lo cual el método recurre a valores de intensidades de precipitación.

Los valores de las descargas medias mensuales encontrados con los tres métodos; para las subcuencas se muestran en el grafico siguiente.

Análisis

Los resultados obtenidos con los tres métodos empleado que se grafican en los tres gráficos anteriores, muestran la variación estacional de mayores descargas entre los meses de enero a abril, una disminución en el mes de mayo, un estiaje entre mayo a noviembre y una recuperación en el mes de diciembre.

El método regional por tener que hacer uso de información que aunque cercana no necesariamente corresponde a las características locales propias de la Microcuenca; parece determinar valores mas altos que los otros métodos en el periodo de avenidas; en tanto que el método racional si bien muestra una tendencia similar a los otros dos métodos en el periodo de baja de las avenidas y en estiaje, en el cual inclusive prácticamente coincide con el método de proporciones, se dispara a partir del mes de agosto con lo cual sugiere la disminución del coeficiente de escorrentía que disminuye conforme se vaya secando los suelos.

Resultaría así que el método de proporciones se ajusta a las necesidades del planteamiento del aprovechamiento de las aguas. Los aforos realizados en el mes de mayo de 1995 en las secciones 1, 2, 3, y 4 se incluyen en el cuadro RH-22 y siendo bajos, refuerzan la utilización de los resultados del método de proporciones.

Persistencias de Descargas

Los eventos extremos estudiados se refieren a la evaluación de heladas. Para el análisis de heladas se utilizaron los registros de 28 años entre 1977 y 2005 de las estaciones Azángaro, Huancané, Muñani y Putina. El mes de Julio resulta el peor para la agricultura puesto que prácticamente todos los días se presenta temperaturas de helada y que más grave aún entre mayo y agosto, esto es cuatro meses al año, en cada mes se presentan más de 20 días con heladas.

3.2.5. Demanda de agua

Demanda para uso domestico

En la Microcuenca en estudio, existe una población rural de 1240 habitantes en las localidades de Trinamayo, Quesca, Arapasi, Ruka. El consumo diario de agua en este tipo de zonas rurales es 105 lit/día (3.20 m³/ms) de acuerdo a informaciones de ONERN.

Demanda para uso agrícola

Para calcular la demanda de agua para uso agrícola. Primeramente se ha 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.

Calculo de la evapotranspiración Potencial (ETP)

Se denomina Evapotranspiración Potencial (ETP), “la cantidad de agua transferida a la atmosfera por evaporación y transpiración, de una superficie natural totalmente cubierta de vegetación de porte bajo, con humedad de suelo de 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 Hargreaves; porque las estaciones meteorológicas consideradas tienen registros de temperatura y humedad relativa, que son los principales parámetros que se utilizan en esta ecuación; cuya expresión matemática es:

$$ETP = MF \cdot CH \cdot CT \dots\dots\dots (1)$$

En donde:

ETP = evapotranspiración mm/día

MF = factor que depende de la latitud y del mes.

CH = factor de corrección por humedad relativa

HR = humedad relativa media mensual (%)

CT = factor de corrección por temperatura

$$CT = 32 + 1.8 TC$$

TC = temperatura media mensual (°C)

Además los cálculos de ETP obtenidos por medio de la ecuación (1), tienen buena aproximación para zona con altitud superior a los 2000 m.s.n.m; particularmente cuando no están disponibles los valores de radiación solar incidente; que en este caso se obtienen de datos bibliográficos.

La ETP mensual, fue calculada para las estaciones de Arapa, Azángaro, Huancané y Muñani, que circundan el área de estudio. Luego se obtuvo un valor promedio mensual de estos resultados, los que consideramos como válidos para la Microcuenca del río Carimayo.

Calculo 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 del estudio se ha realizado basándose en la revisión bibliográfica, considerando las características generales de la microrregión.

Evapotranspiración Real de los Cultivos (ETC) o uso consuntivo (UC)

El valor de ETC o UC 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 (Kc) de los cultivos, para lo cual se emplea la relación:

$$UC = Kc*ETP..... (2)$$

Los valores de UC, de los principales cultivos del área de estudio, se han calculado mediante este método y los resultados se presentan en el cuadro N RH-27.

Requerimientos Unitarios Netos de agua por los cultivos (RNA)

Se facilitan los cálculos para obtener los volúmenes de agua (VA) que requieren los cultivos sembrados en una superficie (S) expresada en (ha) y en un periodo de tiempo determinado (meses), la expresión matemática es:

$$VAN = \sum(S * RNA_n) \dots \dots \dots (3)$$

En donde:

N = indica el periodo de tiempo en meses (1, 2,3.....,n)

Demandas brutas de agua por los cultivos

De acuerdo al plan de cultivos de secano y a los requerimientos netos mensuales de agua por los principales cultivos del área. Los valores de las demandas de agua totales mensuales, se representa con tres alternativas: correspondiente a la demanda neta, como base de cálculos y demandas brutas con 75% y 50% de eficiencia, dependiendo del uso de agua, en función de los métodos de riego a emplearse:

Con fines de planificación para uso agrícola, se recomienda utilizar como referencia, para este tipo de áreas de secano, eficiencias de 75%, ya que por tratarse de riego con lluvia. Se asemeja al riego por aspersión. Si fuera el caso de considerar riego artificial se utilizaría una eficiencia menor.

Demanda para uso pecuario

La población ganadera total de la Microcuenca es de 2820 cabezas de ganado (auquénidos, ovinos, porcinos y vacunos).

Los valores del consumo unitario de agua por el ganado, han sido obtenidos de información bibliográfica, tomando en cuenta a las características generales de la zona.

3.2.6. Balance hídrico

Balance hídrico del suelo

Con este tipo de balance, se analiza en la Microcuenca del proyecto en forma comparativa; la oferta de agua, compuesta por la precipitación mensual (PP) más la reserva de agua almacenada en el suelo (A); versus la demanda bruta de agua representada por la Evapotranspiración Potencial (mm).

En este caso se considera como hipótesis, que la profundidad media del suelo es 80 cm, que permite almacenar 100 mm de agua (con suelos de textura media: 1 cm de suelo puede almacenar 1.25 mm de agua).

También se tiene como premisa que el valor de la evapotranspiración Real (ETR), esta representado por el consumo de agua real y posible, pueden presentarse tres casos:

Si $PP_n > ETP_n$; luego: $ETR_{Nn} = ETP_n$

Si $PP_n > ETP_n$; luego: $ETR_{Nn} = ETP_n$

Si $PP_n > ETP_n$; luego: $ETR_{Nn} = ETP_n$

Si $PP_n > ETP_n$; luego: $ETR_{Nn} = ETP_n$

Si $PP_n > ETP_n$; luego: $ETR_{Nn} = ETP_n$

Variación del almacenamiento (A) y cálculo del almacenamiento de agua en el suelo (A).

Ocurre en los siguientes casos:

- PP = Precipitación
- Evapotranspiración Potencial
- EPR = Evapotranspiración Potencial
- ΔA = variación de almacenamiento de agua en el suelo
- A = almacenamiento de agua en el suelo
- EXC = EXCEDENTES DE AGUAS SUPERFICIALES
- DEF = déficit

Balance Hídrico a Nivel de Microcuenca

Se muestra en balance hídrico entre la oferta de agua llamada **disponibilidad** (que es la suma resultante de las aguas superficiales y subterráneas) y la demanda (que es la suma resultante de las demandas de agua por todos los usos) del área de estudio.

Demanda

Para la determinación de la demanda de agua se utilizó diferentes ecuaciones según las ecuaciones de demanda hídrica de los cultivos.

Balance

Se presenta el balance hídrico, en donde se destaca lo siguiente:

El balance mensual entre las ofertas y demandas de agua son positivas.

De acuerdo con este balance hídrico existe suficiente disponibilidad hídrica de agua para ampliar la frontera agrícola mediante pequeños proyectos de irrigación, en los lugares donde están sean factibles.

Sin embargo al analizar el balance hídrico del suelo, se tiene que entre los meses de enero a marzo no existen excedentes ni déficit, situación que beneficiara a la explotación de cultivos de corto periodo vegetativo, como hortalizas.

Aporte de sedimentos

La erosión de las laderas en volúmenes apreciables reduciría la disponibilidad de los suelos aprovechable para la agricultura en la Microcuenca.

El aporte de sedimentos se determinó utilizando diversas fórmulas empíricas como aquellas de Namba, J.V. OWEN y F.A Branson; del US Bureau de Reclamación, una formula universal de pérdidas de suelo (FUPS), que permiten cuantificar el aporte de sedimentos en ubicaciones específicas cuando no se cuentan con mediciones de sedimentos.

Formula de Namba

$$AS = 0.292P + 0.474H - 0.118F + 245.2$$

Donde:

As = aporté de sedimentos en m³/km²-año

P = precipitación promedio anual en mm.

H = desnivel total de las elevaciones en m.

F = relación del área del suelo desnudo a área del suelo cubierto de vegetación, en porcentaje.

Formula de J. B. y F. A. Branson

$$AS = 19,464.6 (H/L) + 14.29Ps - 604.8$$

Donde:

As = aporte de sedimentos en m³/km²-año.

(H/L) = desnivel de cotas de la cuenca y la longitud total del cauce principal adimensional.

Ps = porcentaje de suelo desnudo en la cuenca

Formula de Bureau of Reclamation

$$As = 1,421.8A$$

Donde:

A = área de la Cuenca en km².

As = aporte de sedimentos en m³/km²-año

Formula obtenida en base a mediciones en la cuenca del rio Mantaro

$$AS = 780.7$$

Con las mismas unidades que la fórmula del US Bureau of Reclamation.

Formula Universal de Perdida de Suelo; FUPS

$$E = 224.4R K LSC P$$

Donde:

E = pérdida de suelo en Tm/km²-año

R = factor de erosividad por la lluvia y el escurrimiento.

K = factor de erosionabilidad del suelo.

LS = factor de topografía, función de la longitud y de la pendiente del área en estudio.

C = factor de cultivos y cobertura vegetal

P = factor de prácticas de conservación

El factor R determinado entre los límites de $0.24p_1$ y $0.386p_1$, donde p_1 corresponde a la lluvia anual en mm, como en el presente estudio se determina en 685 mm, puede entonces asumirse igual a 210.

El factor K, de erosionabilidad, función de la permeabilidad y la textura del suelo que en el caso de la Microcuenca que se caracteriza por suelos limo arcilloso arenosos con permeabilidad entre lenta a moderada, puede aceptarse como 0.35.

El factor LS, se obtiene de la expresión:

$$LS = Lc (0.001390 S + 0.009694S + 0.01318)$$

Donde:

S = es la pendiente de la cuenca en porcentaje.

L = la longitud igual a 564.2 (Lc)

Siendo:

A = ares de las cuenca en km²

Lc = la longitud total de todos los cauces en la cuenca en km.

