

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERIA AGRÍCOLA



**“DIAGNOSTICO E INVENTARIADO DE LOS RECURSOS NATURALES
PARA EL PLAN DE MANEJO Y CONSERVACION DE LA
MICROCUEVA MOLINO HUMACATA - ZEPITA”**

TESIS

PRESENTADO POR:

BERNARDO PIO COLOMA PAXI

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO – PERU

2011

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO
FACULTAD DE INGENIERIA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRÍCOLA

“DIAGNOSTICO E INVENTARIO DE LOS RECURSOS NATURALES PARA EL
PLAN DE MANEJO Y CONSERVACION DE LA MICROCUENCA MOLINO
HUMACATA - ZEPITA”

TESIS

PRESENTADA A LA COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD
DE INGENIERIA AGRÍCOLA, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR EL
TITULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

APROBADA POR:



Ing. Edilberto Huaquisto Ramos
Presidente



Ing. German Belizario Quispe
Primer miembro



MSc. Rolly Esquivel Urviola
Segundo Miembro



Ing. Percy Arturo Ginez Choque
Director de tesis

ÁREA : Ingeniería y Tecnología
TEMA: Ordenamiento territorial
LÍNEA: Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente

DEDICATORIA

La presente tesis lo dedico a la memoria de mi madre que está en el cielo, a mi padre Benito por su valioso apoyo moral, económico que me hace posible mi ansiada formación profesional y así mismo a mis hermanos Alejandro, Roberto, Raquel y Julia que me apoyaron en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

- A todos los Docentes de la Facultad de Ingeniería Agrícola, por haberme instruido en las aulas Universitarias, para mi buena formación profesional
- A Dios por darme la salud
- Al Ing. Percy Arturo Ginez Choque, por la amplia colaboración y guía que me brindo para lograr a concluir este trabajo de tesis.
- Al Ing. Juan Mamani Chino, por haberme apoyado en los aspectos académicos y laborales para mi superación personal.
- Por ultimo al Ing. Merardo Balboa Choquecota, con su experiencia profesional me guió en el desarrollo de la tesis.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “Diagnostico e Inventario de los recursos naturales para el manejo y conservación de la microcuenca Molino Humacata – Zepita”, como objetivo general fue: Diagnosticar e inventariar los recursos naturales para el plan de manejo y conservación, zonificación agroecológica, con la finalidad de proporcionar información para el planteamiento de proyectos de desarrollo.

La metodología empleada en el estudio fue de acuerdo el esquema propuesto por PRONAMACHS en sus diferentes estudios en el ambito del Departamento de Puno, en donde se hizo el inventario de recurso agua, suelo y flora, determinando las areas de uso y manejo de los recursos naturales, la zonificación agroecológica se determino acuerdo al esquema de la FAO, finalmente planteando alternativas de desarrollo para conservación de suelos.

Los resultados obtenidos son como: pendientes predominantes varían de 0% a 50%, en el inventario de los recursos naturales se ha obtenido el potencial de agua disponible de 13 lt/seg que actualmente son utilizados de diferente manera, existe una deficiencia de recurso hídrico de 5436.57 m³ para el mes de Octubre, la zonificación agroecológica se ha obtenido de la siguiente forma:

Zonificación	Área (Hás)
1. Zona marginal	525.10
2. Terrenos con pastos naturales	946.53
3. Rehabilitación de andenes.	110.79
4. Zona forestal ampliable	114.02
5. Zona por urbanizarse	27.14
6. Zona de aynocas	420.00
7. Zona rocosa	301.75
8. Zona inundable	189.69
9. C. E. Primaria	2.00
Total	2637.2

Las tecnologías de manejo y conservación de los recursos naturales son muy pocas; solo se registran algunos andenes y nada de zanjás de infiltración y pequeñas área reforestadas con las especies de ciprés, eucaliptos, kolles. Para lo cual se ha planteado algunas sugerencias para conservación de suelos, tales como rehabilitación de andenes, construcción de zanjás de infiltración, reforestación en las zonas altas.

ÍNDICE

1. INTRODUCCION	1
1.1. Generalidades	1
1.2. Justificación	2
1.3. Antecedentes.....	3
1.4. Objetivos	4
2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	5
2.1. Marco legal de los recursos naturales.....	5
2.1.1. Constitución Política del Perú de 1993.....	5
2.1.2. Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales....	5
2.1.3. Ley general de aguas.....	6
2.1.4. Ley de Promoción de las inversiones en el sector agrario.....	7
2.1.5. Ley de la inversión Privada en el Desarrollo de las actividades económicas en las tierras del territorio nacional y de las Comunidades campesinas y nativas	7
2.2. Marco Institucional	7
2.2.1. Ministerio de Agricultura.....	7
2.2.2. Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA)	8
2.2.3. Administración Técnica del Distrito de Riego de Ilave	8
2.2.4. Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos - PRONAMACHCS	9
2.2.5. Instituto Nacional de Desarrollo (INADE)	9
2.3. Gobiernos Locales.....	10
2.4. Revisión Literaria	10
2.4.1. Cuenca hidrográfica	10
2.4.2. Manejo de cuencas hidrográficas.....	13
2.4.3. Evaluación de una cuenca	14
2.4.4. Diagnostico de una cuenca y de los recursos naturales	14
2.4.5. Principios generales para realizar el diagnostico.....	14
2.4.6. Métodos y técnicas del diagnostico.....	15
2.4.7. Inventariado de los recursos hídricos	15
2.4.8. Determinación del potencial de agua disponible.	16
2.4.9. El Plan de manejo de la cuenca	16
2.4.10. Diagnóstico del problema de inundaciones:.....	16
2.4.11. Diagnóstico del problema de la erosión	17

2.4.12.	Diagnóstico del problema de sequías:	17
2.4.13.	Diagnóstico de los problemas creados por la acción del hombre:.....	17
2.4.14.	Inventario de los recursos naturales	17
2.4.15.	Inventario de los recursos hídricos	18
2.4.16.	Clima	18
2.4.17.	Los recursos hídricos.....	19
2.4.18.	Manejo de los recursos Hídricos.....	20
2.4.19.	Precipitación.....	21
2.4.20.	Balance demanda disponibilidad	23
2.4.21.	Determinación del potencial del agua disponible	24
2.4.22.	Problema de sequía	25
2.4.23.	Calidad del agua de riego.....	25
2.4.24.	Recurso suelo	26
2.4.25.	Parámetros de la Cuenca	27
2.4.26.	Ecología	29
2.4.27.	Flora	29
2.4.28.	Cobertura vegetal.....	29
2.4.29.	Fauna	30
2.4.30.	Sistema de Información de Geográfica.....	30
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
3.1.	Características generales del área de estudio	31
3.1.1.	Ubicación del área de estudio	31
3.1.2.	Información Meteorológica e Hidrométrica	32
3.1.3.	Información Cartográfica.....	32
3.1.4.	Materiales	32
3.2.	Metodología	33
3.2.1.	Características físicas y topográficas de la microcuenca.....	33
3.3.	Diagnostico e inventario de los recursos hídricos.....	37
3.3.1.	Inventario de los recursos hídricos	37
3.3.2.	Evaluación de calidad de agua.....	39
3.3.3.	Determinación de la demanda de los recursos hídricos	42
3.4.	Inventario de recurso suelo.....	49
3.5.	Inventario y diagnostico geológico	56
3.6.	Inventario de recurso flora	57

3.7. Balance hídrico de la Microcuenca Molino Humacata	57
3.7.1. Balance demanda-disponibilidad de agua	57
3.7.2. Plan de aprovechamiento de los recursos hídricos	57
3.7.3. Cálculo del índice del escases hídrico en la Microcuenca Molino Humacata... 57	
3.8. Planificación de los recursos hídricos.....	58
3.9. Zonificación agroecológica (ZA).....	58
3.10. Formulación de alternativas de zonificación agroecológica para proyectos de desarrollo.....	59
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES	60
4.1. Características físicas y topográficas de la Microcuenca	60
4.1.1. Topografía.....	60
4.1.2. Geología	60
4.1.3. Climatología	61
4.1.4. Vivienda	61
4.1.5. Parámetros geomorfológicos	61
4.2. Diagnostico e inventario de los recursos hídricos.....	62
4.2.1. Inventario de los recursos hídricos	62
4.2.2. Evaluación de la calidad de agua.....	64
4.2.3. Determinación de la demanda de agua de los recursos hídricos.....	66
4.3. Inventario de recurso suelo.....	76
4.3.1. Descripción de las series de suelos	76
4.3.2. Determinación de la capacidad de campo (CC)	77
4.3.3. Elaboración del mapa de pendientes	78
4.3.4. Uso actual de tierra	78
4.4. Inventario y diagnostico Geológico.....	80
4.5. Diagnostico e inventario de flora.....	80
4.5.1. Reforestación.....	80
4.5.2. Plantas silviculturales.....	81
4.6. Balance hídrico de la microcuenca Molino Humacata.....	81
4.6.1. Balance demanda disponibilidad del agua	81
4.6.2. Balance total del agua.....	82
4.6.3. Planificación de recurso hídrico.....	83
4.7. Zonificación agroecológica de la Microcuenca Molino Humacata	84

4.8. Formulación de alternativas de zonificación agroecológica para proyectos de desarrollo.....	84
5. CONCLUSIONES.....	89
6. RECOMENDACIONES	90
7. BIBLIOGRAFIA	91

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Clasificación de cuencas	11
Cuadro 2: Categoría del caudal de suministro de manantiales	39
Cuadro 3: Precipitación efectiva	45
Cuadro 4: Unidades Taxonomicas F.A.O.	51
Cuadro 5: Clases de pendientes	55
Cuadro 6: Clasificación de inundaciones.....	56
Cuadro 7: Parámetros Fisiográficos de la Microcuenca Molino Humacata	61
Cuadro 8: Fuentes de Agua Inventariadas en la Zona de Estudio	63
Cuadro 9: Clasificación de manantiales Basado en el Caudal Suministrado Promedio Diario	63
Cuadro 10: Análisis químico del agua	64
Cuadro 11: Análisis de agua	65
Cuadro 12: Demandas Poblacionales	66
Cuadro 13: Resumen de Juntas de Agua Potable de la Microcuenca Molino Humacata ..	67
Cuadro 14: Demanda de agua para uso pecuario	68
Cuadro 15: Evapotranspiración Potencial (mm/mes).....	68
Cuadro 16: Coeficientes de Cultivos (Kc)	69
Cuadro 17: Evapotranspiración Real de Cultivo	71
Cuadro 19: Variación de la Precipitación Efectiva al 75% (mm/mes).....	73
Cuadro 20: Demanda de agua (mm/mes)	73
Cuadro 21: Demanda de agua de los Cultivos	75
Cuadro 22: Uso Actual de agua de riego.....	76
Cuadro 23: Análisis de las Características Físicas de Suelos de la Microcuenca Molino Humacata.....	77
Cuadro 24: Superficies y Porcentajes de series de suelos y áreas misceláneas en la Microcuenca Molino Humacata	77
Cuadro 25: Determinación de Capacidad de Campo.....	77
Cuadro 26: Pendientes de Terreno de la Microcuenca.....	78
Cuadro 27: Uso Actual de la Tierra de acuerdo al Sistema de Clasificación de la Unión Geográfica Internacional. (UGI).....	79
Cuadro 28: Reforestación en las Comunidades	80
Cuadro 29: Especies de Plantas Silvestres	81
Cuadro 30: Distribución Actual de Agua	83

Cuadro 31: Balance Total del Agua.....	83
Cuadro 32: Zonificación de la Micro cuenca según su Aptitud.....	84
Cuadro 33: Formulación de Propuestas para la Conservación de suelos.....	85
Cuadro 34: Características de los Andenes en Promedio	85

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1: Diagrama para determinar el RAS de las aguas de riego y para estimar el valor correspondiente del PSI del suelo en equilibrio con el agua. Fuente: Richards L.A (1974) 41
- Figura 2: Balance Hídrico de la Microcuenca Molino Humacata 82

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO N° 01: Análisis de Aguas
- ANEXO N° 02: Análisis de suelos
- ANEXO N° 03: Humedad relativa velocidad del viento, insolación
- ANEXO N° 04: Temperatura máxima mensual en °C.
- ANEXO N° 05: Precipitación mensual
- ANEXO N° 06: Prueba de infiltración
- ANEXO N° 07: Metodología de la FAO para ZAE
- ANEXO N° 08: Límites permisibles de la calidad del agua
- ANEXO N° 09: Parámetros de diseño de un anden

LISTA DE MAPAS

- MAPA N° 01: Ubicación de la Microcuenca Molino Humacata
- MAPA N° 02: Recurso hídrico
- MAPA N° 03: Uso actual de tierra
- MAPA N° 04: Mapa de pendientes
- MAPA N° 05: Zonificación Agro ecológica
- MAPA N° 06: Manejo y conservación de suelos

1. INTRODUCCION

1.1. Generalidades

La microcuenca Molino Humacata cuenta con recursos naturales, que es de vital importancia para el desarrollo humano. La textura del suelo ligera de muchos de los suelos hace que sean poco coherentes y erosionables, el agua es uno de los recursos naturales más importantes ya que está presente en todos los aspectos de la vida existente en la tierra, cobertura vegetal es uno de los recursos más importantes para la conservación del suelo, agua y el medio ambiente.

Las cuencas del Departamento de Puno se caracterizan por estar afectados cíclicamente por fenómenos naturales tales como: sequías, inundaciones, heladas, granizadas, entre otros; las precipitaciones pluviales son relativamente escasas, varían de acuerdo a los meses del año, existiendo una alta precipitación pluvial en los meses de diciembre a marzo.

Los Recursos Naturales en la micro cuenca tales como suelo, agua, clima, flora fauna y otros son de vital importancia para el desarrollo y para la supervivencia, para todo estos recursos es necesario un diagnostico esto implica cuantificar todas las variables, optimizar el tiempo y el espacio

Lo que se ha mencionado líneas arriba, implica tener un conocimiento pleno de cada recurso natural que existe en dicha micro cuenca.

Existen varios métodos para estimar la demanda de agua de los cultivos a partir de la evapotranspiración potencial. Está en función de la disponibilidad de la Información climática con que cuenta la zona de trabajo.

En los períodos en los cuales los cultivos no requieren de riego, el agua puede ser utilizada para otros fines y se destina al riego en la época de estiaje, en tanto se mantiene una provisión regular y planeada de agua para el uso humano.

El problema en el manejo de los recursos naturales en nuestro país, existe ineficiencia especialmente en el uso agrícola, las inundaciones, sequías, degradación de los suelos, falta de estructuras hidráulicas de medición y control de agua; falta de operación y mantenimiento de los sistemas hidráulicos y no existen un plan de manejo de los Recursos Naturales.

El trabajo de investigación, cuyo título es Diagnostico e Inventariado de los Recursos Naturales para manejo y Conservación de la Microcuenca Molino Humacata, expone una visualización de los aspectos geográficos, cuyo objetivo es el de diagnosticar los recursos naturales existentes, la cual servirá para la ejecución de los programas de desarrollo en función de las potencialidades de los recursos naturales existentes en la zona de estudio.

Diagnostico para las actividades agropecuarias, y para esto, tomamos los conceptos teóricos de Zonas Agro ecológicas, realizado por otros investigadores, conceptos que encajan perfectamente con el área estudiada, razón por las cuales zonificamos. Constatamos las teorías mediante la observación directa y con la ayuda de los documentos cartográficos. Una vez zonificados las áreas y detectadas, los recursos naturales serán aprovechadas de manera optima.

Para el desarrollo del diagnostico de esta microcuenca de Molino Humacata, se realizo de acuerdo a las condiciones de la zona, los estudios y proyectos realizados en la zona.

1.2. Justificación

En las microcuencas, las Comunidades, son una de las organizaciones sociales más antiguas que tiene el país, basado en la cooperación mutua y la reciprocidad, en la que los comuneros tengan derecho para el usufructo de los bienes de la comunidad, es decir, que tengan derecho a hacer el uso de la tierra y de todas las actividades, sin embargo son uno de los sectores más atrasadas y olvidadas por parte del Estado, que lo ha postrado en una total marginación, a tal extremo que las comunidades concentren una población en extrema pobreza, especialmente de las zonas andinas particularmente en el Departamento de Puno, que según el mapa de pobreza elaborado por el Banco Central de Reserva del Perú en el año 1,982, lo consideraba como una de las regiones más pobres del Perú, después del Departamento de Apurímac y Ayacucho, situación a nuestro parecer se ha agudizado. El Departamento de Puno cuenta con numerosas comunidades de las cuales el 72% se encuentran entre los 3,812 y 4,000 msnm.

El presente trabajo de Investigación sobre El Diagnostico e Inventario de los Recursos Naturales de la Microcuenca de Molino Humacata se justifica, porque no hay estudios realizados por las Instituciones como universidades, estado o entidades particulares, lo que a nuestra escuela profesional de Ingeniería agrícola de la UNA-Puno encamina a proporcionar alternativas de desarrollo, bajo una correcta zonificación y el aprovechamiento adecuado de los recursos naturales.

A través de presente trabajo se busca influir el uso óptimo de los recursos naturales para plantear un plan de manejo y conservación desde el punto de vista técnico y económico en la microcuenca Molino Humacata,

1.3. 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 suelo, 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 mas tarde la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM), en donde lo clasificaron en diferentes grupos, según el tipo de cobertura y de la geología,.

En 1976, se realizó el estudio agrológico del centro experimental de Camacani y del sector Camata presentado por el Bachiller Alfredo Bernardo Arenas Castro, Tesis de Ingeniero Agrónomo UNA-PUNO. Posteriormente se realizó el estudio agrológico del Vivero Forestal de San Juan de Potojani Puno, presentado por el Bachiller Isidro Flores Apaza, Tesis de Ingeniero Agrónomo 1978 UNA-PUNO. Luego se efectuó los estudios relacionados a geografía económica realizado por NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY AND UNA-PUNO-PERU-WASHINGTON D.C. USA 1985, por Ronald Bergman Ph.D. John Kusner, RLS, cuya superficie abarca 1488 Hás. y un perímetro de 24,820 ml en diferentes comunidades, dentro del cual se puede citar en la comunidad Campesina de Chatuma Pomata. De todos estos estudios determinaron la clasificación de suelos y el uso del agua en las diferentes comunidades.

1.4. Objetivos

a) Objetivo general

Diagnosticar e inventariar los recursos naturales para el plan de manejo y conservación, desarrollo de zonificación agro ecológica, con la finalidad de proporcionar información para el planteamiento de proyectos de desarrollo.

b) Objetivos específicos

- Diagnosticar e inventariar los recursos naturales para su aprovechamiento
- Realizar la zonificación agro ecológica, con la finalidad de proporcionar información para el planteamiento de proyectos de desarrollo

2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1. Marco legal de los recursos naturales

2.1.1. Constitución Política del Perú de 1993

Nuestra actual Constitución Política en lo relacionado al ordenamiento jurídico con el medio ambiente y los recursos naturales norma el derecho de toda persona a la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida. En los siguientes artículos establece:

Artículo 66. Los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la nación. El estado es soberano en su aprovechamiento.

Por ley orgánica se fijan las condiciones de su utilización y de su otorgamiento a particulares. La concesión otorga a su titular un derecho real, sujeto a dicha norma legal.

Artículo 67. El Estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales.

Artículo 68. El Estado está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

Asimismo, la Constitución protege el derecho de la propiedad y así lo garantiza el estado, pues a nadie puede privarse de su propiedad (artículo 70). Sin embargo, cuando se requiere desarrollar proyectos de interés nacional, declarados por Ley, éstos podrán expropiar propiedades para su ejecución, para lo cual se deberá indemnizar previamente a las personas que resulten afectadas.

2.1.2. Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

Ha sido establecida mediante Ley N° 26821, publicada el 26 de junio de 1997, a fin de normar el régimen de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, los cuales constituyen patrimonio de la Nación. Además, señala las condiciones y las modalidades de su

otorgamiento a particulares, en cumplimiento del mandato contenido en los artículos 66 y 67 de la Constitución Política del Perú y de conformidad con lo establecido en el Código del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales.

Tiene como objetivo principal, promover y regular el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, renovables y no renovables, estableciendo un marco adecuado para el fomento de la inversión, procurando el equilibrio dinámico entre el crecimiento económico, la conservación de los recursos naturales y del ambiente y el desarrollo de la persona humana.

2.1.3. Ley general de aguas.

Amparada por el Decreto Ley N° 17752 y promulgada el 24 de julio de 1969, establece que todas las aguas sin excepción alguna, son de propiedad del estado y su dominio es inalienable e imprescriptible, y que el uso justificado y racional del agua, sólo puede ser otorgado en armonía con el interés social y el desarrollo del país.

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

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

2.1.4. Ley de Promoción de las inversiones en el sector agrario

Dentro de la jurisdicción administrativa para el manejo y gestión del agua en la cuenca, existen dos instancias administrativas. La primera instancia está representada por la Administración Técnica del Distrito de Riego, que por Ley es la Autoridad Local de Aguas, y resuelve las cuestiones y reclamos derivados de la aplicación de la legislación de aguas, al mismo tiempo que administra las aguas de uso agrario - de acuerdo a los Planes de Cultivo y Riego aprobados- y no agrario. La segunda instancia la constituye la Autoridad Autónoma de la Cuenca Hidrográfica, que resuelve los recursos impugnativos de apelación que se interpongan a las resoluciones expedidas por el Administrador Técnico de Distrito de Riego.

2.1.5. Ley de la inversión Privada en el Desarrollo de las actividades económicas en las tierras del territorio nacional y de las Comunidades campesinas y nativas

Establecida por la Ley N° 26505 el 18 de Julio de 1995, señala que las empresas asociativas campesinas, son libres para contratar y asociarse con otras empresas, incluyendo las que se rigen por la Ley General de Sociedades. Agrega que las Comunidades Campesinas y las Comunidades Nativas deberán regularizar su organización comunal de acuerdo con los preceptos constitucionales y la presente ley.

Señala también, que el Estado garantiza a toda persona natural o jurídica, nacional o extranjera el libre acceso a la propiedad de las tierras, cumpliendo con las normas estipuladas. Esta ley está aún pendiente de su reglamentación.

2.2. Marco Institucional

Entre las diversas instituciones que de una u otra forma participan en el manejo de los recursos naturales en el micro cuenca de Molino Humacata, tenemos:

2.2.1. Ministerio de Agricultura

Es el organismo central y rector del sector agrario, responsable de formular, supervisar y evaluar las políticas, normas, planes y programas sectoriales de alcance nacional en coordinación con los Gobiernos Regionales y las organizaciones representativas del agro.

Los organismos descentralizados del Ministerio de Agricultura, cuentan con funciones ambientales más específicas, aunque no son funciones de carácter ejecutivo, sino principalmente normativas y de supervisión. Los principales organismos públicos descentralizados del sector vinculados con la micro cuenca, son: Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA), el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) y el Proyecto Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos (PRONAMACHCS).

2.2.2. Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA)

Es un organismo público descentralizado del Ministerio de Agricultura. Tiene como objetivo el manejo, promoción y aprovechamiento racional e integral de los recursos naturales renovables y su entorno ecológico, para lograr el desarrollo sostenible del sector agrario

Entre sus funciones está el proponer, coordinar, conducir y concertar políticas de uso racional y conservación de los recursos naturales renovables; caracterizar, investigar, evaluar, vigilar y controlar permanentemente los recursos naturales renovables que hagan viable su conservación, preservación y aprovechamiento racional; coordinar con sectores, públicos y privados, lo concerniente al uso y conservación de los recursos naturales renovables; proponer lineamientos de política y normas en materia de manejo de cuencas; evaluar el impacto ambiental de los proyectos agrarios, a fin de establecer las medidas correctivas, en caso de que sea necesario y efectuar el seguimiento de las mismas.

2.2.3. Administración Técnica del Distrito de Riego de Ilave

Tiene como funciones, supervisar que los recursos hídricos tengan un uso racional y eficiente; resolver en primera instancia administrativa, las cuestiones y reclamos derivados de la aplicación de la legislación de aguas que presenten los usuarios; otorgar licencias permisos y autorizaciones de uso de aguas superficiales y subterráneas para los usos previstos en la legislación de aguas, previa opinión favorable de la Junta de Usuarios; otorgar permisos para la extracción de materiales que acarrear y depositan las aguas en sus álveos o cauces, así como supervisar y controlar su explotación en estrecha coordinación con la Junta de Usuarios del Distrito de Riego; y aprobar la creación de organizaciones de usuarios de agua.

2.2.4. Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos - PRONAMACHCS

El Proyecto Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos (PRONAMACHS) tiene como antecedente de creación, el Convenio suscrito el 3 de agosto de 1981, por el gobierno peruano con la Agencia Internacional para el Desarrollo (AID) de los Estados Unidos, mediante el cual se crea el Programa Nacional de Conservación de Suelos y Aguas en Cuencas Hidrográficas (PNCSACH), a fin de llevar a cabo acciones de conservación de suelos en las partes altas de las cuencas de la sierra del país.

El 11 de noviembre de 1991 este programa toma el nombre de Proyecto Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos (PRONAMACHCS), asumiendo sus mismas funciones. Como resultado del proceso de reestructuración del aparato estatal emprendido por el gobierno, el PRONAMACHCS se fortalece a la vez que se le asignan nuevas funciones y se adicionan recursos financieros complementarios para orientar su accionar principalmente en las áreas de la conservación de suelos, desarrollo forestal e infraestructura rural en su conjunto. Se le asigna a este programa, funciones adicionales y recursos financieros complementarios que le permiten atender con el mismo énfasis las líneas de Conservación de Suelos, Desarrollo Forestal e Infraestructura Rural.

El conjunto de acciones de conservación de los recursos naturales renovables que viene ejecutando, principalmente del agua, suelo y cobertura vegetal, está enmarcada en la realidad de las partes altas de nuestra sierra, donde existe una intensa deforestación, sobre pastoreo mal manejo del agua, y prácticas inadecuadas de cultivo, principalmente, que hacen a esta zona muy vulnerable. Por ubicarse en sus partes altas, la zona de cuenca en la cual ocurren las precipitaciones pluviales, la tarea es mejorar o crear las condiciones para reducir o evitar los efectos de dicha vulnerabilidad.

2.2.5. Instituto Nacional de Desarrollo (INADE)

De acuerdo a su Reglamento de Organización y Funciones, normado por el Decreto Legislativo N° 599 del 1 de mayo de 1990, el INADE se constituye en un organismo público descentralizado del Ministerio de la Presidencia, con personería jurídica de derecho público interno y autonomía técnica, económica, financiera y administrativa. Su finalidad es conducir, coordinar y evaluar los Proyectos de Desarrollo de carácter multisectorial que le encargue el Gobierno Central; así mismo, tiene como función general prestar asistencia técnica especializada

en el campo del diseño, ingeniería y desarrollo de obras hidráulicas, así como en el desarrollo social y generación de empleo. Corresponde al Instituto Nacional de Desarrollo (INADE), concertar los requerimientos técnicos y financieros de los Proyectos Nacionales que le encargue el Poder Ejecutivo. Para cumplir con mayor eficiencia sus funciones y responsabilidades, y de acuerdo al Reglamento de Organización y Funciones aprobado mediante Decreto Supremo 017-93-PRES del 7 de agosto de 1993, el INADE cuenta con Órganos de Línea que responden a una Gerencia General que depende directamente de la Jefatura.

2.3. Gobiernos Locales

El accionar de los gobiernos locales está regida por la Ley 23853, Ley Orgánica de Municipalidades, publicada el 9 de junio de 1984 (modificada posteriormente por la Ley 26317). En concordancia con el Código del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales, y otras normas, los gobiernos locales tienen las siguientes funciones: proteger el ambiente; planificar el desarrollo sustentable local, facilitando la participación ciudadana en la gestión local ambiental; regular el uso del suelo en armonía con el medio ambiente; proteger las áreas agrícolas que circundan las ciudades; realizar un manejo ambiental de los residuos; proteger el abastecimiento y la calidad del agua para consumo humano; desarrollar educación ambiental para la comunidad; coordinar la política ambiental; evaluar el ambiente y proveer información ambiental; exigir estudios de impacto ambiental; proteger la calidad del aire y elaborar políticas de transporte ambientalmente adecuadas; participar en el manejo de cuencas.

2.4. Revisión Literaria

2.4.1. Cuenca hidrográfica

SOSA, A. (2005); define la cuenca hidrográfica como un territorio delimitado por una divisoria de aguas, integrado por elementos naturales, sociales, económicos, institucionales y políticos interrelacionados. Constituyéndose como vertientes, divisoria de aguas, red de cauce, valle, ríos,

Para, **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”

Según, **REYES, L. (1992)**; “la cuenca hidrográfica o de drenaje de un cauce esta 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.”

VAZQUEZ, A. (2008), define que la cuenca es el área natural o unidad de territorio, delimitada por una divisoria topográfica, que capta la precipitación y drena el agua de escorrentía hasta un sector común, denominado río principal.

Cuadro 1: Clasificación de cuencas

UNIDAD HIDROGRÁFICA	Área (Has)
Cuenca	50000 – 800000
Sub cuenca	5000 – 50000
Micro cuenca	< 5000

Para, **SERRUTO, R. (1987)** Cuenca colectora como el agua caída por la precipitación sobre un terreno.

Lo que significa, que cualquier curso de agua tiene una cuenca bien definida y única en cualquier punto de su recorrido.

Delimitación de la cuenca.- la delimitación de la cuenca se procede siguiendo las líneas divisorias de las aguas y teniendo en cuenta en las líneas de flujo son perpendiculares a las curvas de nivel del terreno y hasta un punto del curso del río que sirve como emisor de las aguas que caen en esta cuenca.

Las cuencas pueden considerarse como sistemas abiertos en los que es posible estudiar los procesos hidrológicos; se llama sistema abierto al conjunto de elementos y alteraciones interrelacionadas que intercambian energía y materia con las zonas circundantes. La medición y análisis cuantitativo de sus características hidrográficas se denomina morfometría de la cuenca. Por este motivo, la cuenca representa la unidad fundamental empleada en hidrología, la ciencia que se ocupa del estudio de las diferentes aguas en el medio ambiente natural. Constituye uno de los rasgos principales del paisaje, cuyo proceso de formación en la mayoría de los continentes está determinado por la erosión fluvial y el transporte y deposición de sedimentos. Ésta es la razón por la que las cuencas también son la unidad básica de estudio de la geografía física. El estudio de las cuencas permite también mejorar la evaluación de los riesgos de inundación y la gestión de los recursos hídricos gracias a que es posible medir la entrada, acumulación y salida de sus aguas y planificar y gestionar su aprovechamiento analíticamente. Asimismo, se ha

comprobado que las investigaciones a pequeña escala no son eficaces: si resuelven un problema concreto, suelen generar otros que afectan a un sector diferente del sistema hidrográfico. Por lo tanto, se considera que la administración integrada de las cuencas es el mejor método para el desarrollo de los recursos hidrológicos y la regulación de los ríos.

Por otro lado, **VARGAS, O. (2003)** menciona, que las cuencas constituyen un área donde ínter dependen e interactúan, en un proceso permanente y dinámico, el agua con los sistemas físico (recursos naturales) y bióticos (flora y fauna). Los cambios en el uso de los recursos naturales, principalmente tierra, acarrearán aguas arriba una modificación del ciclo hidrológico dentro de la cuenca agua abajo en cantidad, calidad, oportunidad y lugar. Por ello son espacio propicio para actividades de manejo de cuencas ("*watershed management*"). Una característica fundamental de las cuencas, es que en sus territorios se produce la interrelación e interdependencia entre los sistemas físicos y bióticos, y el sistema socio económico, formado por los usuarios de las cuencas, sean habitantes o interventores de la misma. La dependencia de un sistema hídrico compartido y de los caminos y vías de acceso, y el hecho de que deban enfrentar riesgos similares, confieren a los habitantes de una cuenca características socioeconómicas y culturales comunes

HIMAT (1985), Define a cuenca, como aquella unidad de territorio donde las aguas fluyen naturalmente, en un sistema interconectado y en el cual interactúan uno o varios elementos biofísicos, socioeconómicos y culturales. La formación de una cuenca se origina por parte del agua que escurre a lo largo de las laderas que puede ser interceptada por las depresiones naturales del terreno, donde se evapora o infiltra, o finalmente, se mueve a través de los drenajes naturales de la cuenca y forman el flujo superficial. Los fenómenos de escorrentía se produce de forma dinámica, las aguas de los valles confluentes se reúnen, los cauces se alargan y los arroyos y quebradas dan origen a los ríos importantes

Según, **RODRIGUEZ, M. (2005)** la cartografía geoambiental constituye una de las herramientas básicas para la fundamentación de los planes de ordenamiento territorial y de planificación ambiental. Ya que a partir de los mapas elaborados, se puede dar una evaluación precisa del estado del medio geológico y evaluar las funciones de este, como fuente de recursos, como soporte de las actividades humanas y como receptor de los residuos, obteniéndose de esta forma una visión integral de la acción transformadora del hombre sobre la naturaleza y como la misma puede conducirse en aras de un desarrollo sostenible.