M = constante función de la pendiente S, variando según los valores que se indican a continuación:

S	M
$\geq S$	0.50
$3.5 \leq S \leq 4.5$	0.40
$1.0 \leq S \leq 3$	0.30
$S \leq 1$	0.20

Así para cada una de las subcuencas, se calcula:

El factor de cultivos y cobertura vegetal, C, se determina recurriendo a cuadros para pastizales y terrenos en descanso y forestales.

El factor, P, de prácticas de control, se asume igual a la unidad por no haber ningún tipo de control.

Las pérdidas de suelos en cada una de las subcuencas, se les determina con los diferentes valores de las componentes de la ecuación FUPS, sin embargo, como parte del suelo erosionado llega al cauce, se tiene que recurrir a un coeficiente denominado de entrega de sedimentos, CES, a estimarse con la ecuación.

$$\text{Log CES} = 1.93542 - 0.14191 \text{ Log A}$$

Así el aporte de sedimentos A_s , con la fórmula FUPS resulta de multiplicar la pérdida de suelo E por el coeficiente de entrega CES.

Inventario y Evaluación de la Infraestructura de Riego

Si bien es cierto que la disponibilidad de agua para la agricultura en un balance hídrico anual no es suficiente para asegurar dos campañas anuales, esto no sería tampoco posible en razón de las características climáticas adversas. En todo caso el riego sería de carácter complementario como una forma de asegurar de la campaña de secano orientando sus usos en las laderas.

Contribuye a esta situación la existencia de numerosos manantiales en las partes elevadas que eventualmente se aprovecharían como fuente de agua para uso doméstico y para riego suplementario.

Los principales sistemas pequeños de irrigación han surgido a raíz de la inquietud de los pobladores de la zona. Dentro de la Microcuenca en estudio: riego en la cuenca del río Carimayo, que disponen de agua en el mismo nombre, de riego instalada por derivación del río y/o encauzamiento de agua de manantiales afluentes de los ríos principales.

:

IV. RESULTADO Y DISCUSIONES

4.1. DESCRIPCIÓN DE LA MICROCUENCA CARIMAYO

4.1.1. Ubicación, área y vía de acceso

La micro cuenca Carimayo políticamente se encuentra ubicado en el Distrito de Chupa, Provincia de Azángaro, Región Puno con una extensión de 160.88km², las principales vías de acceso son la carretera Puno – Azangaro y haciendo desvío de 12 Km. de Chupa. En la Figura N° 01 podemos mostrar la ubicación de la cuenca del río Carimayo

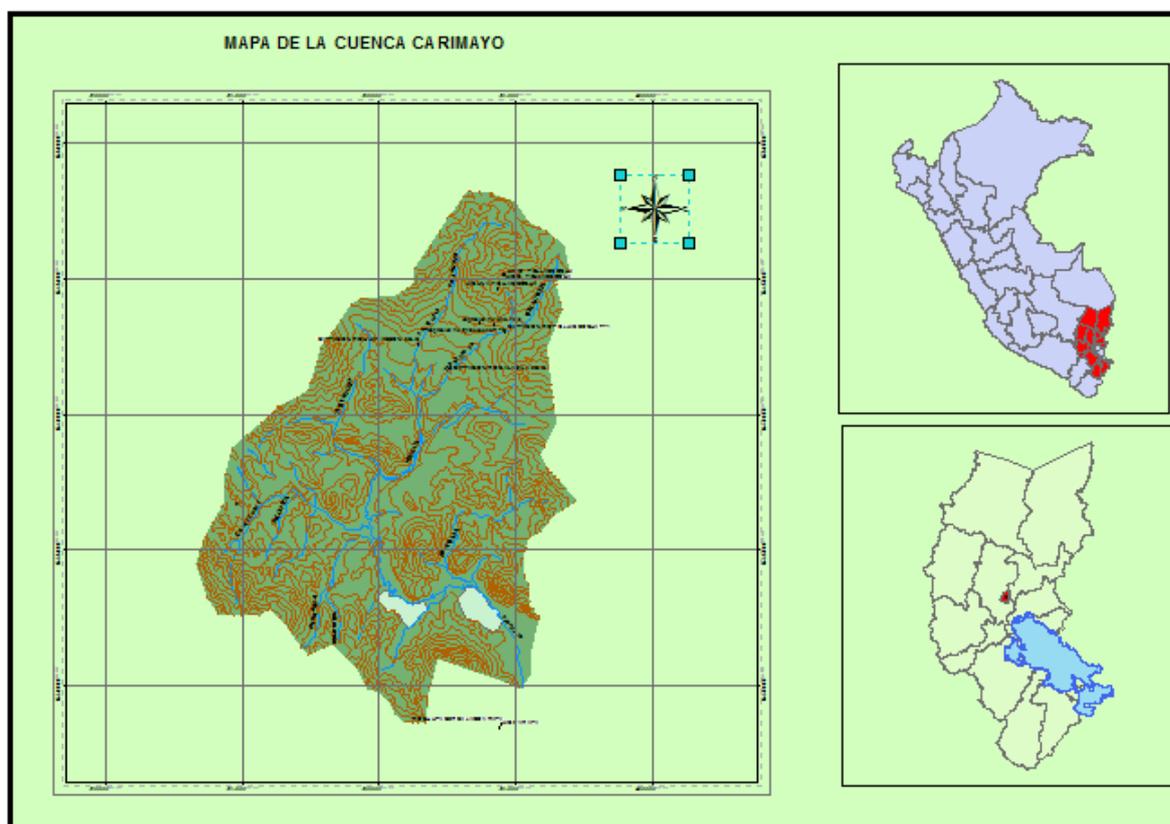


Figura 1: Mapa de Ubicación de la cuenca Carimayo

4.2. EL AREA Y PENDIENTE DE LA MICROCUENCA

El área de la microcuenca se ha podido determinar siguiendo las parte mas altas dentro de una cota. Se determinó los parámetros Fisiográficos y los resultados se muestra en el cuadro N° 02.

El micro cuenca está delimitado a través de los puntos más altos que rodean para formar un río siguiendo las cotas más altos en la microcuenca.

Cuadro 2: PARAMETROS FISIAGRÁFICOS DE LA MICROCUENCA CARIMAYO

PARAMETROS	SIMB.	UNID.	VALOR
Área	A	Has	16088.00
Perímetro	P	Km	58.69
Índice de compacidad	Ic	Adim	1.73
Factor de forma	Ff	Adim	0.18
Densidad de drenaje	Dd	Adim	1.13
Pendiente medio del cauce	S	%	23.15
Altitud media	H	m.s.n.m	4267

Fuente: Elaboración propia Tema de Tesis

Ecología

Según el mapa ecológico del Perú (1965), la zona estudiada corresponde a la zona de vida bosque húmedo Montano Sub Tropical (bh-MS), caracterizado por poseer una biotemperatura media anual máxima de 12.9 °C y media anual mínima de 6.5 °C, el promedio máximo de precipitación total por año es de 1,119 mm y el promedio mínimo es de 410 mm.

De acuerdo al diagrama bioclimático de Holdridge, esta zona de vida tiene un promedio de evapotranspiración potencial total variable entre la mitad (0.5) y una cantidad igual (1) al volumen de precipitación promedio total por año, lo que ubica a esta zona de vida en la provincia de humedad-Húmedo.

Hidrografía

El sistema hidrográfico de la cuenca del río Carimayo, tiene sus orígenes en los deshielos de los nevados ubicados en las parte altas de la cuenca, los cuales forman riachuelos que posteriormente al unirse con otros riachuelos de las quebradas forma este río, en todo su recorrido tributan buena cantidad de riachuelos en las quebradas, hasta la final para desembocar sus aguas en el Lago Arapa.

Para el presente estudio se ha considerado que los sistemas hidrológicos son extremadamente complejos y es posible que no se logre su conocimiento total. Por ello es conveniente su representación en forma simplificada por medio del concepto de sistema; el sistema de agua superficial, que entiende los procesos de retención y escorrentía superficial, básicamente, los que originados de los bofedales que forman parte importante de pastizales.

3) Inventario de Manantiales.-

Generalmente los manantiales se encuentran siempre ubicados al pie de las montañas y poseen áreas de captación inferiores a varias decenas de hectáreas. Los manantiales presentan fluctuaciones apreciables en su descarga como respuesta a las fluctuaciones estacionales de la precipitación y fluctuaciones diurnas del caudal de descarga, en el caso de los pequeños manantiales se deben generalmente a los consumos de agua por parte de la vegetación; alguno de estos fluye vigorosamente entre la media noche y el amanecer, pero pueden llegar a secarse durante el día.

Los grandes acuíferos proceden de torrentes de lava, caliza cavernosa, bloques rodados o gravas, y los pequeños manantiales pueden encontrarse en todo tipo de terrenos. Los 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, fisuramiento, porosidad, transmisibilidad, y almacenamiento.

Clasificación

En la zona de trabajo, de acuerdo a los caudales aforados y que se presentan el siguiente numeral, se concluye que los manantiales son de quinta categoría. Los manantes que contribuyen con la oferta del recurso hídrico al ámbito del proyecto se presentan de forma indistinta. Para el estudio del rendimiento u oferta se ha procedido con el respectivo control mediante aforos, registrados en la época de secas.

4) Disponibilidad Hídrica en los Fuentes de agua

Los manantes ubicados al interior del ámbito del estudio se muestran en el cuadro (3)

Cuadro 3: Fuentes de Agua Inventariadas en la Zona de Estudio.

Nombre	Uso	Estado	Caudal Lt/se	Formación	Altitud (msnm)	COORDENADAS	
						ESTE	NORTE
Captación 1	Agropecuario	Libre	10.00	Natural	4315	394682	8343048
Captación 2	Agropecuario	Libre	8.00	Natural	4342	394280	8343267
Captación 3	Agropecuario	Libre	12.00	Natural	4307	393768	8343380
Río Cina	Agropecuario	Libre	15.00	Natural	4342	394241	8343279
Río	Agropecuario	Libre	60.00	Natural	4150	391512	8342579
Huaraconi	Agropecuario	Libre	50.00	Natural	4124	392703	8341678
Río Calacala							

Fuente: Elaboración propia tema de tesis

Cuadro 4: Clasificación de Manantiales Basado en el Caudal Suministrado Promedio Diario.

CATEGORIA	SUMINISTRO MEDIO DIARIO
Primera	Superiores a 2.83 m ³ /seg.
Segunda	Entre 0.283 y 2.83 m ³ /seg.
Tercera	Entre 28.3 y 283 lt/seg.
Cuarta	Entre 6.31 y 28.3 lt/seg.
Quinta	Entre 0.631 y 6.31 lt/seg.
Sexta	Entre 63.1 y 6.31 ml/seg.
Séptimo	Entre 7.9 y 63.1 ml/seg.
Octava	Menores de 7.9 ml/seg.

Fuente: Víctor Bustinza 1999

En la zona de estudio de acuerdo a los caudales aforados y que se presentan menores a 283 lt/seg. y se concluye que los manantiales son de Tercera categoría.

Cuadro 5: LAGUNA EN LA CUENCA DEL RIO CARIMAYO

LAGUNAS	ALTITUD (msnm)	ESTE	NORTE
LAGUNA ITIGLLACCOCHA	4568	394391	8344594
LAGO TIGLLACCOCHA	4542	394575	8345140
LAGO ARAPA	3831	394474	8328455

FUENTE: ELABORACION PROPIA

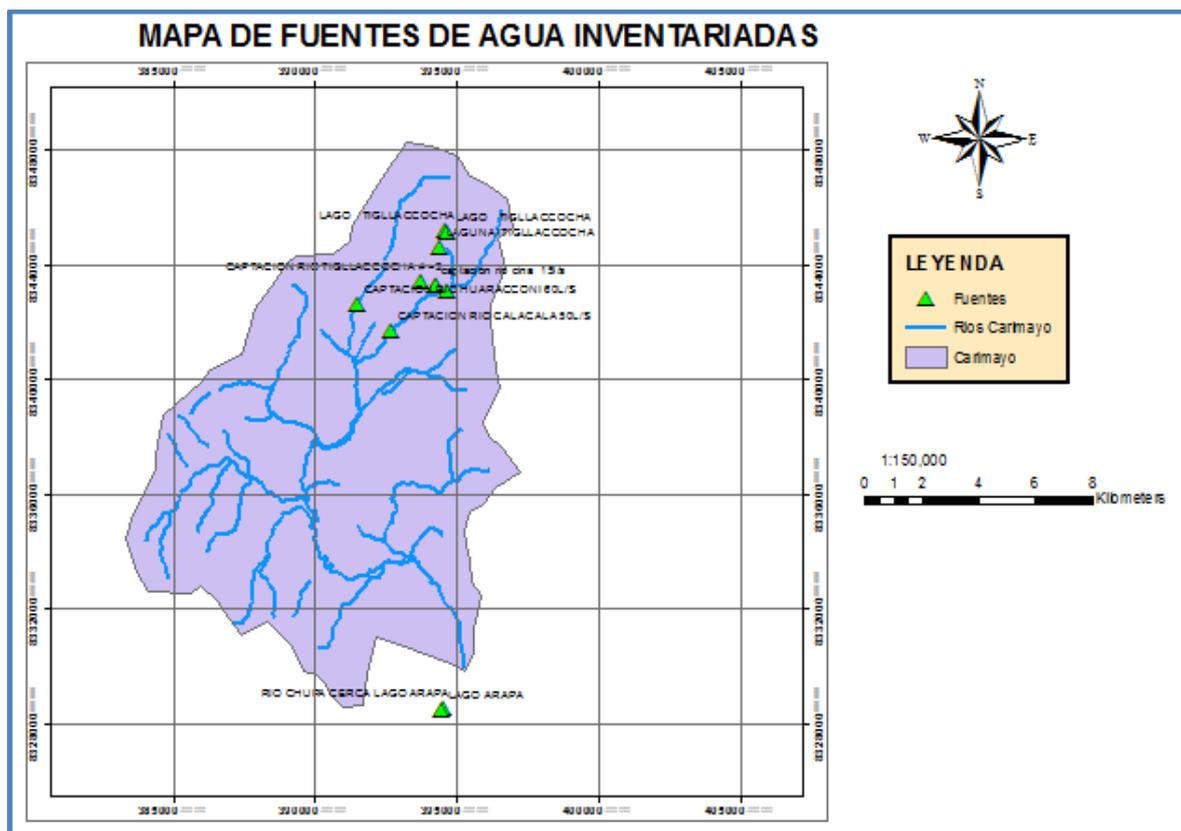


Figura 3: Mapa de fuentes de agua

4.4. EVALUACION DE LA CALIDAD DE AGUA

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

a) Uso doméstico

Los resultados de los análisis químicos realizados las fuentes de captación del agua para el consumo doméstico, por el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias, se puede concluir que las aguas de este fuente con fines uso doméstico son muy buenas los resultados de los análisis químicos fueron los siguientes:

Cuadro 6: Análisis químico del agua

Elementos	Valores obtenidos (ppm)	Tolerancia (ppm)
Cobre	0.121	1.000
Cromo	0.000	0.050
Cadmio	0.000	0.010
Arsénico	0.000	0.100
Plomo	0.010	0.050

Fuente: Proyecto de agua potable (2011)

b) Uso Agrícola

Es importante este análisis porque 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 en la toma rustica. La muestra fue analizada en el Laboratorio de Ciencias Agrarias UNA-PUNO cuyo resultado se muestra en el cuadro N° 7

La muestra analizada dio una clasificación C1-S1 según los criterios dados por el laboratorio, adaptado de "The Quality of water for Irrigation" de Universidad de EE. UU. Lo cual significa: quiere decir que no existe peligro de sodio y la calidad de las aguas son buenas o aceptables pueden usarse en riego de suelos de cualquier clase textural, según (diagrama de Wilcox de la interpretación de la aptitud de agua de riego).

Cuadro 7 : análisis de agua

CE	pH	Mg	Ca	Na	K	CO ₃	HCO ₃	NO ₃	SO ₄	Cl	RA
dS/ m		Me/l t					3	3			S
0.10	6.8 6	6.07	2.4 9	11.7 5	5.2 5	62.9 7	55.34	0.03	30.0 0	17.0 2	6.72

Fuente: Elaboración Propia tema de tesis, análisis de agua UNA-Puno

pH : Según el análisis físico químico , el valor obtenido como se muestra en el cuadro N° 7, está dentro de los límites permisibles para las clases de aguas I, II, III, IV, V.

Conductividad Eléctrica: Según los resultados del análisis del agua, el valor obtenido como se muestra en el cuadro N° 7, nos indica que tiene baja concentración de sales, por lo tanto es agua dulce de buena calidad para el consumo humano, fauna biótica, para riego de diferentes cultivos.

Cloruros (Cl) : Según el análisis de agua del Anexo N° 01, el valor obtenido se encuentra debajo del límite permisible y de acuerdo a los valores establecidos por la Organización Mundial de Salud el valor límite es de 250 mg/L, por consiguientes es permisible para el consumo humano.

Sulfatos (SO₄): Según el análisis fiicoquimico se ha obtenido una concentración como se muestra en el cuadro anterior, este valor se encuentra debajo del límite permisible y de acuerdo a los valores establecidos por la Organización Mundial de Salud el valor límite es de 400mg/L, asi mismo según la ley general de aguas es permisibles para las aguas de clase II; por consiguiente es permisible para el consumo humano.

Na⁺, Ca²⁺ y Mg⁺, representan las concentraciones de sodio, calcio y magnesio del agua de riego, expresado en meq/lit.

4.5. DEMANDA DE AGUA DE USO DOMESTICO

Cuadro 8: Demandas Poblacionales

AÑO	Pa	T	P (Pf-Pa)	Pa*t	R P/Pa*t	r*t
2012	998					
		5	102	550	0.18	0.9
2013	1100					
		10	241	2410	0.1	1.00
2014	1240					
TOTAL		15				1.9

Determinación del Coeficiente de Crecimiento Anual por 1000 habitantes.

donde:

$$r = \frac{1.9}{15}$$

$$r = 0.12 = 12.6\%$$

$$Pf(2020) = 1341 \left(1 + \frac{12.6 * 20}{1000} \right)$$

$$Pf(2020) = 1679 \text{habit. Al año 2025}$$

Para el presente estudio se ha tomado en cuenta la demanda de agua QUIROZ 1967, dice que el consumo medio está basado en la población total puede ser computado 20 y 60 lt. Menciona también que para el medio rural, se establece entre 20 a 40 lt/hab/dia

Haciendo los cálculos según las ecuaciones, respectivos el caudal promedio es 1.21 lt/seg y caudal maximo diario es 1.57 lts/seg.

Considerando según que actualmente se consume 3.4 lt/seg esto implica que mayor parte de nuestra población utiliza agua potable, provenientes de diferentes manantiales

4.6. DEMANDA DE AGUA DE USO PECUARIO

Comprende las demandas de uso pecuario, se estiman en función a los requerimientos para este propósito, en función al tipo de producción pecuaria, en población actual y proyectada de animales y la dotación per. cápita respectiva para este fin el agua de uso poblacional es utilizada una parte de pobladores que se dedica en actividad pecuaria.

La población ganadera total de la microcuenca de Carimayo es de 2709 (auquénidos, vacunos, ovinos y porcinos)

Cuadro 9: Demanda de agua para uso pecuario

Ganado	Consumo Percapita		Número de cabezas	Consumo anual de agua (m3)
	Lt/día	M3/año		
Vacuno	20.00	7.30	575	4198
Porcino	8.00	2.92	325	949
Auquenidos	4.00	1.10	500	550
Ovino	3.00	1.46	1420	2073
Total			2820	7770

Fuente: encuesta comunal 2014 (Padrón de las comunidades)

4.7. INFORMACION METEOROLOGICA

La información meteorológica se recopiló del senamhi de la estaciones que se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro 10: Ubicación de la estaciones meteorológicas

Nro.	CODIGO	TIPO	ESTACION	CUENCA	DISTRITO	PROVINCIA	REGION	ALT.	LAT. SUR	LONG. OESTE	ESTE	NORTE	PROP.	OPER
02	012114	CO	Arapa	Titicaca	Arapa	Azangaro	Puno	3830	15°08'10.5"	70°07'05.6"	379852.61	8326297.89	Senamhi	SI
04	012104	CO	Azangaro	Ramis	Azangaro	Azangaro	Puno	3863	14°54'51.7"	70°11'26.7"	371926.62	8350803.46	Senamhi	SI
07	012117	CO	Huancane	Huancané	Huancane	Huancané	Puno	3890	15°12'5.4"	69°45'12.8"	419061.44	8319247.44	Senamhi	SI
12	012110	CO	Progreso	Ramis	Asillo	Azangaro	Puno	3970	14°41'21"	70°21'55.8"	352976.45	8375605.75	Senamhi	SI
14	012127	CO	Putina	Huancané	Putina	San Antonio de Putina	Puno	3878	14°55'15.5"	69°52'03.8"	406676.12	8350232.85	Senamhi	SI
23	012124	CO	Muñani	Huancané	Muñani	Azangaro	Puno	3948	14°46'01"	69°57'06.5"	397559.63	8367233.88	Senamhi	SI

Fuente: SENAMHI (2015)

4.8. DETERMINACIÓN DE DEMANDA DE AGUA DE LOS CULTIVOS

4.8.1. Evapotranspiración Potencial (Etp)

1. Temperatura

En la Microcuenca Carimayo la Temperatura media se ha obtenido de la Estación Meteorológica, en donde existe una variación de cada mes, en los meses de Diciembre, Enero, Febrero registran temperatura altas y en los meses Junio y Julio son menores esto varia de las estaciones del año.

2. Evapotranspiración potencial

Se determinó esto dependiendo de la temperatura, la radiación solar, altitud, latitud que se puede mostrar en el cuadro N° 11, La evapotranspiracion máxima calculada es de 119 mm / mes.