2.4.2. Manejo de cuencas hidrográficas

VARGAS, O. (2003) define, manejo de cuencas son todas las acciones técnicas conducentes al buen uso del espacio de la cuenca y en especial al recurso agua, el cual genera la sostenibilidad del medio ambiente y la satisfacción máxima de las necesidades humanas. Todo ello, en función de la demanda inmediata del agua de los múltiples sectores sociales que se usan (agricultores, ganaderos, consumidores urbanos de las ciudades), o la demanda de los que operan dentro de las cuencas con otros fines.

VASQUEZ, A. (2000), señala que por manejo de cuencas Hidrográficas se entiende al conjunto de actividades que los usuarios o población de las cuencas realizan para aprovechar los recursos naturales de las mismas, sobre todo de los recursos agua y suelo, en su propio beneficio, incluyendo las actividades de protección, preservación, conservación y rehabilitación de modo que el aprovechamiento, además de óptimo, sea sostenible, es decir permanente.

VASQUEZ A. (2000), Dice que los fenómenos hidrológicos son extremadamente complejos, por lo que nunca serán conocidos completamente. Sin embargo a falta de una concepción perfecta, puede ser representado de forma simplificada mediante el concepto de sistema. Un sistema es un conjunto de componentes interconectados entre sí, que se interrelacionan de acuerdo de una ley de funcionamiento. El ciclo hidrológico puede considerarse como un sistema con componentes serian: precipitación, evaporación, escorrentía y los otros componentes del ciclo. Estos componentes pueden ser agrupados a su vez en subsistemas y para analizar todo el sistema, los subsistemas pueden ser tratados por separado y los resultados combinados de acuerdo a las interacciones entre ellos.

CHOW V. (2000) plantea, a los fenómenos hidrológicos son extremadamente complejos y es posible que nunca se les atiendan en su totalidad. Sin embargo en ausencia de conocimiento perfecto, puede representarse en forma simplificado por medio del concepto de sistema. Un sistema es un conjunto de partes conectadas entre sí, que forman un todo. El ciclo hidrológico, puede tratarse como un sistema cuyos componentes son precipitación, evaporación, escorrentía y otras fases del ciclo hidrológico. Estos componentes pueden agruparse en subsistemas de ciclo total, para analizar el sistema total, estos subsistemas mas simples pueden analizarse separadamente y combinarse los resultados de acuerdo con las interacciones entre los subsistemas.

2.4.3. Evaluación de una cuenca

LOPEZ, R. Y LOPEZ, J. (1990), define que la evaluación de una cuenca provee las bases y referencias físicas y económicas para diagnosticar y planificar cuencas, depende de los objetivos, tiempo, necesidades, presupuesto, personal y otros.

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

Para, **HIMAT (1985)** los principios generales de evaluación que, con fines de diagnosticar y planificar cuencas debe ser observadas como son: El carácter específico de la evaluación de una cuenca depende de los objetivos, tiempo, dinero y personal. La evaluación de una cuenca puede ser desarrollada en etapas dependiendo de las necesidades. Por ejemplo, puede primero concentrarse la evaluación en aspectos de control de erosión.

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

Las interpretaciones y recomendaciones de la evaluación deben encauzarse hacia el diagnóstico en detalle.

2.4.4. Diagnostico de una cuenca y de los recursos naturales

Para, **SOSA, A. (2005)** el diagnostico es un instrumento 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.

2.4.5. Principios generales para realizar el diagnostico

Según, **SOSA, A. (2005)** el diagnostico debe tener siempre un propósito definido, de allí que la información y el análisis que se realicen deben orientarse a buscar los datos absolutamente necesarios para cumplir sus propósitos, permitiendo por un lado ahorrar tiempo, recursos y esfuerzos y por otro no sesgar su intencionalidad con abundancia de información y tratamiento estadístico.

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

2.4.6. Métodos y técnicas del diagnóstico

Para, **BARTOL, P. (2004)** se entiende por método el camino o procedimientos que se sigue para alcanzar un objetivo determinado. Es una sucesión de pasos de acción ligados entre sí para lograr un propósito. El método de trabajo comprende a su vez diversas técnicas.

La elaboración del diagnóstico se enmarca dentro de un método de trabajo que se inicia con la definición del objetivo de estudio y concluye con el informe sobre resultados obtenidos.

Las técnicas son acciones respecto a la manera como se ejecuta o pone en práctica el método. Es el arte de recorrer el camino. La técnica propone:

Normas para ordenar las etapas de la investigación, o simplemente de las acciones.

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

2.4.7. Inventariado de los recursos hídricos

SANTAYANA, V. (1990), menciona: que los recursos hídricos están constituidos, principalmente, por las aguas de escurrimiento superficial y las aguas subterráneas. Los recursos hídricos en el Perú se encuentran distribuidos en tres vertientes con regímenes totalmente diferentes y en gran irregularidad en las descargas de sus ríos.

ONERN (1980). Dice, que la vertiente del Atlántico es la más extensa y tiene 1'298,281 Km². (78.8%); la del Pacífico comprende la llanura costera y ocupa 229.060 Km² (17.7%); y la del Titicaca 45,953 Km² (3.5%). Según el "Inventario y Evaluación Nacional de las Aguas Superficiales", realizado en 1,980 por la Oficina de Evaluación de los Recursos Naturales (ONERN), se dispone en un volumen anual total de 2,043.53 Km³. Que corresponde al 5% del escurrimiento de todos los ríos del mundo. De éste total 1,998.76 Km³. (97.8%) pertenecen a la vertiente del Atlántico; 34.62 Km³. (1.7%), a la del Pacífico y 10.17 Km³. (0.5%) a la del Titicaca

2.4.8. Determinación del potencial de agua disponible.

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

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

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

2.4.9. El Plan de manejo de la cuenca

SOSA, A. (2005) define, que el plan de manejo de una cuenca debe ser elaborada por el equipo multidisciplinario de la cuenca y propuesto a la autoridad de la cuenca respectiva. Este plan no sólo debe contener un diagnóstico del estado de conservación y deterioro de la cuenca y las tecnologías a ser llevadas a cabo para proteger la cuenca sino los mecanismos de compromiso que deberían haber entre los sectores sociales para la realización de las obras, el tiempo en que deberán ser realizadas, los proyectos para las grandes obras que urgentemente se requiere realizar y un plan de promoción de las organizaciones de los sectores de las cuencas. La ejecución debe ser una labor coordinada de acuerdo a ciertas etapas señaladas con antelación y en función de ciertas prioridades y ciertos tiempos, lo más cortos posibles.

2.4.10. Diagnóstico del problema de inundaciones:

Para, **BARTOL, P. (2004)** el estudio de las inundaciones se orientará para la primera versión del plan en la definición de las causas y los aspectos del problema, a fin de tomar las previsiones con respecto al aprovechamiento de las zonas inundadas. Este diagnóstico servirá luego para

establecer el plan para prevenir las inundaciones, dentro del aprovechamiento armónico de los recursos.

2.4.11. Diagnóstico del problema de la erosión

ONERN (1984), dicen: que en el Perú existe una fuerte degradación de los suelos causados por la erosión, por lo cual es muy importante conocer la magnitud y la ubicación de éste problema, de manera de instrumentar las medidas de control, a fin de evitar o disminuir su acción destructiva. En el diagnóstico de la erosión se debe identificar las características y el origen del problema, de manera de establecer los elementos de juicio que contribuyan a la mejor planificación del aprovechamiento de los recursos hídricos. De ésta forma, se tratará de detectar los problemas actuales, señalar los problemas futuros posibles e indicar las zonas que requieran de estudios más detallados.

2.4.12. Diagnóstico del problema de sequías:

ONERN (1984), indican que, la sequía viene a ser un conflicto creado por el déficit del recurso agua. Este conflicto es casi permanente en las zonas áridas del país y temporal en aquellas zonas de variación significativa de las disponibilidades en el tiempo. El diagnóstico de los problemas de sequía se puede efectuar tomando como base los resultados del análisis del régimen mensual de descargas y de la comparación con las demandas. Se debe identificar los orígenes y las causas del problema, la zonificación de los problemas, la magnitud y el análisis de las posibles soluciones para cubrir el déficit.

2.4.13. Diagnóstico de los problemas creados por la acción del hombre:

ONERN (1984) Indican, como reacción a la acción del medio físico sobre la actividad del hombre, éste adecua una serie de elementos de protección, que se construyen con la finalidad de aprovechar mejor los recursos hídricos, traen consigo una serie de problemas, cuyo análisis debe ser considerado dentro del Plan.

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

2.4.14. Inventario de los recursos naturales

ONERN (1984), indica sobre el inventario de recursos naturales como un proceso de recopilación sistemática de información que conduce a tener una data codificada y clasificada de los recursos que se van a manejar y de toda las otras informaciones complementarias.

OLARTE, W. (1987), indica sobre evaluación de sistema de riego y considera al establecimiento de deficiencias cualitativas y cuantitativas de la aplicación de agua al terreno de riego, el transporte de agua desde la fuente de abastecimiento hasta la zona de riego a través de canales de riego.

2.4.15. Inventario de los recursos hídricos

Según, **PRONAMACHCS (2000)** para el aspecto de la evaluación de los recursos hídricos se sigue el siguiente procedimiento:

Evaluación de la calidad de agua, en ella se considera tanto el uso domestico y uso agrícola.

Inventario y evaluación de la fuentes de agua, en este rubro se considera los siguientes aspecto: rios y quebradas, lagos y lagunas, y aguas subterráneas, pozos y manantiales y nevados.

- Precipitación
- Coeficiente de escorrentía
- Descarga
- Demanda de agua
- Balance hídrico
- Aporte de sedimentos.

2.4.16. Clima

AQUISE, E. (1987), Afirma que la metodología, como ciencia estudia la atmósfera, tiene gran importancia, porque el hombre como todo los seres vivos que habitan en nuestro planeta, depende del medio o general de la atmósfera de una parte de la superficie, que puede ser de una región.

SANTAYANA, V. (1990), Dice que los fenómenos hidrológicos son extremadamente complejos y es posible que no se logre su conocimiento total. Por ello es conveniente su presentación en forma simplificada por medio del concepto del sistema. Un sistema es un

conjunto de complementos interconectados entre si que se interrelacionan de acuerdo a una ley de funcionamiento. El ciclo hidrológico puede tratarse como un sistema de cuyos componentes son la precipitación, evaporación, escorrentía y todas sus fases, las cuales pueden agruparse en sub. Sistemas, siendo considerado por separado para analizar el sistema total.

2.4.17. Los recursos hídricos

SERRUTO, R. (1987), manifiesta que el recurso hídrico esta desigualmente distribuido en el globo terrestre, y su disponibilidad en cualquier sitio cambia con el tiempo por ello la planeación hecha al manejo cuidadoso son esenciales para lograr el nivel de eficiencia en la utilización del agua.

CHOW, V. (1995), Indica, que uso de operación de recursos en planeamiento y desarrollo de recurso agua, fue desarrollado largamente durante la última década, especial contribución para el conocimiento lo contribuyen los estudios realizados por el equipo de trabajadores de recursos en el programa. Harvard Waltinc.

LOPEZ, R. (1990), define los principales elementos que compone el agua de riego son los cationes, manganeso, sodio y potasio y los aniones carbonato, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, nitratos y boratos.

ROMANELLA, A. (1990) define, el sistema físico como un conjunto de cosas que coordinadas y esperadas convenientemente, realizar una determinada función con mayor eficacia.

SANTAYANA, V. (1990), menciona: que los recursos hídricos están constituidos, principalmente, por las aguas de escurrimiento superficial y las aguas subterráneas.

Los recursos hídricos en el Perú se encuentran distribuidos entre vertientes con regímenes totalmente diferentes y en gran irregularidad en las descargas de los ríos. La vertiente del Atlántico es la más extensa y tiene 1298281 Km², (78.8 %); la del pacifico comprende la llanura costera y ocupa 229.060 Km². (17.7 %); y la del titicaca 45,953 Km² (3.5 %). Según el Inventario y evaluación Nacional de las Aguas Superficiales, realizado en 1980 por la Oficina de Evaluación de los Recursos Naturales (ONREN), se dispone en un volumen anual total de 2,043.53 Km². que corresponde al 5% del escurrimiento de todos los ríos del mundo. De este total 1998.766 Km³ (97.8 %) pertenecen a la vertiente del Atlántico; 34.62 Km³ (1.7%) al del pacifico y 110.17 Km³ (0.5%) a la del Titicaca.

Para, **ONERN (1980)** El aprovechamiento eficiente de los recursos hidráulicos emplea el conocimiento de los lugares donde se encuentra el agua y en que la cantidad existe que calidad y patrón de variabilidad; estimación de demandas para los diversos usos del agua, tanto en el tiempo y en el espacio y establecen las normas para el uso del agua.

ITDG y SNV (1993) define la cuenca como un ámbito geográfico natural donde ocurre el ciclo hidrológico; es el área drenada hacia un río identificada por su peculiar topografía y delimitada por la divisoria de agua.

MONTE, R. (2003), es un proceso que promueve el manejo de desarrollo coordinado del agua, la tierra, y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales.

OVIEDO, K. (2007) manifiesta que el agua es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente. El aprovechamiento y la gestión del agua deben inspirarse en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles.

SALERMO, C. (2007), dice que la gestión integrada de recursos hídricos: el conjunto de acciones encaminadas al manejo del agua a través de mecanismos que garanticen la utilización equitativa y razonable, óptima y sostenible del recurso hídrico teniendo como propósito la seguridad, el bienestar social, la ganancia económica y la preservación de los ecosistemas.

Según, **Asociación Mundial del Agua (2000)** la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, es un proceso que promueve el manejo y desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa, sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales.

2.4.18. Manejo de los recursos Hídricos

TAC BACB (2004), Indica que los recursos mundiales de agua fresca están bajo presiones crecientes. El crecimiento de la población, el incremento en la actividad económica y la mejor calidad de vida llevan a conflictos y a una creciente competencia por los recursos limitados de agua dulce. Una combinación de inequidad social, marginalidad económica y una carencia de programas de superación de la pobreza, también obligan a las personas que viven en la extrema

pobreza a sobreexplotar las tierras y los recursos forestales, los que habitualmente resultan en impactos negativos sobre los recursos de agua. Las carencias de medidas de control contra la polución degradan aún más los recursos de agua.

Para, **GARCIA, E. (1998)** el agua no se puede cambiar por nada, y así ella se diferencia de toda materia prima y combustible, el agua se puede cambiar solamente por agua. Es insuficiente allá, donde su uso es intensivo y sin su control alguno, donde se ha enfermado (contaminado) y ha quedado inservible para su uso y para cumplir sus funciones fundamentales. En el cuerpo de una persona, a veces la herida amenaza a la vida con la pérdida de sangre, pero la muerte llega solamente cuando la sangre pierde la capacidad de cumplir sus funciones vitales. De esta manera, podemos comparar el agua en nuestro planeta, porque el agua es la sangre de la tierra y sin ella no hay vida. El gran aumento de la población, el desarrollo industrial, energético, agropecuario, terrestre y las necesidades domésticas son factores que han coincidido a que el agua sea considerada como una de las sustancias más complicadas y difíciles de obtener en un estado limpio, por eso tiene que ser procesada o potabilizada para que llegue a nuestros hogares.

Según, **GLOSS, S. (1991)** con base en el modelo del Sistema Hídrico Natural representado por la Cuenca Superficial o Acuífero, y las demandas de uso, se planteara un modelo de gestión racional de los recursos hídricos, que tenga como premisa el uso, control y conservación de los recursos hídricos que garanticen su sostenibilidad, con base normas técnicas, legales y sociales que garanticen la equidad y solidaridad. El Sistema de Gestión debe contemplar la gestión en el macro sistema así como herramientas de gestión en los microsistemas o sistemas de uso, con base en un criterio de eficiencia concertado.

2.4.19. Precipitación

VASQUEZ, A, (2000), dice que la precipitación y la evaporación son los procesos meteorológicos más importantes en hidrología, los cuales actúan muy relacionados con el agua superficial y las aguas subterráneas.