Cuadro 11: EVAPOTRNASPIRACION POTENCIAL (MESES)

REFERENCIA	UND	MESES											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL DEL CULTIVO (E _p)	mm	112.00	97.00	102.50	90.50	89.50	72.50	80.00	89.00	103.50	115.00	115.50	119.00

Fuente: Elaboración propia

4.8.2. Coeficiente de cultivo (Kc)

Los coeficientes de cultivo Kc. se determinó para cada cedula de cultivo Propuesto en la Microcuenca Carimayo.

Estos valores de Kc se presentan en el cuadro N° 12. De la Microcuenca Carimayo.

Cuadro 12: Coeficientes de Cultivos (Kc)

CULTIVO	AREA ha	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
ALFALFA*	78.6	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	1.15	1.15	1.15	1.10	1.00	1.00	1.00
AVENA FORRAJERA	78.6		0.54	0.85	0.95	1.00	1.07	0.88	0.79	0.61	0.40		
PAPA	52.4		0.57	0.70	0.85	0.92	0.91	1.00	1.06	1.02	0.88		
QUINUA	52.4		0.54	0.80	0.91	0.93	0.89	0.83	0.67	0.36			
Kc PONDERADO		0.16	0.56	0.80	0.92	0.98	1.03	0.95	0.89	0.72	0.43	0.16	0.16
AREA TOTAL (ha)	262	79	262	210	78.6	78.6							

FUENTE : ELABORACIÓN PROPIA.

4.8.3. Determinación de la Evapotranspiración real del cultivo (ETR) o Lámina neta o necesidad real de agua

La evapotranspiración real se determinó está representado en la cuadro N° .11, en donde no muestra que la lámina neta de riego varía de acuerdo a las condiciones climáticas de cada mes y el desarrollo de cada cultivo en el crecimiento, también dependiendo de las condiciones de suelo en la textura en donde como un parámetro para la aplicación de un sistema de riego.

Cuadro 13: EVAPOTRANSPIRACION REAL DE CULTIVO

REFERENCIA	UND	MESES											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL DEL CULTIVO (E _p)	mm	112.00	97.00	102.50	90.50	89.50	72.50	80.00	89.00	103.50	115.00	115.50	119.00
FACTOR K _c PONDERADO (K _c Ponderado)		1.03	0.95	0.89	0.72	0.43	0.16	0.16	0.16	0.56	0.80	0.92	0.98
EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL DEL CULTIVO O USO CONSUNTIVO (UC)	mm	115.68	92.52	91.70	65.52	38.93	11.95	13.18	14.67	58.15	92.32	106.07	116.61

Fuente: Elaboración propia

4.8.4. Precipitación efectiva

4.8.4.1. Precipitación

La precipitación del área de estudio se ha obtenido a través de la Una seria de 25 años en la Estaciones Meteorológicas en el ámbito de la microcuenca donde se registran precipitaciones máximas en los meses Diciembre, Enero, Febrero y marzo son los periodos de intensa lluvia cuyos promedios oscilan entre 117, 96, 142, 139 mm., la precipitación medida en lámina de agua, es muy variable de un lugar a otro, para un mismo lugar también con el tiempo, determinado en meses. Se muestra en el cuadro N° 14.

Cuadro 14: PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm/mes)

ESTACION		AZANGARO										CODIGO	012104					
CUENCA	RAMIS													LATITUD	14°54'51.7"	S	REGION	PUNO
RIO														LONGITUD	70°11'26.7"	W	PROV	AZANGARO
TIPO	CO													ALTITUD	3863 MSNM		DIST	AZANGARO
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL					
1964			104.5	65.0	13.5	0.0	0.0	0.5	39.0	32.0	50.5	68.8						
1965	150.0	82.0	133.0	27.5	0.5	0.0	0.0	2.5	18.5	18.9	55.5	122.5	610.9					
1966	92.5	49.0	31.5	19.0	44.3	0.0	0.0	1.5	36.7	46.5	55.9	92.5	469.4					
1967	41.0	104.0		6.9	14.2	0.0	12.0	23.6	35.8	41.5	8.6	129.8						
1968	81.2	143.0	73.9	36.9	0.7	1.0	8.0	7.6	25.5	20.9	60.4	33.7	492.8					
1969	117.1	63.6	36.0	28.8	0.0		12.0		18.5	15.6	31.8	51.2						
1970	126.9	42.0	96.1	96.6	14.7	0.0	0.0	0.0	39.3	35.6	38.2	152.1	641.5					
1971	91.6	190.3	31.0	28.1	0.5	0.6	0.3	8.7	5.8	18.1	55.8	80.1	510.9					
1972	140.9	108.9	68.7	37.4	0.0	0.0	4.0	9.7	41.6	26.3	55.6	106.6	599.7					
1973	176.4	99.8	112.9	93.7	22.2	0.0	3.4	4.9	47.7	43.7	88.3	23.8	716.8					
1974	98.0	125.0	94.4	34.9	19.0	6.1	0.0	27.6	19.8	30.0	55.7	59.2	569.7					
1975	96.0	88.6	108.6	33.1	7.2	14.5	0.0	0.0	20.7	71.7	57.5	110.0	607.9					
1976	115.9	102.5	57.4	6.7	8.9	5.5	0.4	13.3	41.2	3.3	61.0	96.1	512.2					
1977	64.2	113.0	120.2	17.5	3.4	0.0	0.0	0.0	43.3	51.6	91.2	61.0	565.4					
1978	141.6	139.3	77.6	37.4	2.7	0.0	0.0	0.0	17.8	35.6	168.5	192.3	812.8					
1979	146.1	28.7	62.2	39.6	4.0	0.0	0.0	0.0	6.5	60.9	37.1	112.8	497.9					
1980	120.1	64.2	91.3	9.0	5.7	0.0	5.5	3.6	29.4	77.9	10.1	56.9	473.7					
1981	112.5	105.3	92.3	47.0	5.6	4.0	0.0	26.9	27.7	65.4	36.4	100.7	623.8					
1982	112.5	101.1	92.3	58.5	0.0	0.0	0.0	27.0	27.7	65.4	36.4	100.7	621.6					
1983	112.5	101.1	92.3	58.5	0.0	0.0	0.0	27.0	27.7	65.4	36.4	100.7	621.6					
1984	112.5	101.1	92.3	58.5	0.0	0.0	0.0	27.0	0.8	78.3	238.8	167.1	876.4					
1985	112.5	101.1	47.8	167.5	0.0	0.0	0.0	0.7	16.3	20.3	178.7	114.0	758.9					
1986	85.0	92.6	47.8	167.5	0.0	0.0	0.0	6.3	37.0	4.2	178.7	114.0	733.1					
1987	85.0	107.5	67.7	44.6	6.3	5.3	28.4	6.3	37.0	4.2	178.7	114.0	685.0					
1988	85.0	107.5	67.7	44.6	6.3	5.3	28.4	6.3	37.0	4.2	178.7	114.0	685.0					
1989	85.0	107.5	67.7	44.6	6.3	5.3	28.4	6.3	20.8	6.5	35.5	64.5	478.4					
1990	159.0	76.0	67.7	44.6	6.3	5.3	28.4	6.3	20.8	6.5	35.5	64.5	520.9					
1991	159.0	76.0	67.7	44.6	6.3	5.3	28.4	6.3	20.8	6.5	35.5	64.5	520.9					
1992	159.0	76.0	49.7	14.4	0.0	8.0	0.0	59.8	20.8	6.5	35.5	64.5	494.2					
1993	142.8	54.5	84.3	87.9	11.6	4.8	1.3	9.2	24.4	68.6	125.4	127.4	742.2					
1994	111.7	169.3	89.1	87.9	0.5	0.0	0.0	6.3	13.4	35.6	59.8	88.1	661.7					
1995	62.3	78.0	97.8	4.6	0.2	0.0	0.0	0.6	5.1	33.1	90.0	88.4	460.1					
1996	142.5	67.9	121.9	15.7	15.0	0.3	2.0	3.1	11.2	35.2	59.5	64.0	538.3					
1997	150.4	151.3	139.1	30.1	7.8	0.0	0.0	13.1	32.1	36.9	134.6	100.5	795.9					
1998	95.0	71.4	77.2	24.6	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	58.0	76.3	17.6	431.1					
1999	99.8	68.0	134.6	52.0	3.5	1.0	0.0	0.5	30.6	69.3	31.8	23.2	514.3					
2000	132.4	114.0	51.3	8.4	2.9	7.9	0.5	38.8	0.7	79.8	25.6	65.3	527.6					
2001	195.4	94.8	168.0	15.9	19.9	0.0	4.4	8.0	16.6	44.9	42.5	166.6	777.0					
2002	157.4	116.4	155.4	49.1	10.3	1.9	10.8	9.0	15.0	187.3	87.1	170.6	970.3					
N' DATOS	38	38	38	39	39	38	39	38	39	39	39	39	36					
MEDIA	117.6	96.9	86.1	45.9	6.9	2.2	5.3	10.5	24.1	41.3	74.8	93.4	614.4					
DESV.STD	33.4	33.1	32.9	36.8	8.6	3.3	9.5	12.9	12.3	33.6	55.1	41.2	128.6					
MIN	41.0	28.7	31.0	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	3.3	8.6	17.6	431.1					
MAX	195.4	190.3	168.0	167.5	44.3	14.5	28.4	59.8	47.7	187.3	238.8	192.3	970.3					
MEDIANA	112.5	101.1	86.7	37.4	5.6	0.0	0.0	6.3	20.8	35.6	55.8	96.1	603.8					

FUENTE: ESTACION METEOROLÓGICA AZANGARO

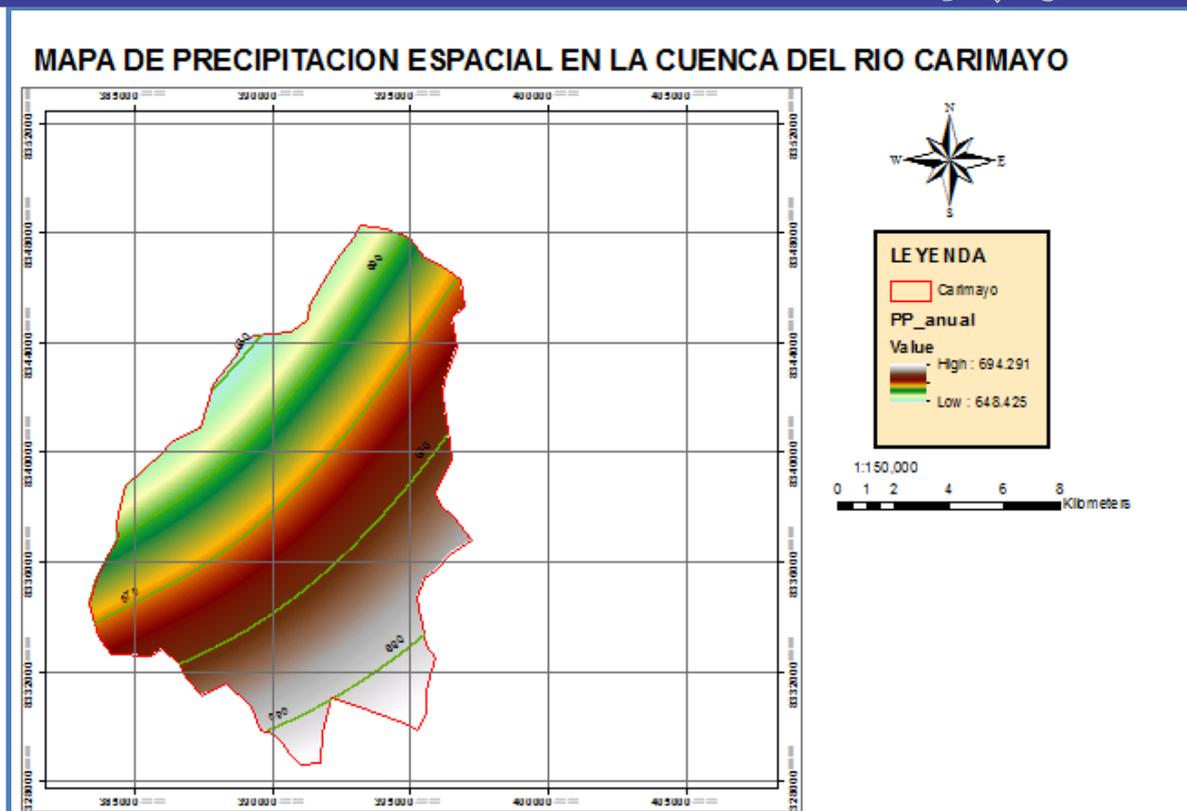


Figura 4: Mapa de Precipitación espacial en la cuenca del río Carimayo

4.8.4.2. Precipitación efectiva (Pe)

La precipitación efectiva se determinó a través de las ecuaciones de la FAO y del Método empírico Water Resources Service U.S., en donde la variación de las precipitaciones varía de acuerdo a los meses del año, esto podemos mostrarlo en el cuadro N° 15

Cuadro 15: VARIACION DE LA PRECIPITACION EFECTIVA AL 75% (mm/mes)

REFERENCIA	UND	MESES											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL DEL CULTIVO (E _p)	mm	112.00	97.00	102.50	90.50	89.50	72.50	80.00	89.00	103.50	115.00	115.50	119.00
FACTOR K _c PONDERADO (K _c Ponderado)		1.03	0.95	0.89	0.72	0.43	0.16	0.16	0.16	0.56	0.80	0.92	0.98
EVAPOTRANSPIRACION REAL DEL CULTIVO O USO CONSUNTIVO (U _C)	mm	115.68	92.52	91.70	65.52	38.93	11.95	13.18	14.67	58.15	92.32	106.07	116.61
PRECIPITACION	mm/mes	119.4064	93.321	85.162	38.809	8.0234	1.8915	2.0851	7.8043	21.783	43.128	67.206	88.07
PRECIPITACION EFECTIVA (P. Efec)	mm/mes	70.53	49.66	43.13	13.29	0.00	0.00	0.00	0.00	3.07	15.88	30.32	45.46

Fuente: Elaboración propia

4.8.5. Demanda de agua

La determinación de la demanda de agua de los cultivos, en donde está La evapotranspiración Actual restado por la Precipitación Efectiva nos da un resultado y esto es en cada de los meses para saber el déficit de agua que puede necesitar la planta. Que se muestra en el cuadro N° 16, en donde podemos observar que la mayor demanda de agua existe en el mes Julio.

Cuadro 16: Demanda de agua (mm/mes)

REFERENCIA	UND	MESES											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL DEL CULTIVO (Etp)	mm	112.00	97.00	102.50	90.50	89.50	72.50	80.00	89.00	103.50	115.00	115.50	119.00
FACTOR Kc PONDERADO (Kc Ponderado)		1.03	0.95	0.89	0.72	0.43	0.16	0.16	0.16	0.56	0.80	0.92	0.98
EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL DEL CULTIVO O USO CONSUNTIVO (UC)	mm	115.68	92.52	91.70	65.52	38.93	11.95	13.18	14.67	58.15	92.32	106.07	116.61
PRECIPITACIÓN	mm/mes	119.4064	93.321	85.162	38.809	8.0234	1.8915	2.0851	7.8043	21.783	43.128	67.206	88.07
PRECIPITACIÓN EFECTIVA (P. Efec)	mm/mes	70.53	49.66	43.13	13.29	0.00	0.00	0.00	0.00	3.07	15.88	30.32	45.46
REQUERIMIENTO DE AGUA (Req)	mm/mes	45.15	42.86	48.57	52.23	38.93	11.95	13.18	14.67	55.08	76.45	75.75	71.16

Fuente: Elaboración Propia

4.8.6. Demanda bruta de agua de riego

Se determinó a través de la ecuación, en donde se obtenido un valor. Este valor que indica el volumen de agua del cual se debe disponer para poder regar en cantidades adecuadas. Estos valores se muestran en el cuadro de resumen de demanda de agua.

4.8.7. Determinación de Frecuencia de riego

Para la determinación de Frecuencia de riego se utilizó La ecuaciones citada en la metodología respectiva. Estos valores determinados nos indican cuantas veces por mes vamos regar un cultivo en pleno desarrollo, cuanto más frecuente y más ligeramente hay que regar. Los parámetros lámina neta de agua fácilmente aprovechable se ha obtenido para los meses respectivos que me muestra en Cuadro de Resumen de Demanda de agua.

4.8.8. Determinación de tiempos de riego

El tiempo de riego se determinó a través de la ecuación, de la metodología respectiva.

El tiempo de riego se determinó para cada mes en función de la textura de suelo, previamente realizada una prueba de infiltración en la Microcuenca Carimayo en parte donde es aprovechada para cultivos que se muestrea en los Cuadro N° 16, el tiempo de riegos varía de acuerdo de acuerdo a la lámina neta de riego. De la ecuación de

determinación de tiempo de riego indica la lámina neta dividida con la Infiltración básica se ha obtenido para todo los 12 meses del año

4.8.9. Determinación de módulo de riego para el área de estudio

El módulo de riego obtenido para el área de riego propuesto se ha obtenido mediante la ecuación, para todo los meses. Con lo cual determinó el caudal necesario para un área determinada; así mismo es importe para el dimensionamiento de los canales, tomándose para este caso el máximo valor de los doce meses año. Todo esto se muestra en el cuadro N° 17. Demanda de agua de los cultivos.

Cuadro 17: DEMANDA DE AGUA DE LOS CULTIVOS

REFERENCIA	UND	MESES											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL DEL CULTIVO (E _{bp})	m m	112.00	97.00	102.50	90.50	89.50	72.50	80.00	89.00	103.50	115.00	115.50	119.00
FACTOR Kc PONDERADO (Kc Ponderado)		1.03	0.95	0.89	0.72	0.43	0.16	0.16	0.16	0.56	0.80	0.92	0.98
EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL DEL CULTIVO O USO CONSUNTIVO (UC)	m m	115.68	92.52	91.70	65.52	38.93	11.95	13.18	14.67	58.15	92.32	106.07	116.61
PRECIPITACIÓN	mm/mes	119.4064	93.321	85.162	38.809	8.0234	1.8915	2.0851	7.8043	21.783	43.128	67.206	88.07
PRECIPITACIÓN EFECTIVA (P. E _{efc})	mm/mes	70.53	49.66	43.13	13.29	0.00	0.00	0.00	0.00	3.07	15.88	30.32	45.46
REQUERIMIENTO DE AGUA (Req)	mm/mes	45.15	42.86	48.57	52.23	38.93	11.95	13.18	14.67	55.08	76.45	75.75	71.16
REQUERIMIENTO VOLUMÉTRICO DE AGUA (Req.Vol)	m ³ /ha	451.53	428.59	485.72	522.34	389.27	119.48	131.84	146.67	550.81	764.48	757.50	711.55
EFICIENCIA DE RIEGO (E _{friego} - 17.79%)		0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
NÚMERO DE HORAS DE RIEGO (N° horas riego)	hr	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
NÚMERO DE HORAS DE RIEGO (N° horas riego)	hr	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
NÚMERO DE HORAS DE RIEGO (N° horas riego)	hr	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
NÚMERO DE HORAS DE RIEGO (N° horas riego)	hr	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
N° DE DÍAS DEL MES		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
MODULO DE RIEGO (MR - 24 horas)	l/s/ha	0.9	1.0	1.0	1.1	0.8	0.3	0.3	0.3	1.2	1.6	1.6	1.5

Fuente: Elaboración propia

4.9. USO ACTUAL DEL AGUA

El uso actual del agua por las diferentes juntas de agua se resume en el siguiente cuadro N° 18.

Cuadro 18: uso actual del agua para riego

Nombre del usuario	Nombre de la unidad operativa	Caudal concedido (lt/seg)	uso
Chupa	Chupa	4.5	agropecuario
Irrigaciones	Irrigaciones	4.5	Agropecuario

Fuente: Inventario (2014)

4.10. ELABORACIÓN DEL MAPA DE PENDIENTES

En este mapa se pueden clasificar unidades por pendiente con base en el mapa cartográfico (curvas de nivel). Es elaborado en forma manual por separación visual y utilización de plantillas o en forma automatizada mediante procedimientos de SIG basado en técnicas cartográficas. Una descripción detallada de la técnica de elaboración de este mapa puede encontrarse en los trabajos de Ferreiro 1984

Para áreas con pendientes menores de 10%, en superficies menores de 15 ha, o en las áreas muy complejas como las regiones kársticas, no es conveniente usar mapa de curvas de nivel para la elaboración de un mapa de pendientes, entonces las pendientes se han establecido directamente en el campo, con el equipo que se disponga.

Los resultados obtenidos se encuentran en el cuadro N° 19.

Cuadro 19: Pendientes de Terreno de la Microcuenca

Clase	Rango pendiente %	Termino descriptivo	Área	
			Hás	%
I	0 -2	Casi sin nivel	9979.67	62.032
II	2 - 5	Ligeramente inclinado	5094.84	31.668
III	5 – 10	Moderadamente inclinado	882.92	5.488
IV	10 – 15	Fuertemente inclinado	109.34	0.680
V	15 – 30	Moderadamente empinado	17.53	0.109
VI	30 – 50	Empinado	3.20	0.020
VII	50 - 75	Fuertemente empinado	0.54	0.003

FUENTE: Elaboración Propia, Tema de Tesis

Esto concluye que la mayor área ocupan los pendiente de 0-2% y 2-5% con un área de 9979.7 has y 5094.8 has respectivamente.