MOLINA, M, (1975). afirma que el análisis de las lluvias es necesario para determinar el volumen total de agua caída en una cuenca que puede servir para diseñar entre otras cosas, pequeñas represas, aliviaderos, obras de desagüe, canales de Irrigación. El objetivo final es calcular la lámina de agua caída, en promedio, por año sobre una cuenca.

El término precipitaciones se refiere a la cantidad de agua caída sobre un terreno en forma de lluvia y nieve. Parte de esa agua vuelve a la atmósfera mediante la evaporación directa y la transpiración de las plantas. Excepto en los ambientes más áridos, la precipitación normalmente supera a la evapotranspiración. El excedente de agua, llamado escorrentía, fluye a través del sistema de drenaje, aunque puede almacenarse sobre la superficie del terreno, en áreas deprimidas y charcas, o en el suelo, dando lugar a suelos húmedos y depósitos de agua subterránea por los procesos de infiltración y percolación. Sobre la tierra, el agua de las precipitaciones sobrante discurre rápidamente hacia los arroyos y ríos. Por el contrario, el agua infiltrada se desplaza a menor velocidad, como ínter flujo y flujo transversal en los suelos parcialmente saturados y como agua subterránea en suelos saturados.

Precipitación efectiva

Según, **ROMERO, A. Y CABRERA, R. (1999)** la lluvia efectiva o aprovechable por los cultivos es uno de los elementos básicos a considerar en la ecuación de balance hídrico para determinar los requerimientos de riego de estos, ocupando un papel fundamental en la planificación del riego, el uso y manejo eficiente de los recursos hídricos dedicados a esta actividad, así como en el dimensionamiento de las obras que conforman un sistema de riego.

Para, **PEÑA, H. (2004)** “la precipitación efectiva es aquella fracción de la precipitación que puede ser aprovechada por las plantas, las otras partes del agua se pierden por escurrimiento, percolación profunda o por evaporación de la lluvia interceptada por las hojas. En zonas con lluvias intensas y frecuentes solo una fracción relativamente baja de la precipitación queda almacenada en la rizósfera, y un porcentaje mayor de intercepción por cubierta foliar, de donde el agua será posteriormente evaporada; así, lluvias diarias de 6 a 8 mm pueden perderse en su totalidad.” Al ser el concepto de precipitación efectiva básicamente agronómico con una gran variedad de factores que en ello influyen (porcentaje de cobertura, forma y sobre posición del follaje, escurrimiento superficial, velocidad de infiltración en el suelo, profundidad de la zona de rizósfera), no existen disponibles modelos matemáticos que reflejen adecuadamente el proceso de pérdidas de la precipitación pluvial. Los diversos métodos para estimar la precipitación efectiva son empíricos y están basados en las características climáticas específicas de la región.”

Según, **(SMITH, 1993)** para el cálculo de la precipitación efectiva se tienen diferentes opciones las cuales tiene relación con la probabilidad de ocurrencia.

“La precipitación fiable se define como aquella que tiene una probabilidad de ocurrencia de:

- 80% de probabilidad de excedencia, caracterizando un año “seco” con precipitaciones que son excedidas en 4 de 5 años, usando como criterio para dimensionar perímetros de riego y la gestión del mismo simulando una programación de un año seco.
- 50% de probabilidad, representando un año normal, acercándose al valor promedio.
- 20% de probabilidad, representando un año húmedo, utilizado en la planificación del riego para simular una programación de un año húmedo.”

2.4.20. Balance demanda disponibilidad

SANTAYANA, V. (1990) indica: que el balance es la comparación en el tiempo y el espacio de las disponibilidades y las demandas de agua, que tienen por objetivo definir la existencia de déficit o excesos de agua en las unidades hidrográficas de análisis.

Permite asignar los volúmenes de agua disponibles a cada una de las demandas, según las prioridades establecidas por ley, en acuerdo a los requerimientos del proceso de desarrollo sostenido.

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

Los resultados del balance permitirán conocer con antelación, los conflictos que podrían llegar a presentarse en relación a la disponibilidad de agua, para los diferentes usos y definir a tiempo las alternativas posibles para eliminarlos o mitigarlos.

El balance demanda disponibilidad se realizará para cada unidad hidrográfica de análisis con la visión futura que implica la búsqueda de una situación deseable dado que sería necesario conocer la magnitud local de la demanda con el horizonte del plan y a nivel de los umbrales del plan.

VASQUEZ, A. (2000). Afirma a la demanda de agua de un proyecto de riego se determina a partir de la evapotranspiración potencial de los cultivos considerados en el cultivo los siguientes pasos

- Pp efectiva
- Eficiencia de riego

$$D = \frac{10(E_{pc} - P_e) * A}{E_p}$$

Según, **(FAO, 1993)** riego es una Intervención humana encaminada a modificar la distribución de las aguas en los canales naturales, las depresiones, las vías de desagüe o los acuíferos, y a manipular esas aguas para mejorar la producción de cultivos agrícolas o estimular el crecimiento de otras plantas deseables.

- **Riego por goteo.** Aplicación localizada de agua gota a gota, que utiliza conductos, filtros, emisores y dispositivos auxiliares para suministrar agua a lugares determinados, en un punto preciso o a través de un emparrillado situado sobre la superficie del suelo.
- **Riego por gravedad.** Sistema que utiliza canales y terrenos inclinados para transportar el agua a la zona de regadío.
- **Transmisión subterránea.** Distribución del agua por medio de corrientes subterráneas en un sistema acuífero.

WIKIPEDIA, (1990) Afirma el riego consiste en aportar agua a los vegetales, para su crecimiento. Se utiliza en la agricultura y en jardinería. El antiguo modo de regar, mediante canales por los que se lleva el agua y canalillos que la distribuyen por las zonas agrícolas, va cayendo en desuso en el mundo desarrollado. Actualmente se realiza el riego por aspersión o gota a gota, con sistemas informatizados que regulan la cuantía, humedad ambiente y fertilización del suelo. Este último sistema es muy apropiado para los lugares donde hay escasez de agua.

En los sistemas más tradicionales, desde las corrientes el agua se eleva hasta la altura de los campos mediante una noria, rueda con unos recipientes colgados, cangilones, que vierte el agua en una acequia más elevada.

2.4.21. Determinación del potencial del agua disponible

ONERN (1984), Define, que las características geográficas especiales del Perú, determinan que se presenta contrastes hidrográficos, climáticos e hidráulicos en sus tres regiones naturales, que establecen diferencias en sus regímenes hidrológicos, los cuales presentan variaciones temporales, que van desde periodos muy húmedos a periodos de extrema sequía.

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

Con los resultados del Inventario Nacional de Aguas Superficiales y conociendo las posibilidades físicas de aprovechamiento, se podría determinar la potencialidad de los recursos hídricos aprovechables. El empleo de estos recursos requiere la intervención del hombre que modifique las condiciones naturales, a través de diferentes obras.

2.4.22. Problema de sequía

ONERN (1984), Indican que, la sequía viene hacer un conflicto creado por el déficit del recurso de agua. Este conflicto es casi permanente en las zonas áridas del país y temporal en aquellas zonas de variación significativa de las disponibilidades en el tiempo.

El diagnóstico de los problemas de sequía se puede efectuar tomando con base a los resultados del análisis de régimen mensual de descargas y de la comparación de las demandas. Se debe identificar los orígenes y las causas del problema, la zonificación de los problemas, la magnitud y el análisis de los posibles soluciones para cubrir los déficits.

2.4.23. Calidad del agua de riego

Según, **SALAZAR, E. (2000)** la calidad del agua que se usa para regar depende del tipo y cantidad de sales que se encuentran disueltas 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, 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.

SALERNO, C. (2007) Define que la calidad del agua para riego está determinada por la concentración y composición de los constituyentes disueltos que contenga. Es un término usado para determinar la conveniencia o limitación de su uso en el riego de los cultivos agrícolas.

Las características más importantes que determinan la calidad del agua son:

- La concentración total de sales solubles.
- La concentración relativa de sodio con respecto a otros cationes y su efecto sobre las características físicas de los suelos.
- Tolerancia de los cultivos a las sales, como puede ser por ejemplo, la concentración de boro u otros elementos que puedan ser tóxicos a las plantas.
- Bajo ciertas condiciones, la concentración de bicarbonatos con relación a la concentración de calcio más magnesio.

Para, **SALAZAR, E. (2000)** la capa superficial de la corteza terrestre donde se desarrollan las raíces de los vegetales se le denomina suelo. Duchafour lo definió como un medio complejo, cuyas características son: atmósfera interna, régimen hídrico particular, fauna y flora determinadas y elementos minerales. Se trata de estructuras dinámicas que van cambiando desde sus inicios hasta adquirir un equilibrio con el entorno, aunque en el proceso de formación pueden llegar a ser destruidos por la erosión.

2.4.24. Recurso suelo

ZALAZAR A. (2005), define El suelo constituye el estrato superficial de la corteza terrestre. Consta de rocas de distintos tamaños, sustancias de origen orgánico, aire, agua y organismos. Estos elementos están organizados: las partículas establecen relaciones topográficas precisas de acuerdo a su tamaño y ello da lugar a la formación de espacios que se comunican entre sí como poros o canales y que pueden rellenarse con aire o agua. Estos espacios a su vez albergan organismos, generalmente pequeños, o partes de organismos, como las raíces de las plantas.

La formación del suelo es un proceso complejo conducido por fuerzas como el clima (especialmente la disponibilidad de agua y la temperatura), el material rocoso original, la topografía y los organismos que lo utilizan como hábitat. El resultado de la interacción de estos elementos con el tiempo, da lugar a unidades características, ordenadas en estratos denominados horizontes, de distintas características físico-químicas, que permiten por tanto albergar distintos organismos de acuerdo a sus requerimientos ecológicos.

En los suelos el agua drena por gravedad, con mayor o menor facilidad de acuerdo al espacio poroso que presenten, de modo que representan una fase de paso importante en el ciclo del agua. Según sus características órgano-minerales retiene o libera compuestos actuando como un filtro natural. También retiene agua por capilaridad posibilitando la existencia de pequeños organismos acuáticos.

DIRCON (2003), afirma como un material superficial natural, que sostiene la vida vegetal. Cada suelo posee ciertas propiedades que son determinadas por el clima y los organismos vivientes que operan por períodos de tiempo sobre los materiales de la tierra y sobre el paisaje de relieve variable. En razón de que todos estos factores, se combinan de varias maneras sobre todas las áreas del globo, el número posible de tipos de suelo es casi ilimitado. Sin embargo, es posible realizar ciertas generalizaciones válidas acerca de los suelos. Sabemos, por ejemplo, que la composición de un suelo varía con la profundidad. El afloramiento natural o artificial de un suelo revela una serie de zonas diferentes entre sí. Cada una de estas zonas constituye un HORIZONTE o PERFIL DEL SUELO

El recurso suelo capitales más importantes en un país. Su uso requiere de una planificación mas cuidadosa y adecuada que se pueda dar a recurso alguno por ser prácticamente irrecuperable. Mediante un criterio técnico se debe determinar el tipo de explotación y manejo que se requiere.

2.4.25. Parámetros de la Cuenca

2.4.25.1. Área de la cuenca

Según, **MEJÍA, A. (2001)**; el área de la cuenca o área de drenaje es el área plana (proyección horizontal) comprendido dentro del límite o divisoria de aguas. El área de la cuenca es el elemento básico para el cálculo de las otras características físicas y es determinado,

normalmente, con planímetro y expresado en Km² o hectáreas. Es importante mencionar que cuencas hidrográficas con la misma área pueden tener comportamientos hidrológicos completamente distintos en función de los otros factores que intervienen.

2.4.25.2. Forma de la cuenca

Para, **MEJÍA, A. (2001)** la forma superficial de una cuenca hidrográfica es importante debido a que influye en el valor del tiempo de concentración, definido como el tiempo necesario para que toda la cuenca contribuya al flujo en la sección en estudio, a partir del inicio de la lluvia o en otras palabras, tiempo que tarda el agua, desde los límites de la cuenca, para llegar a la salida de la misma.

2.4.25.3. Pendiente de la cuenca

MEJÍA, A. (2001) manifiesta que la pendiente de la cuenca controla en buena parte la velocidad con que se da la escorrentía superficial, afectando por lo tanto el tiempo que lleva el agua de la lluvia para concentrarse en los lechos fluviales que constituyen la red de drenaje de las cuencas. La magnitud de los picos de avenida y la mayor o menor oportunidad de infiltración y susceptibilidad de erosión de los suelos dependen de la rapidez con que ocurre la escorrentía sobre los suelos de la cuenca.

2.4.25.4. Estudios Topográficos

Para, **VÁZQUEZ, A. (2000)**, es necesario realizar un levantamiento topográfico de toda el área de estudio, si es que no existiera. La escala del plano, así como la equidistancia entre curvas de nivel dependerá del área a estudiar. Así, en superficies menores a 1000 has, son aceptables planos a la escala de 1:5000, con curvas de nivel cada 0.20m; en superficies entre 1000 y 10000 hás, son aceptables planos a la escala 1:10000, con curvas de nivel de 0.50 m. respectivamente.

La inclinación y la pendiente no son variables independientes en el proceso erosivo es decir, el efecto de la topografía como factor de la erosión se explica con una interacción de la longitud e inclinación de la pendiente.

2.4.25.5. Fisiografía

ONERN, (1980), señala en sus estudios realizados, describe fisiográficamente a los lugares aledaños al Lago Titicaca pertenecen a la unidad geomorfológica denominada “Área del Altiplano” área que caracteriza por presentar terrenos planicies con laderas y cimas de cerros

2.4.26. Ecología

ONERN (1980), señala como lugares y zonas aledaños al lago titicaca (Microcuencas de la ciudad de Puno), pertenecen a la zona ecológica Bosque Húmedo Montano sub. Tropical zona que extiende desde las orillas del lago titicaca desde la cota 3,812 hasta 4,100 msnm., con temperaturas promedio anual de 3°C a 13.5°C y con precipitación pluvial anual de 672 a 725 mm.

2.4.27. Flora

ONERN (1984), Define a los pastos, base de desarrollo Nacional, constituye uno de los recursos renovables más importantes. El Perú posee una superficie con pasturas naturales permanentes y temporales.

2.4.28. Cobertura vegetal

Para, **VÁSQUEZ, A. (2000)** la precipitación y la evaporación, los cuales actúa muy relacionados con el agua superficial. 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 o nieve.

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

ROJAS, R. (1976), manifiesta, que las precipitaciones en las zonas húmedas, son superiores a la evaporación y como resultado existe un período de exceso de agua, durante este tiempo, los suelos se encuentran bastante saturados de agua y al ocurrir lluvias de altas intensidades, se producen una gran escorrentía superficial que fluye hacia las zonas bajas de los terrenos, provocando de ésta manera los problemas de drenaje.

Según, **USDA-NRCS, (2000)** las plantas, mediante el proceso de fotosíntesis, son el único recurso vivo conocido en ambientes terrestres capaz de producir su propio alimento. Ellas proveen alimento, fibras y otros productos útiles al ser humano y los animales. Además, protegen

el ambiente de la degradación de los suelos, purifican el aire que se respira y filtran el agua en los humedales. La vegetación amortigua el impacto directo de la lluvia en el suelo; protegiéndolo contra la erosión y la sedimentación. El golpe de la gota, que proviene de la lluvia o un sistema de riego, rompe los terrones sobre el suelo arado compactando así la superficie del suelo. La compactación reduce la infiltración de agua.

2.4.29. Fauna

ONERN (1984), menciona que las condiciones climáticas y la complejidad orográfica han creado condiciones especiales para que el Perú posea una de las faunas más variadas y ricas del continente Americano.

2.4.30. Sistema de Información de Geografía

Para, **GENERALITAT, V. (2005)** sistema está compuesto por hardware, software y procedimientos para capturar, manejar, manipular, analizar, modelizar y representar datos georreferenciados, con el objetivo de resolver problemas de gestión y planificación. Los SIG son herramientas para la resolución de problemas, especialmente diseñados para manejar información geográfica y datos asociados (temáticos). Georeferenciar: dotar de componente espacial (ubicar en el territorio). Se estima que el 90% de la información que maneja la administración es georeferenciable. El SIG no es el fin, es el medio. El objetivo no debe ser manejar el software a la perfección sino en saber cómo aplicar su potencialidad a nuestro beneficio.