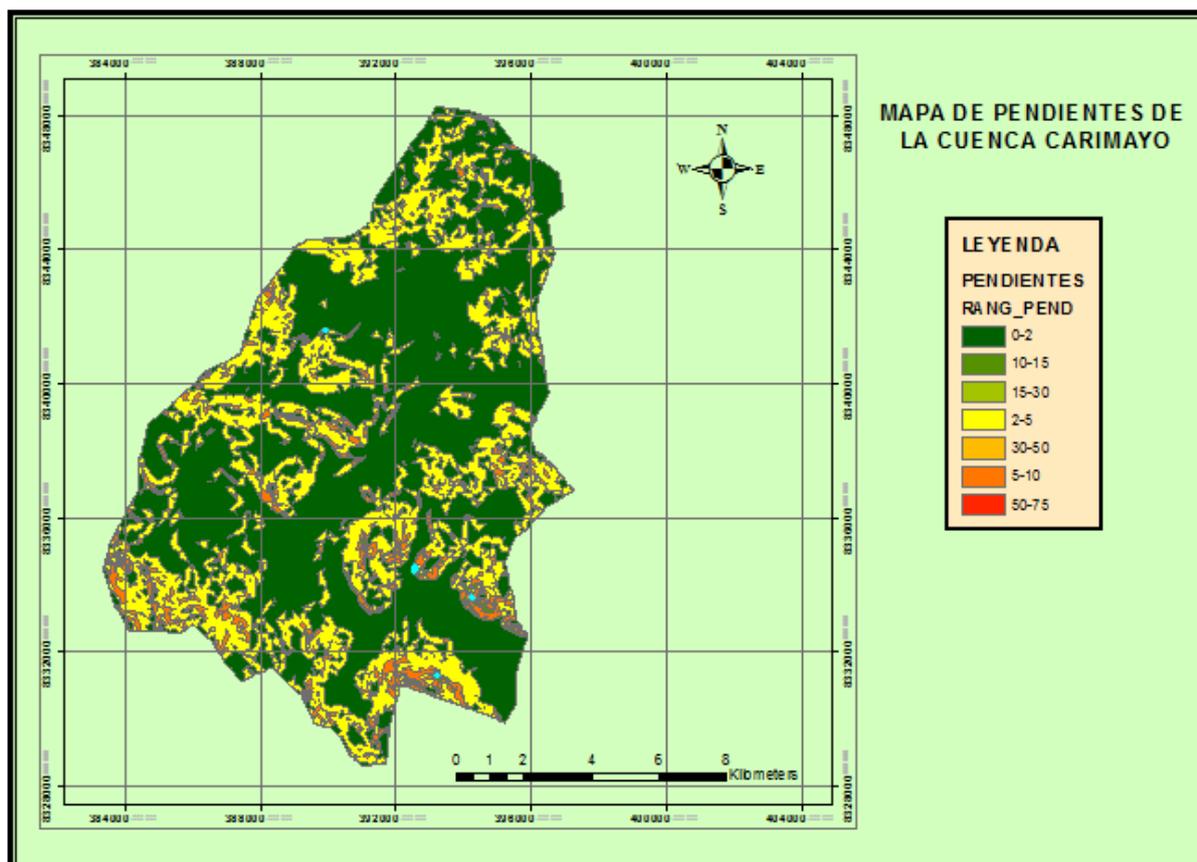


Figura 5: Mapa de pendientes de la cuenca Carimayo

CLASIFICACION DE INUNDACION

En la micro cuenca Carimayo existe un área inundable de Categoría 03, haciendo un total de 3.85 km².

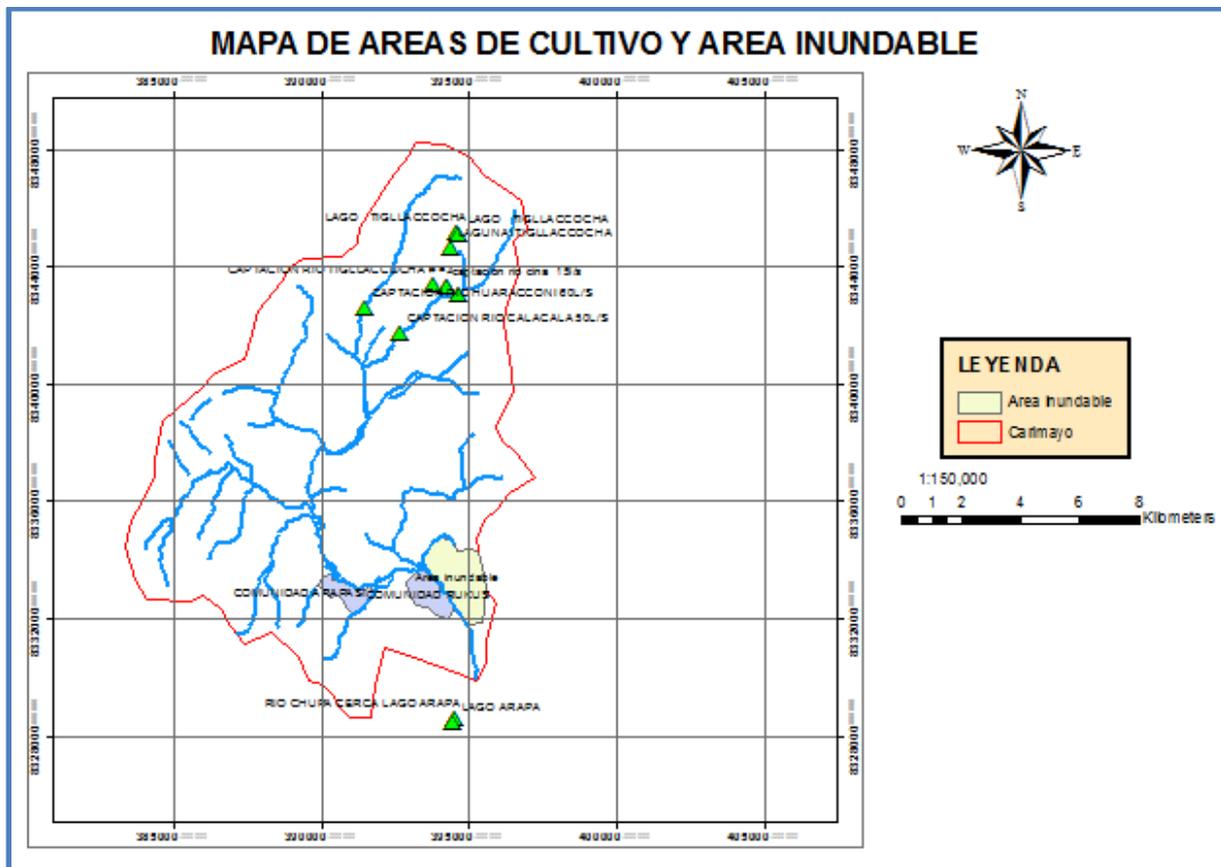
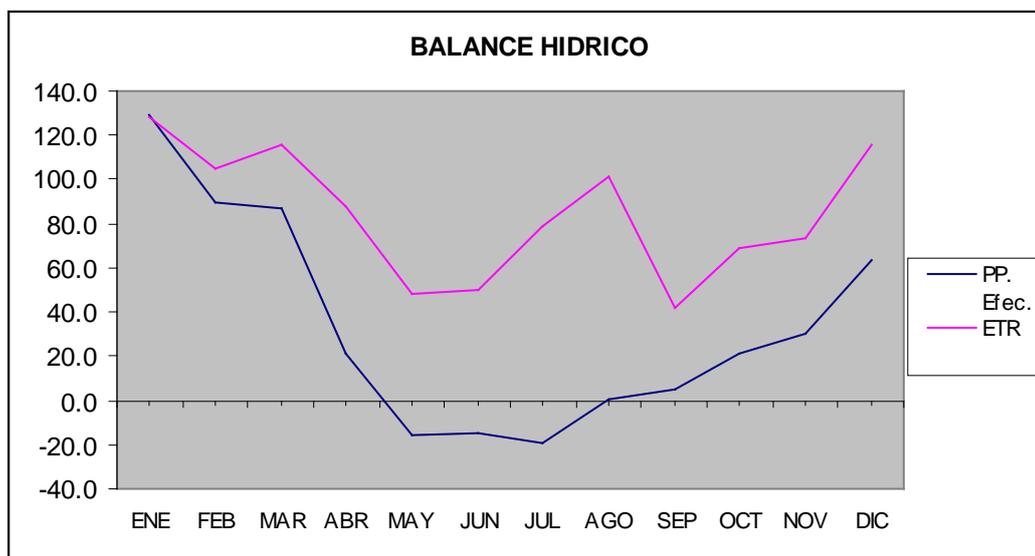


Figura 6: Mapa del área inundable y área de cultivo

4.11. BALANCE HÍDRICO DE LA MICRO CUENCA CARIMAYO

En el presente estudio se determinó entre la diferencia de la precipitación actual y la Evapotranspiración potencial de todos los meses de año, como se muestra en la Figura N° 7.

Figura 7: BALANCE HIDRICO DE LA MICROCUENCA CARIMAYO



4.12. BALANCE TOTAL DE AGUA

4.12.1. Determinación del índice de escasez

El índice de escasez se determinó en función de la demanda hídrica y la oferta, de acuerdo a las ecuaciones planteadas en la metodología. Los índices de escasez varían de 47% a 53% es decir que se encuentra en categoría de A, entonces es potencialmente ofrecida por la fuente abastecedora.

4.12.2. Balance total de Agua

a) Distribución actual de recurso hídrico según inventario calculado para época de estiaje.

El recurso hídrico según los aforos en la micro cuenca Carimayo en época de estiaje hace un total de 13 lt/seg, para el uso poblacional se tiene 3.5 lt/seg, para uso pecuario se tiene 0.24 lt/seg, para uso agrícola se tiene 9 lt/seg y existe una pérdida de recurso hídrico de 0.26 lt seg. Tal como se muestra en el cuadro N° 18.

Cuadro 20: Distribución actual de agua

USOS	Q (Lt/seg)	Características
Poblacional	3.50	Agua potable, con infraestructura
Pecuario	0.24	Uso actual
Agrícola	9.00	Con infraestructura en deterioro
Perdida de agua	0.26	Infiltración.
Total	13.00	

Fuente: Elaboración Propia

b) Balance total del agua según demandas

Para el balance total del agua se ha considerado la s demanda pecuaria y el demanda de agua para uso agrícola, se muestra en volúmenes de agua, como se muestra en el cuadro N° 21 el agua para uso poblacional es suficiente según el uso actual del agua como se muestra en el cuadro N° 12.

Cuadro 21: BALANCE TOTAL DEL AGUA

Características	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
Demanda total bruta	9355.73	39608.27	46948.24	59574.27	28643.51	33079.66	39989.32	36078.89	17984.97	143.73	226.09	288.76
Demanda de a pecuaria (m3)	647.50	647.50	647.50	647.50	647.50	647.50	647.50	647.50	647.50	647.50	647.50	647.50
demanda de agua poblacional (lt/seg)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
demanda total agua (m3?)	10003.23	40255.77	47595.74	60221.77	29291.01	33727.16	40636.82	36726.39	18632.47	791.23	873.59	936.26
Volumen de entrega m3	33696.00	34819.20	33696.00	34819.20	34819.20	31449.60	34819.20	33696.00	33696.00	33696.00	34819.20	34819.20
Balance Total de agua M3	23692.77	-5436.57	-13899.74	-25402.57	5528.19	-2277.56	-5817.62	-3030.39	15063.53	32904.77	33945.61	33882.94

Fuente: Elaboración propia, tema de Tesis

4.12.3. Planificación de Recurso Hídrico

- Agua para uso Poblacional

La población Actual de la microcuenca comprendida entre las comunidades de la Microcuenca Carimayo utilizan actualmente 1.9 l/seg para una Población de 1240 habitantes, según los cálculos empleados para una población 1679 habitantes se obtiene 1.21 l/seg, esto indica que para el año 2025, sería lo suficiente .

- Agua para uso Pecuario.

Para uso pecuario según las demandas obtenidas, la demanda de agua de uso pecuario es 7770 m3/año, es decir es la suficiente cantidad de agua.

- Agua para uso Agrícola

El uso de agua para riego para 262 has de área cultivable, existe un déficit máximo de 25402.57 M3 para el mes de Diciembre según el cuadro N° 18, para cubrir toda la demanda

recomendamos construir reservorio de almacenamiento y que se implantara riego por aspersión

V. CONCLUSIONES

En el presente trabajo “MANEJO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA DEL RIO CARIMAYO-CHUPA-AZÁNGARO” se llegó a las siguientes conclusiones:

1. La micro cuenca en estudio tiene una fisiografía cuyos parámetros, presenta un área de 160.88km², 58.7 km de perímetro, con un pendiente medio de 25%.
2. El recurso hídrico de la microcuenca proviene de las parte altas, con un caudal total en forma libre de uso agropecuario y otros de 15 lts/seg. Lo cual es determinado en el mes de Octubre.
3. La demanda de agua de uso de riego es 0.18 lt/seg/ha en el mes de Noviembre
4. La serie de suelos en la microcuenca Carimayo presenta de textura arenoso a franco, la capacidad de campo para las área de riego varia de 15, 17, 20 % de capacidad de uso
5. En el Balance de recurso hídrico calculado para el mes de octubre se tiene un déficit de 5436.57 m³ esto para uso agrícola.

VI. RECOMENDACIONES

Podemos hacer las siguientes recomendaciones:

1. De acuerdo a la disponibilidad de recurso agua, recomendamos efectuar a las diferentes instituciones relacionadas con el manejo del agua, deben proyectar sistemas de riego tecnificado.
2. Debido a la severa escasez de agua en épocas de estiaje se recomienda aprovechar agua de los manantes para ser captadas y almacenadas en reservorios de tipo nocturno y aliviar sequedad de esta época.

VII. BIBLIOGRAFÍA

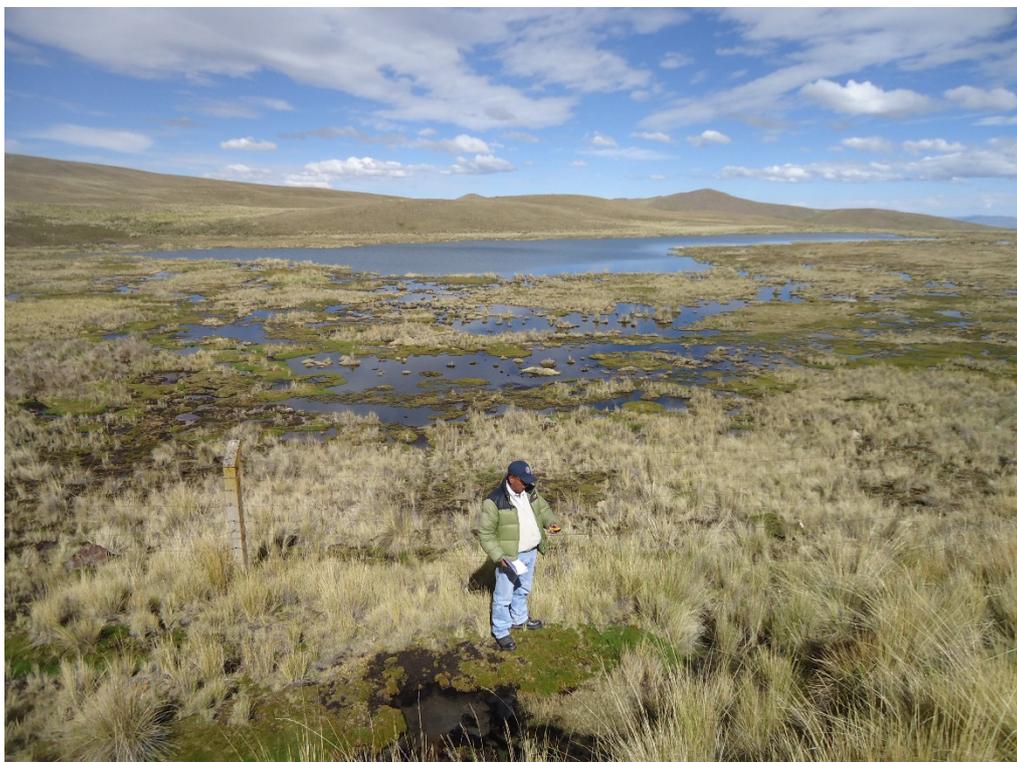
- Aliaga A. Segundo Vito (1983) "Tratamiento de Datos Hidrometeorológicos", Lima – Perú.
- ANA (2009). Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos del Perú. Autoridad Nacional del Agua. Lima, Perú.
- Asociación mundial del agua (2000) "Manejo integrado de los Recursos Hídricos" comité del consejo técnico. Suecia.
- Villon, M. (2000) "Hidrología Estadística", Catie- Costa Rica
- Autoridad Binacional autónoma del Sistema Hídrico TDPS (2005) disponibilidad Hídrica de las cuencas afluentes al Lago Titicaca
- Autoridad Binacional autónoma del Sistema Hídrico TDPS (2005) disponibilidad Hídrica de las cuencas afluentes al Lago Titicaca.
- Aparicio M; Francisco Javier (1997) "Fundamentos de Hidrología de Superficie", Editorial Limusa, México.
- ATDR llave (2007) "Plan de Cultivo y Riego 2007-2008", Agencia Agraria Salcedo-Puno.
- Arredondo, J. (1995) "Diagnostico del recurso hídrico" Programa Nacional de manejo de cuencas hidrográficas. Peru.
- Chereque M; Wendor (1999) "Hidrología para Estudiantes de Ingeniería Civil", Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima-Perú.
- Chow, Ven Te; Maidment, David R. and Mays, Larry W. (1994) "Hidrología Aplicada",
- Consejo directivo de la Autoridad Nacional del agua, (2012) "Política y estrategia nacional de los recursos hídricos" Lima-Peru
http://www.ana.gob.pe/media/527865/pol%C3%ADtica%20y%20estrategia%20nacional_.pdf
- Escobar, J; (2002) Recursos Naturales e Infraestructura: La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar; Naciones Unidas, CEPAL ECLAC. Santiago de Chile.
- IANAS (2015) "Diagnostico de agua en las américas" RED INTERAMERICANA DE ACADEMIAS DE CIENCIAS. Mexico.
- IDAAN (Instituto Nacional de Acueductos y Alcantarillados Nacionales PA). (2004) Importancia del agua. (En línea). Consultado 12 nov. 2004. Disponible en:
<http://www.idaan.gob.pa/index2.htm>

- **INRENA** (2008), evaluación de los recursos hídricos en las cuencas de los ríos Cabanillas y Lampa, Estudio de Hidrología. Intendencia de Recursos Hídricos. ATDR Juliaca.
- Madroñero S. (2006) “Manejo del recurso hídrico y estrategias para su gestión integral en la microcuenca Mijitayo, Pasto- Colombia
- **PELT** (2008) “estudio Hidrológico de la Subcuenca del rio Blanco, Dirección de Estudios, Puno – Perú.
- **PELT** (2008) “estudio Hidrológico de la Subcuenca del rio Morocollo, Dirección de Estudios, Puno – Perú.
- Serruto, R. (2012) “Fisiología de las Plantas” Universidad Nacional del Altiplano. Puno – Peru.
- Vásquez, A. (2000) “manejo de de cuencas altoandinas” Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima Peru.