PROYECTO "ORDENAMIENTO TERRITORIAL RURAL SOSTENIBLE" (2003), define que, Un Sistema de Información Geográfica (SIG) es una colección organizada de hardware, software y datos geográficos diseñados para la eficiente captura, almacenamiento, integración, actualización, modificación, **ANÁLISIS ESPACIAL**, y despliegue de todo tipo de información geográficamente referenciada

BELTETON, M. define al SIG como un software de Sistema de Información Geográfico (SIG) creado por ESRI para mapeo digital, uno puede visualizar y ver asociaciones en la información geográfica y modelos a diferentes escalas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Características generales del área de estudio

3.1.1. Ubicación del área de estudio

El área del trabajo de investigación está ubicada en la Microcuenca Molino Humacata, en la parte Sur-Este de la panamericana sur, en el Km. 135 de la vía a Desaguadero (mapa N° 01), con una extensión de 2637.2 Has.

a) Ubicación política

Políticamente el área del proyecto está ubicada en:

Distrito	: Zepita
Provincia	: Chucuito
Departamento	: Puno
Región	: Puno

b) Ubicación Geográfica

Geográficamente se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas geográficas:

LATITUD	: 16°26'00'	SUR
LONGITUDD	: 69°06'30"	OESTE
ALTITUD	: 3930	m.s.n.m

Del meridiano de Greenwich, forma parte del sistema hidrográfico de la Sub cuenca Zepita y este último conforma el sistema de la Hoya Hidrográfica del lago Titicaca.

c) Ubicación Hidrográfica

Cuenca Hidrográfica	: Lago Titicacaca
Sub cuenca	: Zepita
Microcuenca	: Molino Humacata

d) Extensión de la Micro cuenca

La micro cuenca "Molino Humacata" tiene una extensión total de 2637.2 Has, con una población concentrada en la parte baja y media de las comunidades de Molino Humacata y Molino Kapia.

e) Vías de acceso

La principal vía de acceso es la carretera panamericana sur, en el Km. 135 de la vía a Desaguadero y a 10 Km. De la vía Zepita a Yunguyo.

Existen otras vías de acceso a la microcuenca Molino Humacata mediante las carreteras afirmadas y asfaltadas como la Yunguyo a Zepita, y haciendo un desvío de 8.00 km de la carretera Zepita a Yunguyo la localidad de Centro Poblado de Molino.

El área específica de la investigación se encuentra ubicada, en la parte baja, media y alta (laderas) las comunidades de Molino Humacata, Molino Kapia y Jachapanpa las cuales están identificadas en microcuencas ya delimitadas.

3.1.2. Información Meteorológica e Hidrométrica

Para la zona en estudio la Evaluación hidrológica superficial, se utilizó datos de registros meteorológicos de la estación meteorológica agrícola del Instituto Nacional de Investigación Tahuaco (INIA-PUNO).

Datos meteorológicos consistentes en información:

- Precipitaciones totales Mensuales y Anuales.(25 años)
- Temperaturas Máximas Mensuales y anuales (25 años)
- Humedad relativa Promedios Mensuales

3.1.3. Información Cartográfica.

La información cartográfica de la micro cuenca, fue conseguida de la oficina general de Catastro Rural a la escala 1.25 000 de las oficinas de Ministerios de Agricultura-Puno, que en base de ella se han obtenido planos de otras escalas, esto para poder zonificar adecuadamente para el presente estudio.

3.1.4. Materiales

Los Materiales y equipos de Ingeniería utilizados para la ejecución del proyecto de investigación fueron:

a. Materiales de escritorio y Equipo para realizar salida a campo

- Papel bond
- Materiales de impresión
- Memoria USB

- Receptores de GPS
- Cronometro
- Calculadoras
- Baldes de 20 litros
- Fichas para el llenado de datos
- Cuadernos de campo
- Bincha de 3 y 20 metros

Hardware

- Computadora
- Impresora.
- Scanner

Software

- ArcGis (version 9.3)
- Topocal
- Autocad 2009
- Microsoft Office

b. Suelos:

Para el muestreo de suelos se utilizó los siguientes materiales y herramientas.

Tabla de Munsell, lupa de 10 aumentos, altímetro, eclímetro, picos, palas, cuchillo, cinta métrica, entre otros.

Bolsa de papel plastificada para toma de muestras. Libreta de notas, entre otros.

c. Flora.

Para el diagnostico se empleo mapas de determinación de flora silvestre y domestica

d. Equipo de laboratorio

Para los análisis de agua y suelos fueron en el laboratorio de suelos UNA-PUNO Facultas de Ciencias Agrarias.

3.2. Metodología**3.2.1. Características físicas y topográficas de la microcuenca**

Para la determinación de las características se tomo en cuenta la morfología (forma, relieve, red de drenaje, etc.) los tipos de suelos, la capa vegetal, geología, las prácticas agrícolas, etc. Estos variables físicos proporcionaron la más conveniente posibilidad de conocer la variación en el

espacio de los elementos del régimen hidrológico. Para caracterizar la microcuenca por varios de sus parámetros físicos y topográficos es primordial obtener la delimitación de la cuenca.

3.2.1.1 Delimitación de la micro cuenca Molino Humacata.

Se procedió con la salida de campo a la micro cuenca, estando en ello recorriendo por la línea divisoria de aguas y proyecciones de los puntos de máxima altura, manteniendo el criterio que todas las aguas de precipitación que cae en ellos estaría en la disyuntiva de escurrir en la micro cuenca y se unen para formar un solo curso de agua que vienen a dirigirse hacia el Lago Huiñaymarca; al mismo tiempo que en los planos topográficos, se procede a trazar la líneas divisoria de las aguas.

En los planos se puede que la microcuenca está delimitada por la divisoria de las aguas.

3.2.1.2 Parámetros geomorfológicos

a) Superficie de la microcuenca

Este parámetro se determinó usando el mapa escala 1:25,000, y para determinar se utilizo el Software Topográfico de Topocal, con el mismo que se recorre por el área delimitada en el mapa base y que es expresado en hectáreas.

b) Perímetro de la microcuenca

En el plano de delimitación de la microcuenca se midió mediante el mapa topográfico con la ayuda del Software Topográfico Topocal. La longitud de la línea curva que conforma el contorno de la microcuenca, ese es el perímetro y considerando la escala del plano.

c) Forma de la microcuenca

Esta característica es importante pues se relaciona con el tiempo de concentración.

Se determinó los siguientes parámetros:

- **Índice de gravelius o coeficiente de compacidad (Kc)**

Según, Gravelius, define como coeficiente de compacidad de una cuenca al cociente que existente el perímetro P de la cuenca y el Perímetro de un circulo que tenga la misma área de la cuenca. Se calculo con la siguiente fórmula:

$$Kc = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

En donde:

P= perímetro de la microcuenca, en Km

A = área de la microcuenca (A) en Km²

Kc es el coeficiente adimensional y no proporciona si Kc = 1 la cuenca será de forma circular. En general Kc es mayor que 1 y este coeficiente nos darán luces sobre la escorrentía y la forma del hidrograma resultante de una determinada resultante de una determinada lluvia caída sobre la cuenca.

▪ Factor de forma

Se calculó por la siguiente fórmula:

$$Fr = \frac{A}{Lr^2} \quad (2)$$

Donde:

A = Área Total de la Microcuenca

Lr = Longitud del curso de agua principal (Km)

▪ Altitud Media

La definición de la altitud media es la ordenada media de la curva isométrica. Es aquella altitud donde el 50 % del área de la microcuenca está situado por encima de esta altitud y el 50% por debajo de ella, que se determinó por la siguiente ecuación:

$$H = \frac{\sum (s * h)}{A} \quad (3)$$

En donde:

H = Altitud media de la microcuenca

S = Área parcial entre curvas de nivel

h = altura parcial

A = Área de la micro cuenca.

. Pendiente del río principal

La velocidad de escurrimiento de los corrientes de agua depende de sus canales fluviales. A mayor pendiente mayor velocidad. Se determinó con las siguientes ecuaciones:

1. Pendiente media (S1)

Es la diferencia total de elevación del lecho del río dividido por su longitud entre esos puntos.

$$S_1 = \frac{h_1 - h_0}{L_1 - L_d} \quad (4)$$

Donde:

S_1 = Valor adimensional.

$h_1 - h_2$ = Diferencia de altura del lecho del río.

$L_1 - L_2$ = Longitud entre los puntos h_1 y h_0

2. Pendiente media ponderada (S2)

Para calcularlo se traza, tal que el área comprendida entre esa línea y los ejes coordenados sea igual a la comprendida entre esa línea y los ejes coordenados sea igual a la comprendida entre la curva del perfil del río y dichos ejes.

$$S_2 = \frac{h_2 - h_0}{L_1 - L_0} \quad (5)$$

Donde:

S_2 = Valor adimensional

$h_2 - h_0$ = diferencia de altura del lecho del río.

$L_1 - L_0$ = Longitud entre los puntos H_1 y h_0

. Orden de las corrientes

Para determinación de la orden de los corrientes se utilizó las siguientes afirmaciones:

La clasificación de los diferentes ríos de acuerdo al número de orden de un río como una medida de la ramificación del cauce principal en una cuenca hidrográfica.

Una corriente puede ser tributaria de otra mayor y así sucesivamente de manera que por esta razón se les puede asignar un orden de importancia dentro de la cuenca.

Una forma muy utilizada para establecer el orden de las corrientes es teniendo en cuenta su grado de bifurcación o relación de bifurcación que también introdujo Horton. De esta manera se puede considerar como corriente de orden 1 a aquella que no tiene ninguna corriente tributaria; de orden 2 a la que tiene solo tributario de orden 1; de orden 3 a la corriente con dos o más tributarios de orden 2, y así sucesivamente. El cual se establece cada curso desde las nacientes hasta la desembocadura.

. Densidad de drenaje (dd)

Se define como un parámetro que se obtiene dividiendo la longitud total L_t de las corrientes permanentes e intermitentes de la cuenca expresada en kilómetros, entre el área A de la cuenca en Km^2 , la formuló de la manera siguiente:

$$D_d = \frac{L_t}{A} \quad (6)$$

Donde:

D_d = Densidad de drenaje por kilómetro

L_t = Longitud total de ríos (Km)

A = Área (Km^2)

3.3. Diagnostico e inventario de los recursos hídricos

3.3.1. Inventario de los recursos hídricos

A. Inventario de la oferta de los recursos hídricos

Se realizó un recorrido de todas las fuentes hídricas, áreas de aprovechamiento y zonas críticas relacionadas con el agua, acompañado por una comisión y un grupo de beneficiarios.

Consistió en un recorrido por todas las comunidades de la microcuenca hasta cubrir todo su territorio, para determinar la oferta hídrica existente, y la elaboración de una base de datos de recursos hídricos.

Inicialmente se hizo el recorrido de ubicación de las principales fuentes hídricas (manantiales), ya sea en ríos y quebradas

- Con el GPS (Global positioning sistema) se determinó las coordenadas de las fuentes hídricas y otros elementos a mapear. En el Perú la carta nacional de la Oficina de Catastro de Ministerio de Agricultura (escala 1:25000) es la más usada. El datum de este mapa "Provisional South American 56". en cada tipo de mapa es importante configurar el GPS con el datum correspondiente para evitar errores.
- Con el altímetro se determinó las alturas de las fuentes.
- Mapas y reportes relevantes para el análisis del potencial hídrico de la microcuenca. Para todo el proceso de mapeo, de los datos de campo se hizo en forma digital, que tiene la ventaja para poder actualizar y corregir mapas en forma sencilla y producir una cantidad de planos con cualquier combinación de informaciones y de cualquier escala.

B. Inventario de manantiales

B.1 Aforos

Para el presente estudio se empleó para caudales pequeños hasta 20 litros por segundo. Consiste en medir el tiempo que dura el llenado de un recipiente graduado y se requiere de un recipiente para coleccionar el agua. El caudal resulta de dividir el volumen de agua que se recoge en el recipiente entre el tiempo que transcurre en coleccionar dicho volumen. Este método se ha empleado en su mayoría de las fuentes hídricas existentes en el área de trabajo.

$$Q = \frac{V}{T} \quad (7)$$

Donde:

Q = Caudal m³ /s

V = Volumen de llenado en m³

T = Tiempo de llenado en segundos

Para este método se debe utilizar:

- Un balde o cilindro de 20 a 30 litros graduado (con señales y marcas)
- Un cronometro o reloj
- Tubo de plástico o pequeña canaleta, de unos a tres metros

Procedimiento:

- . Desviar el agua del canal
- . Hacerla pasar por el canal o tubo
- . Medir el tiempo que llena el balde

B.2 Clasificación de categoría de los manantiales

Para clasificar la categoría del caudal de suministro de manantiales se optó según el estudio de Bustinza U. V (2000) como se muestra en el (cuadro 2)

Cuadro 2: Categoría del caudal de suministro de manantiales

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.
Séptima	Entre 7.9 y 63.1 ml/seg.
Octava	Menores de 7.9 ml/seg.

Fuente: Bustinza U. V (2000)

3.3.2. Evaluación de calidad de agua

La evaluación de la calidad de agua para el uso agropecuario, se hizo de acuerdo a la salinidad y alcalinidad según el laboratorio de salinidad de USDA Riverside – California, puesto que su uso puede ser limitado si las concentraciones de los elementos físico químico se encuentran por encima de los límites permisibles según lo establecido en la Ley General de Aguas D. L. N° 17752 Art. 81.

Es importante señalar que las características físicas, químicas y bacteriológicas de las aguas de estudio deberán ser aptas para consumo humano, riego agrícola y vida acuática. Para este trabajo de investigación se adoptó los resultados de los análisis químico de laboratorio de Ciencias Agraria UNA- Puno.

a) Toma de muestras

Para la toma de muestras se utilizó los siguientes materiales:

- Botellas de vidrio capacidad 1 litro y etiquetas
- 01 cronometro.

Características de la muestra:

- Representativa.

- Relativamente reciente (no debe transcurrir más de una semana entre la toma y el análisis).
- Conservación en nevera a 4 °C.
- Debe ir perfectamente identificada, indicando: origen, localización, cultivo de destino, características de los suelos a regar.

b) Parámetros a analizar

Con la finalidad de determinar la calidad de las aguas de la Microcuenca Molino Humacata, la muestras de agua fueron remitidos a los laboratorios de la Universidad Nacional del Altiplano, laboratorios de suelos y aguas de la Facultad de Ciencias Agrarias, con la finalidad de efectuar el análisis físico químico y análisis con fines de riego. Los parámetros seleccionados para evaluar la calidad del agua en el presente estudio son

- Temperatura
- pH
- Conductividad eléctrica
- Alcalinidad total
- Sulfatos
- Nitratos
- Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, Cloruro y otros sulfatos
- -SAR. Se calcula a partir de las concentraciones de sodio, calcio y magnesio, según la figura 1. A partir del SAR se determina el SAR ajustado

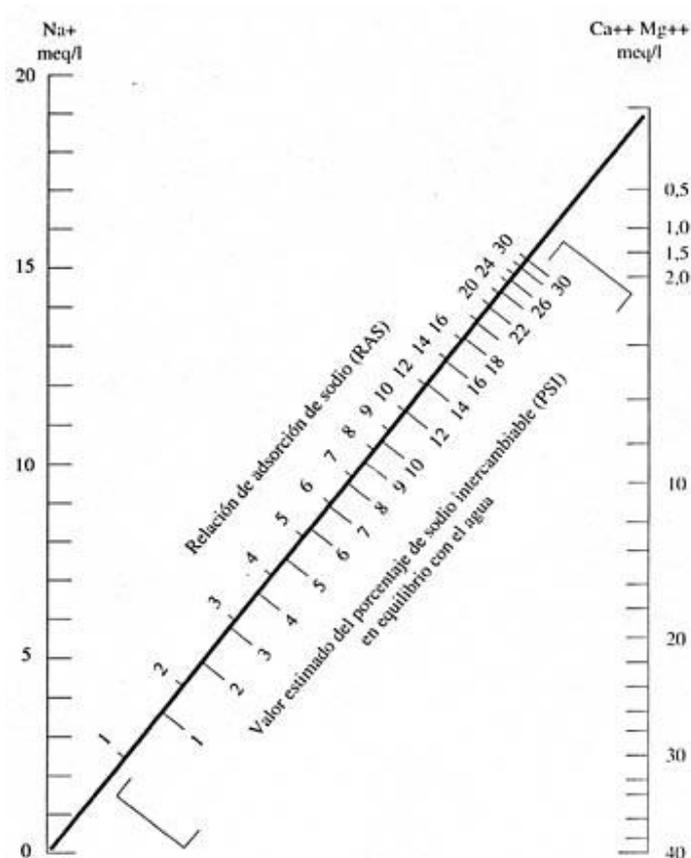


Figura 1: Diagrama para determinar el RAS de las aguas de riego y para estimar el valor correspondiente del PSI del suelo en equilibrio con el agua. Fuente: Richards L.A (1974)

c) Clasificación de usos de agua

Según la ley general de aguas D.L 17752 Art. 81, lo clasifica en 6 clases

Clase I: Aguas de Abastecimiento Doméstico con simple desinfección.

Clase II: Aguas para abastecimiento domestico con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla aprobado por el Ministerio de Salud.

Clase III: Agua para riego vegetales de consumo crudo y bebida de animales.

Clase IV: Agua para zonas recreativas de contacto primario (baños primarios)

Clase v: Agua para zonas de pesca.

Clase VI: Agua para zonas de preservación de fauna acuática y pesca recreativa o comercial.

3.3.3. Determinación de la demanda de los recursos hídricos

Se ha determinado primeramente los diferentes tipos de demandas.

3.3.3.1. Determinación de la demanda de agua de uso Poblacional

Para el presente estudio se utilizó la metodología planteada por la OMS y de las normas generales para proyectos de abastecimiento de agua Potable para poblaciones rurales comprendidas en la Ley N° 13997 de Saneamiento Básico Rural.

Cálculo de población futura: la población futura para localidades hasta de 2000 habitantes se hará en base a los coeficientes de crecimiento, para un periodo de 20 años.

$$Pf = Po (1+ r x t/100) \quad (9)$$

Donde

Pf = población futura

Po = Población Actual

R = índice de crecimiento

T= tiempo

Dotación, variaciones de consumo diario y horaria.: para determinar una dotación por habitante por día depende de diferentes factores, se estimó de acuerdo a lo siguiente:

- Población hasta 500 habitantes 60 – 80 lt/hab/día
- Poblaciones entre 500 - 1000 habitantes 80 – 100lt/hab/día
- Poblaciones entre 1000 a 2000 , 100 – 150 hab /día

Estas dotaciones serán para un periodo de 20 años

Para el presente estudio se optó la norma planteada por DIGESA 50lt/hab/día

$$Q p= Pob. Fut x Dot./86,400 \quad (10)$$

Donde:

Qp = Caudal promedio (lt/seg)

Pf = Población futura

Dot = Dotación (lt/hab/día)

3.3.3.2. Determinación de la demanda pecuaria

Comprende las demandas de uso pecuario, se estimó 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 determinación de la demanda se hizo en base a la encuesta comunal realizada en 2007 (padrón de comunidades)

3.3.3.3. Determinación de demanda de agua de uso agrícola por el método de Balance Hídrico

a) Evapotranspiración Potencial (Etp)

La evapotranspiración resulta de la combinación de la evaporación de la superficie del suelo y la transpiración de las plantas. En el presente trabajo se utilizó para determinar el déficit hídrico climático.

Método de Hargreaves. Este método para el presente trabajo se utilizo los dos casos y se determino el promedio de los dos.

a.1. En base a la radiación:

$$ETP = 0.004 * TMF * RS \quad (11)$$

Donde:

ETP	=	Evapotranspiración Potencial (mm/día)
TMF	=	Temperatura Media Mensual (°F), medida.
RS	=	Radiación Media Mensual (cal/cm ² /día).

a.2. En Base a la temperatura:

$$ETP = MF * TMF * CH * CE \quad (12)$$

Donde:

ETP	=	Evapotranspiración Potencial (mm/día)
MF	=	Factor Mensual de Latitud se obtiene del Cuadro N° 03
TMF	=	Temperatura Media Mensual (°F), medida.

CH	=	Factor de corrección para humedad relativa.
CE	=	Factor de corrección para la altura o elevación del lugar.
E	=	Altura o elevación del lugar m.s.n.m.

Se determino el cálculo de Evapotranspiración Potencial por el método de **Hargreaves** en base a la temperatura.

$$ETP(mm) = MF + TMF + CH + CE$$

Donde:

ETP : Evapotranspiración potencial (mm/mes)

MF : Factor mensual de latitud. Se obtiene de un cuadro llamado factor de Evapotranspiración potencial MF. En mm/mes.

TMF : Es la T^o media mensual, se obtiene de información climática para una serie promedio de datos de "n" años. Debe ser dado en °F. La Fórmula de conversión es la siguiente:

$$^{\circ}F = 9/5^{\circ}C + 32 \quad (13)$$

CH: Factor de corrección para la humedad relativa, cuya fórmula se presenta a continuación:

$$CH = 0,166\sqrt{100 - HR} \quad (14)$$

DONDE:

HR = Humedad relativa media mensual (%), medida

NOTA: La formula anterior se emplea para valores de HR mayores de 64 %, para HR < 64%, CH = 1

$$CE = 1,0 + 0,04 * \left(\frac{E}{2000} \right) \quad (15)$$

DONDE:

E = altitud o elevación del lugar (msnm.)

b) Coeficiente del cultivo (Kc)

El Kc se ha determinado teniendo en cuenta el periodo vegetativo de cada cultivo, como papa, habas, cebolla y alfalfa, para la cual este periodo vegetativo y la duración en días de cada etapa de desarrollo del cultivo en base a las 4 fases del cultivo (Gomez, 2000)

c) Evapotranspiración real ó actual (ETA).

La fórmula para calcular la Evapotranspiración real o Lamina neta de agua esta dada por:

$$ETA = Kc Pr_{omedio} * Etp(mm/mes) \quad (16)$$

Donde:

Kc : Coeficiente de cultivo promedio para la cedula de cultivos propuestos.

ETP : Evapotranspiración potencial en mm para cada mes.

d) Precipitación efectiva (P ef.)

Para calcular la precipitación efectiva se adoptó el criterio empírico de Water Resources Service U.S.A., la misma que se encuentra en el capítulo de revisión de literatura del presente trabajo.

En función de la precipitación caída durante el mes (P), cuando P es superior a 75 mm., la precipitación efectiva (Pe) se puede calcular mediante la fórmula.

En la metodología mencionada anteriormente, considera la distribución de la precipitación efectiva de la siguiente forma y de acuerdo al cuadro siguiente:

Cuadro 3: Precipitación efectiva

Incremento de la Precipitación (mm)	% de la Precipitación Efectiva
5	0
30	95
55	90
80	82
105	65
130	45
155	25
>155	5

Fuente: Riego A. Vásquez y L Chang. 1992.

Esta información de valores de precipitación promedia para una serie de año que corresponde a la estación Tahuaco se adjunta en el anexo.

Método de la FAO

$$PP.efec = 0.6P_{total} - 10 \text{ (para } PP_{total} < 70 \text{ mm/mes)} \quad (17)$$

$$PP.efec = 0.8P_{total} - 24 \text{ (para } PP_{total} > 70 \text{ mm/mes)}$$

Donde:

PP total : precipitación promedio mensual para una serie de “n” años.

e) Demanda de agua de los cultivos (Da)

La demanda de agua en mm para el caso de la sierra se obtiene, restando la precipitación efectiva de la evapotranspiración Real, calculada anteriormente. La fórmula utilizada es como sigue:

$$Da = ETA - Pe(mm) \quad (18)$$

Donde:

ETA : Es la evapotranspiración real o lámina neta dada en mm, para un mes determinado

PP.efec : Precipitación efectiva (mm) para cada mes, se obtiene de fórmula “a” o “b”.

f) Demanda bruta de agua de riego (Db)

La Demanda bruta de un proyecto de riego está dada por la siguiente fórmula:

$$Db = \frac{Da}{Efr} (m^3 / ha) \quad (19)$$

Donde:

Da: Es la demanda neta de agua expresada en m³.

Efr: Es la eficiencia de riego expresada en %; dependerá de las pérdidas que ocurran a nivel de conducción, distribución y aplicación.

Demanda unitaria

$$Du = Db * 10 \quad (20)$$

Donde:

Db = demanda bruta (mm/mes)

Du = Demanda Unitaria (m³/has/mes)

Lamina neta de agua fácilmente aprovechable (Ln F.A.)

La lamina Neta de Agua Fácilmente Aprovechable, se obtuvo multiplicando la Lámina Neta dada en mm por mes, por un factor que se encuentran en tablas y que es propio de cada cultivo. Para el caso de una cédula de cultivos, este factor se puede considerar como un promedio de todos los cultivos establecidos.

$$LnF.A = Ln * f(mm) \quad (21)$$

Donde:

LnF.A : Lámina neta Fácilmente aprovechable dado en mm.

Ln : Es la lámina neta ó evapotranspiración real del cultivo dado en mm

“F” : Es la fracción del agua que es fácilmente disponible por la planta y tiene un valor para cada cultivo. Para el caso una cédula de cultivos será el promedio. Este valor varía (0.5 – 0.75)

g) Frecuencia de riego (Fr)

Cuando se determina la demanda de agua para un proyecto de riego, es necesario saber cada cuanto tiempo en días se aplicará una cantidad de agua determinada a la cedula de cultivos establecida. La Frecuencia de Riego resultará de dividir la lámina neta de agua fácilmente aprovechable dado en mm, entre la Demanda de Agua en mm/día y será obtenida para cada mes. Viene a ser también el número de riegos que se realiza en un mes determinado; su fórmula es como sigue:

$$Fr = \frac{Ln}{Etr} \quad (22)$$

Donde:

Ln : Es la lámina de agua en mm, fácilmente aprovechable por el cultivo.

Etr : Es la Evapotranspiración real.

h) Tiempo de riego (TR)

Es el tiempo en horas que se debe aplicar una determinada cantidad de agua a la cédula de cultivos propuesto de un proyecto de riego. Es inversamente proporcional a la Infiltración Básica, por ejemplo en terrenos Franco Arcillosos, el tiempo de riego es mayor, mientras que para terrenos arenosos (permeabilidad rápida) el tiempo de riego es menor, se calcula por la siguiente expresión:

$$Tr = \frac{Ln(mm)}{Ib(mm/hr)} \quad (23)$$

Donde:

Ln: Es la lámina neta de un mes determinado, expresado en mm.

Ib: Infiltración básica expresado en mm/hr. Es obtenido de pruebas de infiltración de Campo con cilindros infiltró metros.

i) Módulo de riego (Mr)

En todo proyecto de Riego, es necesario saber o determinar el Módulo de Riego, que es la cantidad de agua expresada en lt/seg que se requiere para irrigar el área de una hectárea en un mes determinado, para un tiempo de riego diario expresado en horas.

$$Mr = \frac{Du(m3/seg) * (1000LT / 1m3 * (1mes))}{86400 * N^{\circ} de días del mes} \quad (24)$$

Donde:

Du: Demanda Unitaria.

3.4. Inventario de recurso suelo

a) Fase preliminar

En esta fase se recopiló información existente de la zona (estudio realizados por ONERN), de idéntica manera se consiguió los planos de la zona (carta nacional, planos de catastro), en los que se delimitó las áreas con problemas de drenaje (bancos de ríos) para excluirlas de estudio además realizar las delimitaciones morfológicas preliminares.

c) Fase sistemática de campo

Para la fase sistemática de campo se procedió a realizar una evaluación de los suelos se hizo calicatas y utilizando tajos naturales en las orillas de ríos además excavaciones realizadas con otros propósitos.

En cada calicata se efectuó la caracterización físico morfológica del perfil del suelo, se evaluó las características eco geográfico del área circundante a cada calicata, finalmente se extrajeron muestras de los perfiles considerados como típicos o representativos.

Toda esta información edáfica fue planteada sobre los planos catastrales, para proceder a su delimitación preliminar de los suelos representativos del área.

c) Características geomorfológicas de la zona

Dentro del área estudiada y desde el punto de vista geomorfológico, se distinguen dos unidades:

Sistema de clasificación FAO:

Este moderno sistema de clasificación de suelos fue desarrollado gracias al conjunto de esfuerzos de dos organismos de la ONU (FAO Y UNESCO) que tuvo su inicio en 1961. En la fase de preparación estuvo a cargo de D:l: Bramao de la FAO, que agrupó a u gran numero de edafólogo de diferentes países del mundo, Posteriormente en 1968 R. Dudal continua este trabajo y se establece de esta manera a un nuevo sistema de clasificación a base de unidades taxonómicas a nivel de mapas que por ser universal favorece su fácil comprensión.

Las unidades de sistema, se ilustran en base a sus principios de formación de suelos presentando una secuencia evolucionaría, es así que los menos evolucionados son los FLUVIOSOLS y los suelos de los trópicos húmedos fuertemente meteorizados son los FERRALSOLS.

Para la determinación de las unidades de mapeo se tomó en cuenta el sistema de clarificación
FAO de acuerdo al (*Cuadro 4*)

Cuadro 4: Unidades Taxonomicas F.A.O.

1°	Fluvisols	Suelos depositados por el agua con poca modificaciones
2°	Gleisols	Horizontes moteados o reducidos debido a la humedad
	Regosols	Suelos delgados sobre material no consolidado
3°		
4°	Arenosols	Suelos formados con arena
	Renzinas	Suelos poco profundos sobre roca calizas
5°	Rankersl	Suelos delgados sobre material silicio
6°	Andosols	Suelos que tienen un horizonte A umbrico, cenizas volcánicas
7°		con superficies oscuras
	Vertisols	Presentan un horizonte A mólido suelos inversores y auto abandonados ricos en arcillas montmorillonita
8°		
	Litosols	Suelos poco profundos sobre rocas duras
9	Cambisols	Suelos de color claro, cambia de estructura debido a la intemperización
10°	Luvisols	
11	Solonchks	Suelos de contenido mediano a lato de bases con horizontes arcillosos
12	Solonetz	
13	Yermosols	Suelos son acumulaciones de sales solubles
14	Podzoluviosols	Suelos con alto contenido de sodio
15	Podzols	Suelos desérticos
16		
	Plañoslos	Suelos con horizontes lixiviados que penetran en horizontes arcillosos
17		
	Kastanzems	Suelos con horizontes iluviales de color claro presentan un horizonte B espódico y acumulaciones en el subsuelo de hierro, aluminio y humus
18		
19		
	Chernozems	Suelos que presentan un horizonte E álbico y que descansan sobre un horizonte pobremente permeable, con cambios bruscos de textura
20		
21		
22	Phaeozems	Suelos de color superficial castaño, vegetación esteparía
23	Xersols	Suelos de superficie negra, alto contenido de humos bajo vegetación de praderas
24		
25	Acrisols	Suelos de superficie oscura, mas lixiviados que los Kastanozems y los Chernozems
26		

Nitosols	Suelos secos de regiones semi áridas
Ferrasols	Suelos sumamente intemperizados con horizontes arcillosas Bajo CEC de arcilla de horizonte arcillosos
Greyzems	Suelos con arcillas ricas en sequioxidos presentan un horizonte B óxico
Histosols	Suelos que presentan un horizonte A mólico, presentan recubrimientos blanquecinos sobre las superficie de los elementos estructurales

d) Análisis físico

Textura del suelo.- Se hizo el análisis de textura por el método de Boyoucus, empleando el hidrómetro ASTM, Soil 157H, calibrado a 68 °F.

Densidad de Partícula.- Se empleo el método del cilindro, los datos se expresan en gr/cc.

e) Análisis químico

f) Profundidad efectiva

- Muy superficial : Menos de 25 cm. de espesor.
- Superficial : De 25 – 50 cm. de espesor.
- Moderada : De 50 – 90 cm. de espesor.
- Profunda : De 90 – 130 cm. de espesor.
- Muy profunda : Mayores de 130 cm.

g) Clase textural

- Gruesa : Arena, arena franca.
- Moderadamente : Franco arenoso, franco.
- Gruesa : Arenoso fino.
- Media : Franca, franco limosa, limo.
- Moderadamente fina : Franco arcillosa, franco arcilloso arenoso.
- Fina : Franco arcillo limosa, arcillo limosa y arcilla.

h) Drenaje

Se refiere a la rapidez y cantidad de agua que se moviliza a través del suelo y sobre su superficie.