ANEXOS



Fotografía 1: Laguna Ticllacocha 01



Fotografía 2: Toma de Punto de la Laguna de Ticllacocha 02



Fotografía 3: Captación Rio Cina



Fotografía 4: Rio Huaracani



Fotografía 5: Pastizales Comunidad Huaraconi



Fotografía 6: Laguna Calacala



Fotografía 7: Bofedal Ticllacocha



Fotografía 8: Laguna Calacala

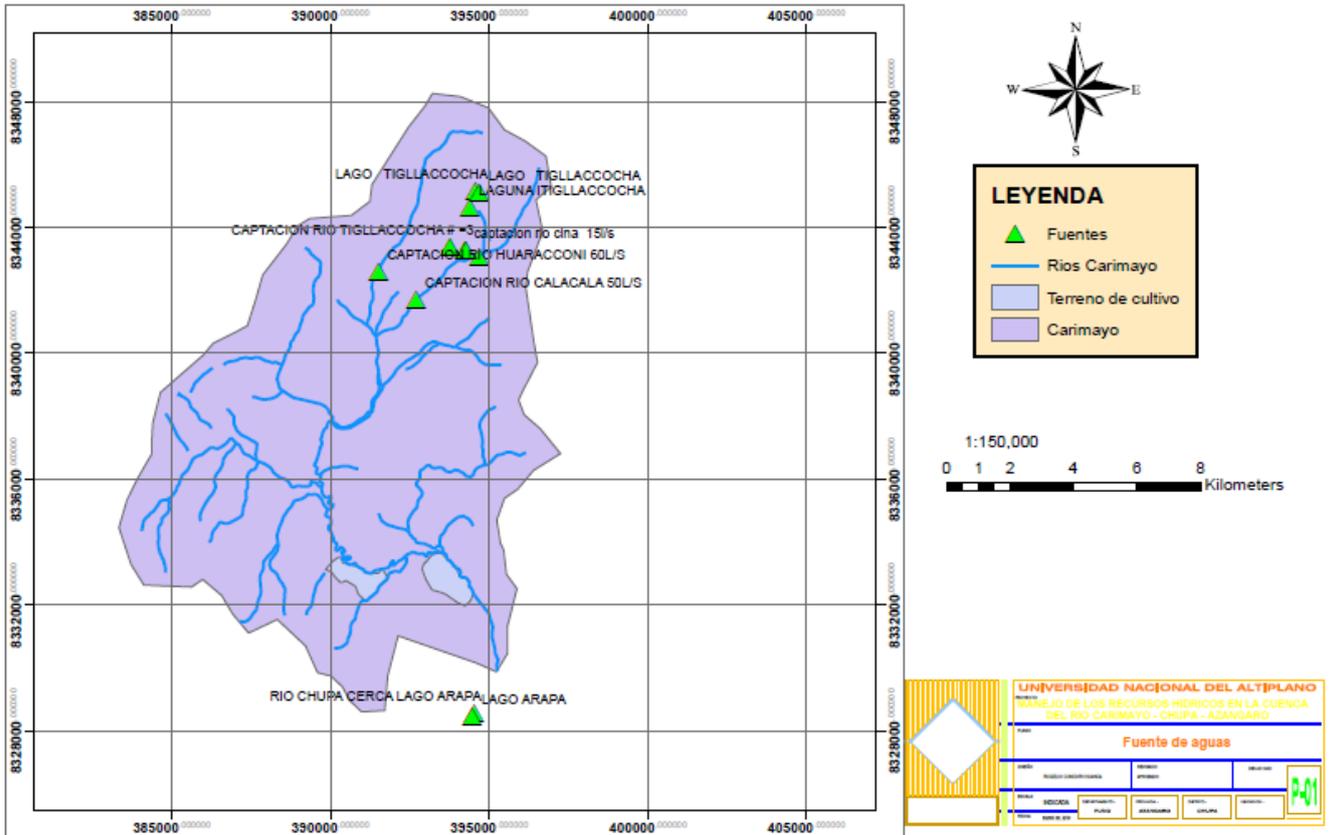


Fotografía 9: Captación Incalarca para el Distrito de Chupa

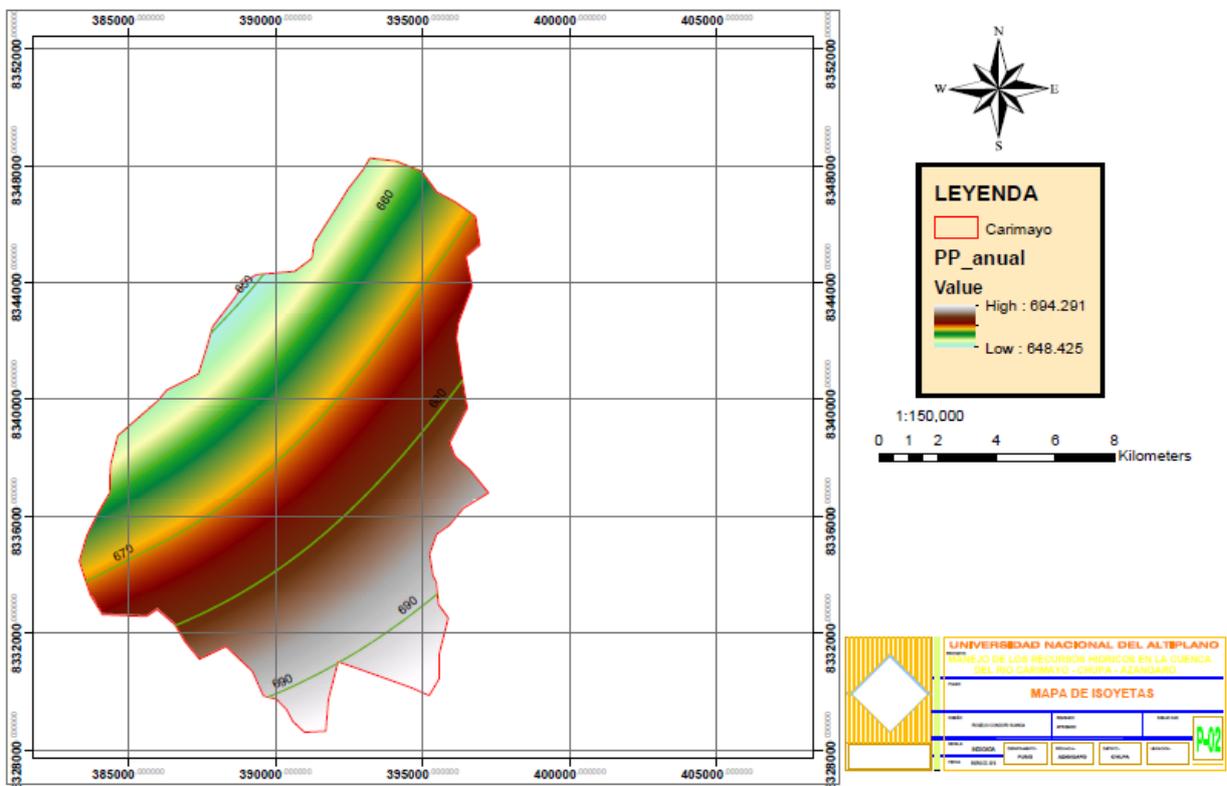


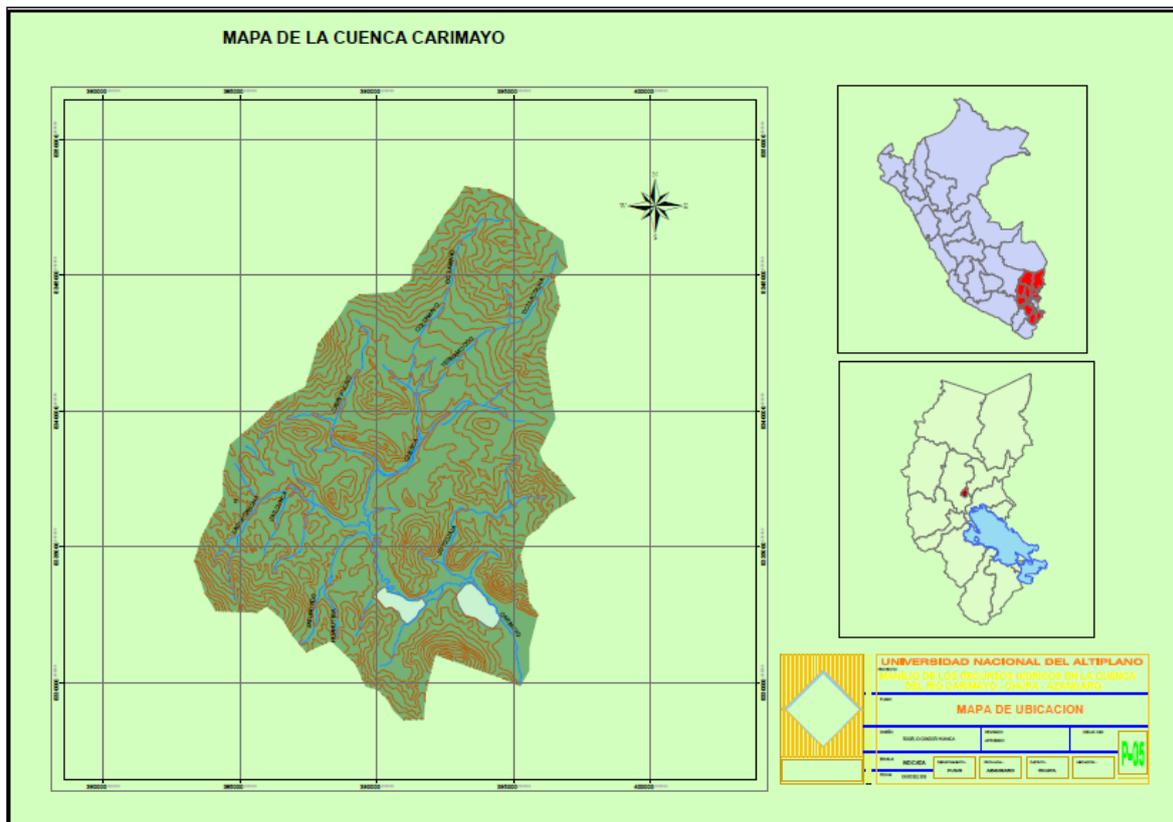
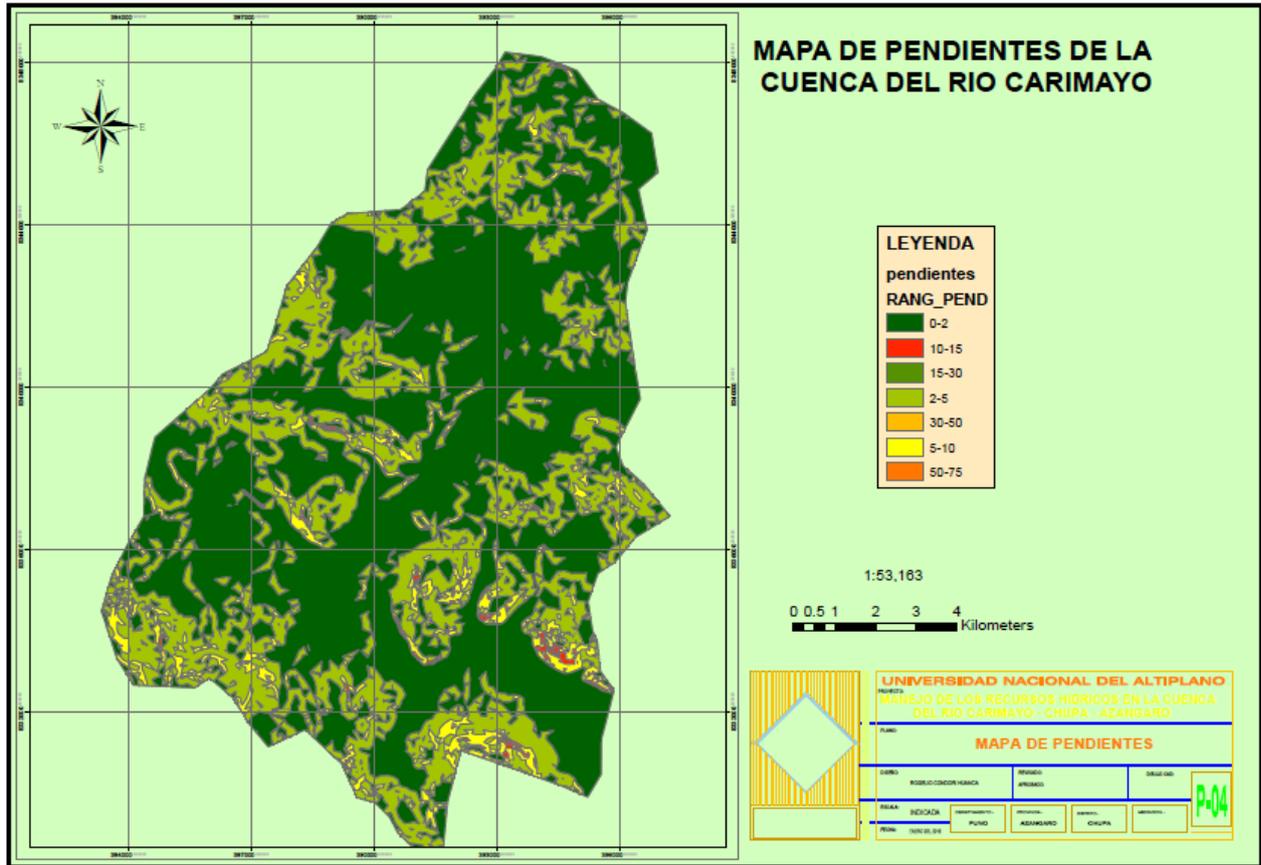
Fotografía 10: Captación Cina 02

MAPA DE FUENTES DE AGUA INVENTARIADAS



MAPA DE PRECIPITACION ESPACIAL EN LA CUENCA DEL RIO CARIMAYO





MAPA DE AREAS DE CULTIVO Y AREA INUNDABLE