Denominación Descripción

Muy pobre	: El agua se moviliza muy lentamente y la napa freática permanece sobre o muy cerca de la superficie la mayor parte del tiempo.
Pobre	: El agua se moviliza tan lentamente que el suelo permanece húmedo un gran periodo de tiempo.
Imperfecto	: El agua se moviliza suficientemente lenta como para mantener el suelo húmedo por un periodo significativo.
Moderadamente Bueno	: El agua se moviliza algo lentamente, por lo que el perfil del suelo permanece húmedo, por un corto tiempo.
Bueno	: El agua se moviliza fácilmente en el suelo.
Algo excesivo	: El agua se moviliza rápidamente en el suelo.
Excesivo	: El agua se moviliza muy rápidamente en el suelo.

i) Modificador Textural

Denominación	Descripción
Gravoso o cascajoso	: Cuando los fragmentos de grava o cascajo se hallan en proporción de 20-50%.
Muy gravoso o cascajoso	: Cuando el porcentaje de fragmento varía del 50-90% del volumen del suelo.
Tierras misceláneas	: Cuando la masa del suelo contiene más del 90 % de fragmento grueso.

j) Horizontes del suelo

Son capas de suelos de espesor variable, aproximadamente paralelas a la superficie del suelo, con características propias derivadas de los procesos de la formación del suelo. Entonces definiremos muy concretamente algunos horizontes identificados en el área del estudio:

- A1** : Horizonte mineral formándose en lo adyacente a la superficie, cuyos rasgos más característica es una acumulación de material orgánica humificada íntimamente asociada con la fracción mineral.
- A2.** : Horizonte por eluviación tanto de tonalidad un poco más claro que A1.
- B2.** : Horizonte tradicionalmente conocida como sub-suelo, tiene menor contenido de materia orgánica y textura un tanto más pesada y, con características estructurales más definidas que el horizonte A2 y con un cambio de color.
- Bc.** : Horizonte de transición de B a horizonte mineral C.

- C.** : Es el horizonte mineral tradicionalmente conocido como material parental poco afectado por los procesos edafológicos.

k) Mapa de pendientes

Para la elaboración del mapa de pendientes se utiliza el mapa topográfico escala 1:25,000 elaborado por el Instituto Geográfico Nacional. Este procedimiento puede hacerse en forma manual o computarizada con el Sistema de Información Geográfico (SIG.).

El procedimiento manual es un método sencillo donde se trabaja con la distancia entre las curvas de nivel y la escala del mapa.

Se tiene que elaborar una plantilla que indique la separación mínima entre la curvas de nivel para obtener una determinada pendiente; generalmente la plantilla consiste en pequeños círculos que indican diferentes porcentajes de pendientes.

La fórmula para la elaboración de la plantilla es la siguiente:

$$P = \frac{DV}{DH} * 100 \quad (25)$$

Donde,

P = Pendiente

DV = Distancia vertical

DH = Distancia horizontal

E = Escala

Los rangos de pendiente son variables, que se han definido en la presente metodología. A nivel de gabinete se estima por medio de técnicas cartográficas utilizando mapas de curvas a nivel. En el caso de extensiones relativamente pequeñas o en áreas muy complejas como las kársticas, debe estimarse también la pendiente con técnicas cartográficas a manera de guía, pero deben ser medidas en campo mediante procedimientos topográficos: No debe olvidarse que lo que va a determinar la clasificación en una unidad cartográfica, **es la pendiente máxima**, es decir la mayor inclinación que presenta la unidad, expresada en porcentaje.

Las pendientes a clasificar son de acuerdo a lo establecido por El Reglamento de Clasificación de Tierras del Perú, para plano a escala 1:25000 o menor (Ver cuadro N° 04)

Cuadro 5: Clases de pendientes
(Plano Topográfico a Escala 1:25000 o menores)

Símbolo	%	Descripción
A	0 – 2	<i>Casi a nivel o nivel</i>
B	2 – 5	<i>Ligeramente inclinado</i>
C	5 – 10	<i>Moderadamente inclinado</i>
D	10 – 15	<i>Fuertemente inclinado</i>
E	15 – 30	<i>Moderadamente empinado</i>
F	30 – 50	<i>Empinado</i>
G	50 – 75	<i>Muy empinado</i>
H	75 a más	<i>Extremadamente empinado</i>

I) Categoría de capacidad de uso de suelo

1. Agricultura sin limitaciones (A):

Se determino áreas con aptitud para cultivos agrícolas sin mayores limitaciones de pendiente, profundidad, pedregosidad o drenaje. Permiten cultivos agrícolas en monocultivo o asociados o, demandan muy pocas, prácticas intensivas de conservación de suelos dentro de la Microcuenca.

2. Agroforestería con cultivos anuales (Aa):

Se considero áreas con limitaciones de pendiente y/o profundidad efectiva del suelo, donde se permite la siembra de cultivos agrícolas asociados con árboles y/o con obras de conservación de suelos y prácticas o técnicas agronómicas de cultivo.

3. Suelos forestales para producción (F):

Se definió áreas con limitaciones para usos agropecuarios; de pendiente o pedregosidad, con aptitud preferente para realizar un manejo forestal sostenible, tanto del bosque nativo como de plantaciones con fines de aprovechamiento, sin que esto signifique el deterioro de otros recursos naturales. La sustitución del bosque por otros sistemas conllevaría a la degradación productiva de los suelos. Se Determinó las área de reforestación en la micro cuenca

Uso actual de tierra

La metodología empleada se apoya tomando como base la clasificación propuesta por la Unión Geográfica Internacional (UGI) para determinar las diferentes categorías de uso de tierra. El estudio se efectuó básicamente por tres etapas:

- **Primera etapa:** De planteamiento del estudio o PRE-campo se efectuó en gabinete y de desarrollo de acuerdo a los objetivos, a nivel de estudio a la disponibilidad cartográfica y a la información estadística en la campaña agrícola 2007-2008.
- **Segunda etapa:** Denominación de campo, consistió en el mapeo y la identificación sistemática de las áreas de estudio.
- **Tercera etapa:** Se realizó en gabinete y consistió en el procesamiento y traslado de la información de mapeo al mapa base de escala 1/25000, efectuándose luego la delimitación el área de las diferentes categorías de uso de suelo.

Clasificación de inundaciones

Las Zonas inundables se clasifican de acuerdo con las causas que generan las inundaciones. Estas causas son las siguientes, que se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 6: Clasificación de inundaciones

-
- (1) Encharcamiento por lluvias intensas sobre áreas planas,
 - (2) Encharcamiento por deficiencias de drenaje superficial.
 - (3) Desbordamiento de corrientes naturales.
 - (4) Desbordamiento de ciénagas.
 - (5) Avalanchas producidas por erupción volcánica, sismos, deslizamientos y formación de presas naturales.
 - (6) Obstáculos al flujo por la construcción de obras civiles: Puentes, espolones y obras de encauzamiento, viviendas en los cauces y represamientos para explotación de material aluvial.
 - (7) Sedimentación
-

Fuente: FAO, 2005

3.5. Inventario y diagnóstico geológico

En el presente estudio se baso en los estudios realizados por el Proyecto especial del Lago Titicaca, que hacen un descripción de toda la región de Puno

3.6. Inventario de recurso flora

Sistemas silvopastoriles (Ss):

Áreas con limitaciones de pendiente y/o profundidad, drenaje interno que tienen limitaciones permanentes o transitorias de pedregosidad y/o drenaje. Permiten el desarrollo de pastos naturales o cultivados y/o asociados con especies arbóreas. Se determino todas las especies de acuerdo del método de la oficina Nacional de los Recursos naturales, se muestra en el Anexo N° 02 Y los mapas respectivos.

Flora se sigue una metodología integral que abarque diferentes aspectos como la revisión y recopilación de la información, el desarrollo de investigaciones básicas y aplicadas, con toma de información en laboratorio y/o en campo y la difusión de los resultados y de la información obtenida.

3.7. Balance hídrico de la Microcuenca Molino Humacata

3.7.1. Balance demanda-disponibilidad de agua

Entendemos que el balance es la comparación en el tiempo y el espacio de las disponibilidades y las demandas de agua, que tiene por objeto definir la existencia de déficit o exceso de agua en las diferentes fuentes de estudio.

Para el presente estudio se hizo en función de de la oferta y demanda hídrica de la micro cuenca Humacita

3.7.2. Plan de aprovechamiento de los recursos hídricos

Para el presente trabajo fue necesario definir algunas estrategias y directrices, la misma que nos permitirá el logro de algunos objetivos así como:

- Precisar la cantidad, calidad y ubicación de los recursos hidráulicos de la zona en estudio.
- Satisfacer oportunamente las demandas de aguas poblacionales y agrícolas.
- Controlar el mejor aprovechamiento de los recursos hidráulicos.

3.7.3. Cálculo del índice del escases hídrico en la Microcuenca Molino Humacata

El índice de escasez en su forma porcentual es:

$$I = \frac{D}{O} \times 100 \quad (26)$$

Donde: I - Índice de escasez [%], D - Demanda total de agua [m^3], O Oferta hídrica superficial neta [m^3].

En la Evaluación General de los recursos de agua dulce del Mundo se distinguen las siguientes categorías de presión sobre el recurso hídrico:

- a. Alta – la demanda alcanza el 40% del agua ofrecida potencialmente por la fuente abastecedora.
- b. Media – el nivel de demanda de agua se encuentra entre el 20 y 40% de la oferta.
- c. Moderada – Los requerimientos de agua están entre el 10 y el 20% de la oferta hídrica.
- d. Baja – la demanda de agua no supera el 10% de los volúmenes de agua ofrecidos por la fuente.

3.8. Planificación de los recursos hídricos

Para la planificación del recurso hídrico se realizó en función de la demanda y oferta de agua de la determinada Microcuenca.

3.9. Zonificación agroecológica (ZA)

Para la zonificación agro ecológica se utilizó la metodología elaborada para la FAO. Para definir los límites agroecológicos se utilizaron las cartas del Instituto Geofísico del Perú escala 1:25000 como base de la diferenciación edáfica, más detalle en el Anexo N° 08

De acuerdo a diagnóstico elaborado se realiza la zonificación en la microcuenca en estudio teniendo en cuenta las siguientes características:

- Recurso agua
 - Ubicación de las principales fuentes hídricas (manantiales)
- Recurso suelo
 - Zona marginal (has)
 - Terrenos con pastos naturales (Has)
 - Terrenos inundables (Has)
 - Terrenos en barbecho (Has)
 - Terreno Agrícola en Descanso (Has)

- Recurso flora
- Reforestación (Has)

3.10. Formulación de alternativas de zonificación agroecológica para proyectos de desarrollo

Un plan de desarrollo a corto, mediano y largo plazo se implica dos consideraciones básicas, la visualización de un futuro deseable y la prevención del comportamiento futuro de todas las variables económicas, enfoques prospectivos y proyectivos.

En el presente estudio de acuerdo a la zonificación actual y de las del balance hídrico, y la reforestación, de acuerdo a las condiciones topográficas y los riesgos fisiográficas y climáticas se plantea proyectos de desarrollo.

- desarrollo agrícola extendible.
- Rehabilitación de andenes
- Zanjias de infiltración
- Desarrollo Forestal
- Encauzamiento de inundaciones

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Características físicas y topográficas de la Microcuenca

4.1.1. Topografía

La topografía que presentó la microcuenca tiene superficies inclinadas y planas, son considerables, tanto lateral como longitudinalmente, las cuales favorecen el escurrimiento superficial de las aguas pluviales y erosión del terreno. La característica topográfica más resaltante son las quebradas que discurren en una orientación general Oeste - Este hasta su desembocadura en la hoya del lago Titicaca.

El procesamiento de los datos obtenidos en el trabajo de campo se ha realizado utilizando programas de computo especializados (arcgis 9x) para este fin tales como el MDT (Modelado Digital de Terreno) y el Autocad versión 2006.

4.1.2. Geología

En el aspecto geológico, las condiciones geológicas y geotécnicas donde se emplaza el sistema de evacuación pluvial (drenaje superficial).

En los estudios realizados y ejecutados en Molino colindante a la zona en estudio. La zona estudiada pertenece a la unidad geomorfológica del altiplano, caracterizado por una topografía llana entre cadenas de cerros a modo de unas pequeñas planicies, mayormente integrado por materiales aluviales y lacustres.

La geología de la zona de estudio está representada por rocas que van desde el mesozoico – cretáceo medio (Formación Calizas Ayavacas) al cenozoico - cuaternario reciente (depósitos recientes).

En conclusión, geológicamente en la zona del estudio afloran rocas sedimentarias, volcánicas, y depósitos recientes que van del cretáceo medio al cuaternario reciente, también se da en depósitos cuaternarios recientes y material de relleno consideradas como roca suelta.

4.1.3. Climatología

Con las informaciones obtenidas por su cercanía de ésta al área de estudio, Tahuaco, resulta una precipitación media anual (1979 – 2003) de 710.5 mm, más próxima de la zona de estudio es de 674.5 mm, alcanzando una mayor intensidad en periodos de avenida Diciembre (110.6 mm), Enero (192.9 mm), Febrero (142.7 mm), Marzo (139.4 mm), Abril (51.8 mm) y niveles bajos desde mayo a Noviembre en (7.5 mm), considerándose un año sub - húmedo, alcanzando mayor precipitación en el mes de Enero con (192.9 mm)

Del mismo modo se adquiere una temperatura media anual en 7.7°C, Humedad Relativa media que fluctúa en 48.91%, con un total de 1,963.7 y 1,388.66 mm de ETP por año.

Durante las épocas de avenida existe un gran escurrimiento superficial de 3'299,985.4, equivalente a 72.99% de agua a consecuencia de fuertes precipitaciones.

4.1.4. Vivienda

Con las informaciones obtenidas, las viviendas están asentadas sin un Plan Director que permita un ordenamiento urbano con calles no alienadas e irregulares.

Las construcciones en su mayoría son de adobe con techo de calamina y concreto armado.

4.1.5. Parámetros geomorfológicos

El área de la microcuenca se ha podido determinar siguiendo las parte más altas dentro de una cota. Según las ecuaciones 01, 02, 03, 04, 05 y 06 del presente estudio se determino los parámetros Fisiográficos y los resultados se muestra en el (*Cuadro 7*).

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

Cuadro 7: Parámetros Fisiográficos de la Microcuenca Molino Humacata

PARAMETROS	SIMB.	UNID.	VALOR
Área	A	Has	2637.2
Perímetro	P	Km	31.88
Índice de compacidad	Ic	Adim	1.72
Factor de forma	Ff	Adim	0.17
Densidad de drenaje	Dd	Adim	1.12
Pendiente medio del cauce	S	%	25.15
Altitud media	H	m.s.n.m	4267

Fuente: Elaboración propia Tema de Tesis

4.2. Diagnostico e inventario de los recursos hídricos

4.2.1. Inventario de los recursos hídricos

1) Evaluación de fuentes de agua.

En la Microcuenca, el recurso hídrico son provenientes principalmente de la precipitación pluvial, lo cual escurre por los drenes naturales casi de inmediato por presentar fuertes pendientes (15 a 30%), y que esto no favorece para abastecer a las fuentes de agua como son ríos, manantiales u ojos de agua (presentan caudales muy pequeños), y que son utilizados por la población en la zona de estudio.

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 esorrentía 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 Manantes

Los manantes ubicados al interior del ámbito del estudio se muestran en el (*Cuadro 8*) y en el mapa N° 02.

Cuadro 8: Fuentes de Agua Inventariadas en la Zona de Estudio

Nombre	Uso	Estado	Caudal Lt/se	Formación	Altitud (msnm)
Manant 01	Agropecuario	Libre	5	Natural	4482
Manant 02	Agropecuario	Libre	3	Natural	4280
Manant 03	Agropecuario	Libre	2	Natural	4260
Manant 04	Agropecuario	Libre	2	Natural	4110
Manant 05	Agropecuario	Libre	1	Natural	4081

Fuente: Elaboración propia tema de tesis

Cuadro 9: 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: Trabajo Prof. Víctor Bustinza 1999

En la zona de estudio de acuerdo a los caudales aforados y que se presentan menores a 6 lt/seg. y se concluye que los manantiales son de quinta y sexta categoría.

4.2.2. Evaluación 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.

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

a) Uso doméstico

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

Cuadro 10: 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: Foncodes (1995): Proy. De agua Potable Molino Humacata

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 11*)

Cuadro 11: Análisis de agua

CE dS/m	pH	Mg Me/lt	Ca	Na	K	CO ₃	HCO ₃	NO ₃	SO ₄	Cl	RAS
0.10	6.86	6.07	2.49	11.75	5.25	62.97	55.34	0.03	30.00	17.02	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° 11 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° 11, 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 limite es de 250 mg/L, por consiguientes es permisible para el consumo humano.

Sulfatos (SO₄): Según el análisis fisicoquímico 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 limite es de 400mg/L, así 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. Como se muestra en el Anexo N° 01.

4.2.3. Determinación de la demanda de agua de los recursos hídricos

4.2.3.1. Demanda de agua de uso poblacional

Cuadro 12: Demandas Poblacionales

AÑO	Pa	T	P (Pf- Pa)	Pa*t	R P/Pa*t	r*t
1990	998					
		5	102	550	0.18	0.9
1995	1100					
		10	241	2410	0.1	1.00
2005	1341					
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/día. Haciendo los cálculos según las ecuaciones (9) Y (10), respectivos el caudal promedio es 1.21 lt/seg y caudal máximo 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 Manantial 01, Manantial 02, Manantial 05 (ver planos).

Actualmente las comunidades de Molino Kapia, Molino Humacata, Jachapampa casi en su totalidad consumen aguas potables provenientes de manantial 02, Manantial 04, Manantial 03 (ver Planos), se resume en el siguiente cuadro:

Cuadro 13: Resumen de Juntas de Agua Potable de la Microcuenca Molino Humacata

Nombre del usuario	Nombre de la unidad operativa	Caudal concedido (lt/seg)	Volumen de consumo (m3)	Fuente de captación
Sistema de agua potable C.P. Isani	C. P. Isani	1.50	23652.00	Manantial 02
Sistema de agua Potable de la C. Jachapampa	Jachapampa	0.5	7884.00	Manantial 04
Sistema de Agua Potable de Molino Kapia	C. Kapia	0.7	10050.00	Manantial 03
Sistema de agua potable M Humacata	C. Humacata	0.7	10077.00	Manantial 05

Fuente: Distrito de riego de rio llave (1996)

4.2.3.2. 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 molino Humacata es de 2709 (auquénidos, vacunos, ovinos y porcinos)

Cuadro 14: 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: Ministerio de Agricultura (2004), y encuesta comunal 2007 (Padrón de las comunidades)

4.2.3.3. Determinación de demanda de agua de los cultivos

a) Evapotranspiración potencial (Etp)

a.1 Temperatura

En la Microcuenca Molino Humacata la Temperatura media se ha obtenido de la Estación Meteorológica Tahuaco Yunguyo, en 25 años de cada estos valores se muestran en el Anexo N° 04 y en la tabla de anexos, 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.

a.2 Evapotranspiración potencial

Se determinó mediante las ecuaciones (11,12,13,14,15) y utilizando los cuadro de anexos (03) y (04) esto dependiendo de la temperatura, la radiación solar, altitud, latitud que se puede mostrar en el cuadro N° 14, La evapotranspiracion máxima calculada es de 4.41 mm / día.

Cuadro 15: Evapotranspiración Potencial (mm/mes)

DESCRIPCION	UNID	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
Etp (mm/mes)	mm/mes	98.97	120.80	128.02	136.60	112.35	87.80	119.43	99.66	82.73	62.88	71.94	91.88

Fuente: Elaboración propia

b) Coeficiente de cultivo (Kc)

Los coeficientes de cultivo Kc. se determino para cada cedula de cultivo Propuesto en la Microcuenca Molino Humacata, los Kc se opto Estudio Agrológico de la zona (Gomez, 2002). Estos valores de Kc se presentan en el *Cuadro 16*. De la Microcuenca Molino Humacata.

Cuadro N° 09 16: Coeficientes de Cultivos (Kc) **COEFICIENTES DE CULTIVOS (Kc)**

CULTIVO	Area	%	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.
			Kc											
Papa dulce	90	25.64		0.4	0.54	0.8	1.1	1.2	0.75					
Quinua	30	8.55		0.27	0.4	0.6	0.6	0.65	0.75	0.8	0.5			
Tarwi	4	1.14		0.27	0.4	0.7	1	1.14	0.5					
Habas	90	25.64	0.42	0.85	0.9	0.9	1.6	1.53	1.15					
Cebada grano	90	25.64			0.42	0.9	1	1.1	1.05	0.9	0.6			
Avena grano	46	13.11			0.42	0.9	1	1.1	1.05	0.9	0.6			
Hortalizas	1	0.28	0.9	0.4	0.8	1.1	1.1	0.8		0.2	0.4	0.8	1.1	1.1
Área cultivada	351	100.00	91	215	351	351	351	351	350	167	167	1	1	1
Kp. (ponderado)			0.42	0.57	0.57	0.85	1.15	1.20	0.97	0.88	0.58	0.8	1.1	1.1
Kc. Promedio			0.66	0.44	0.55	0.84	1.06	1.07	0.75	0.40	0.30	0.8	1.1	1.1

FUENTE : Gomez, W. (2002).



c) Determinación de la Evapotranspiración real del cultivo (ETR) o lámina neta o necesidad real de agua

La evapotranspiración real se determinó a través de la ecuación (16) y está representado en la *Cuadro 17*, en donde no muestra que la lamina 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 17: Evapotranspiración Real de Cultivo

DESCRIPCION	UNID	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
ETR (mm)	mm/mes	41.6	68.59	73.35	115.7	128.7	105.1	115.4	87.5	48.05	50.3	79.1	101

Fuente: Elaboración propia

d) Precipitación efectiva

Precipitación

La precipitación del área de estudio se ha obtenido a través de la Una seria de 25 años en la Estación Meteorológica Tahuaco - Yunguyo donde se registran precipitaciones máximas en los meses Diciembre, Enero, Febrero y marzo son los periodos de intensa lluvia cuyos promedios oscilan entre 110, 192, 142, 139 mm., la precipitación medida en lamina 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 18* y en el Anexo N° 05.

Cuadro 18: Precipitación Mensual (mm/mes)

Estación Meteorologica													
Categoria : MAA		Prov. : Yunguyo			Longi : 69°03'								
Número : S/n		Dist. : Yunguyo			Altitud : 3945 m.s.n.m								
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JU	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1979	193.3	124.4	204.2	56.4	8.6	3.5	14.0	5.0	0.0	65.0	23.9	209.7	908.0
1980	90.0	81.8	231.2	1.6	0.0	0.0	35.4	34.0	54.6	93.8	28.2	44.6	695.2
1981	209.2	254.8	123.4	88.0	13.0	0.0	0.0	0.0	28.2	52.1	75.9	49.6	892.2
1982	192.8	23.6	127.0	2.2	0.0	0.0	0.0	3.0	46.8	95.2	81.0	42.1	613.7
1983	70.0	94.4	50.4	68.6	16.4	2.2	1.6	34.2	40.8	14.2	37.4	72.0	502.2
1984	372.8	329.0	161.4	35.0	15.8	15.0	5.0	9.4	1.2	59.5	130.2	131.4	1265.7
1985	256.4	287.6	74.6	212.8	14.2	36.2	0.6	16.2	86.2	67.6	128.6	190.8	1371.8
1986	165.0	275.1	221.4	57.2	20.4	4.8	13.0	1.8	28.2	29.8	64.8	188.2	1069.7
1987	266.7	50.9	51.2	34.9	10.4	0.0	12.7	5.5	24.6	67.9	98.3	125.9	749.0
1988	193.1	58.4	236.3	77.5	46.3	3.5	10.9	0.0	39.7	36.1	28.5	125.3	855.6
1989	211.2	132.5	181.1	106.9	9.9	18.1	9.7	8.7	21.4	20.8	86.6	126.7	933.6
1990	155.7	99.8	75.5	58.4	59.2	89.0	0.0	12.5	22.0	85.5	104.0	131.2	892.8
1991	150.8	55.5	143.2	27.9	19.1	32.5	5.1	0.6	0.0	68.1	41.4	118.5	662.7
1992	160.3	113.7	33.6	24.2	0.0	6.5	11.6	41.1	9.1	59.9	127.4	71.4	658.8
1993	267.5	44.4	170.5	20.2	4.9	0.0	0.0	52.4	35.6	115.0	154.8	123.6	988.9
1994	223.3	195.5	154.2	39.0	4.0	3.6	8.9	4.6	2.6	33.2	65.8	165.6	900.3
1995	114.3	119.6	219.1	14.0	4.6	1.6	1.6	18.0	21.7	8.1	81.4	179.1	783.1
1996	219.2	154.5	62.7	41.0	4.6	4.2	30.5	44.6	17.6	3.7	70.5	136.5	789.6
1997	235.3	196.8	114.3	42.0	6.5	0.0	1.1	39.9	54.7	15.4	49.7	24.4	780.9
1998	109.0	113.5	131.7	81.5	4.6	21.4	0.0	1.4	2.4	50.7	40.5	43.4	600.1
1999	107.1	150.4	220.3	89.7	14.9	0.7	1.6	3.9	20.0	120.5	17.8	62.7	809.6
2000	269.9	162.0	135.6	14.0	4.9	4.4	9.2	6.4	3.3	52.0	1.0	109.3	772.0
2001	160.1	190.0	130.0	36.4	10.1	41.0	0.0	27.0	12.0	23.0	11.5	98.6	739.7
2002	240.5	142.0	121.0	23.1	1.0	0.1	11.5	38.0	27.0	22.5	50.0	85.4	762.1
2003	189.2	118.0	110.9	41.3	10.2	17.8	4.4	29.1	13.2	24.1	87.8	108.2	754.1
PP. Men	192.9	142.7	139.4	51.8	12.1	12.2	7.5	17.5	24.5	51.3	67.5	110.6	
DESV. E	68.31	79.704	60.72	43.74	13.71	20.1	9.159	16.79	21	32.93	40.99	51.35	

FUENTE : Estación meteorológica, Tahuaco, 2004

Precipitación efectiva (Pe)

La precipitación efectiva se determinó a través de las ecuaciones de la FAO (17) 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 mostrar en la Cuadro 19

Cuadro 19: Variación de la Precipitación Efectiva al 75% (mm/mes)

DESCRIPCION	UNID	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
Pp Efectiva (mm)	mm/mes	1.14	16.863	26.41	56.13	100.1	72.02	75.33	17.72	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

e) Demanda de agua

La determinación de la demanda de agua de los cultivos a través de la Ecuación (18), 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 20*, en donde podemos observa que la mayor demanda de agua existe en el mes Julio.

Cuadro 20: Demanda de agua (mm/mes)

DESCRIPCION	UNID	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
Demanda de agua	mm/mes	40.4	51.73	46.95	59.57	28.64	33.08	40.1	69.8	48.05	50.3	79.1	101

Fuente: Elaboración Propia

f) Demanda bruta de agua de riego

Se determino a través de la ecuación (19), 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.

g) Determinación de frecuencia de riego

Para la determinación de Frecuencia de riego se utilizo La ecuaciones (22) 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 mas 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.

h) Determinación de los tiempos de riego

El tiempo de riego se determinó a través de la ecuación (23.) de 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 (Anexo N° 06) Molino Humacata 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 lamina neta de riego. De la ecuación de determinación de tiempo de riego indica la lamina neta dividida con la Infiltración básica se ha obtenido para todo los 12 meses del año esto se muestra en la *Cuadro 21*

i) Determinación de modulo de riego para el área de estudio

El modulo de riego obtenido para el área de riego propuesto se ha obtenido mediante la ecuación (24) 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 21*.
Demanda de agua de los cultivos.

Cuadro 21: Demanda de agua de los Cultivos

UNID	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
mm/mes	98.97	120.80	128.02	136.60	112.35	87.80	119.43	99.66	82.73	62.88	71.94	91.88
s.u.	0.42	0.57	0.57	0.85	1.15	1.20	0.97	0.88	0.58	0.8	1.1	1.1
mm/mes	41.57	68.59	73.35	115.71	128.71	105.09	115.43	87.48	48.05	50.31	79.13	101.07
mm/mes	1.14	16.86	26.41	56.13	100.06	72.02	75.33	17.72	0.00	0.00	0.00	0.00
mm/mes	40.43	51.73	46.95	59.57	28.64	33.08	40.10	69.77	48.05	50.31	79.13	101.07
m ³ /Ha	115.50	147.79	134.14	170.21	81.84	94.51	114.58	199.33	137.29	143.73	226.09	288.76
%	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
mm	12.47	20.58	22.01	34.71	38.61	31.53	34.63	26.24	14.42	15.09	23.74	30.32
dias	30	31	30	31	31	28	31	30	31	30	31	31
dias	9	12	14	18	42	27	27	11	9	9	9	9
horas	6	8	7	9	4	5	6	10	7	8	12	15
lt/seg/Ha	0.18	0.17	0.18	0.17	0.17	0.19	0.17	0.18	0.17	0.18	0.17	0.17
Has	81	268	350	350	350	350	349	181	131	1	1	1

JN PROPIA

Fuente: Elaboración propia

j) Uso actual del agua

El uso actual del agua por las diferentes juntas de agua se resume en el siguiente

Cuadro 22

Cuadro 22: Uso Actual de agua de riego

Nombre del usuario	Nombre de la unidad operativa	Caudal concedido (lt/seg)	uso
Comunidad campesina de molino humacata	Molino Humacata	4.5	agropecuario
Irrigación Molino kapia	Molino kapia	4.5	Agropecuario

Fuente: Administración técnica de Distrito de riego llave, 2006

4.3. Inventario de recurso suelo

4.3.1. Descripción de las series de suelos

En la zona estudiada se han identificado y delimitado 09 series de suelos, una fase por inclinado y una clase de tierras misceláneas.

A continuación se describe las características de los suelos identificados en el área, para lo cual se empleo las normas y terminología expresada por Soil Survey Staff del Departamento de Agricultura de EE.UU.

Cada unidad edáfica ha sido identificada con nombres propios de la zona en que comprende y algunos son de los estudios precedentes e identificados con un símbolo para efectos de ubicación en los "Mapas de Suelos".

En el Cuadro 23 se muestra el sumario de las características edáficas en el área evaluada; así mismo en el cuadro No 20 se puede observar la distribución espacial expresada en Hás. y en % en cada una de las unidades edáficas identificadas.

Análisis de las características generales para los suelos identificados (series de suelos de la microcuenca Molino Humacata) se presenta en el Cuadro 23 y las características físicas y

químicas en el Cuadro 23 y las superficies que ocupan estas series de suelos en el Cuadro 24, continuación se presentan dichos cuadros

Cuadro 23: Análisis de las Características Físicas de Suelos de la Microcuenca Molino Humacata

SERIE	HORIZONTE	PROFUNDIDAD	ANÁLISIS MECÁNICO	
			Da (gr/cm ³)	Clase Textural
Copani		0.80	1.80	Arenoso
Humacata Al		0.80	1.75	Arenoso
Humacata Baj		0.80	1.35	Franco
Liquina		0.80	1.36	Franco
Jachapampa		0.80	1.60	Franco A
Molino Kapia		0.80	1.71	Arenoso

Fuente: Elaboración propia Tema de tesis

Cuadro 24: Superficies y Porcentajes de series de suelos y áreas misceláneas en la Microcuenca Molino Humacata

SERIE	SIMBOLO	SUPERFICIE	
		Hás	(%)
Copani	Cp	693.7	25.8
Humacata alta	Ha	817.1	30.5
Humacata baja	Hb	285.4	10.6
Liquina	Lq	263.4	9.8
Jachapampa	J	273.9	10.2
Molino Kapia	Mk	303.6	11.3
AREA TOTAL		2680.0	100

Fuente: Elaboración propia

4.3.2. Determinación de la capacidad de campo (CC)

La determinación de capacidad de campo se realizaron en el laboratorio por el método de la Probeta estos valores se muestra en el Cuadro 25.

Cuadro 25: Determinación de Capacidad de Campo

DESCRIPCION	CAPACIDAD DE CAMPO (%)	PROFUNDIDAD (Cm)
M1: Ladera	15	80
M2: Media	17	80
M3: Parte baja	20	80

Fuente: Laboratorio de Ciencias Agrarias, 2005

4.3.3. 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 26*. Y en el anexo, Mapa N° 04

Cuadro 26: Pendientes de Terreno de la Microcuenca

Clase	Rango pendiente %	Termino descriptivo	Área	
			Hás	%
I	0 -2	Casi sin nivel	214.7258	8.14
II	2 - 5	Ligeramente inclinado	593.0794	22.49
III	5 – 10	Moderadamente inclinado	211.8465	8.03
IV	10 – 15	Fuertemente inclinado	131.1270	4.97
V	15 – 30	Moderadamente empinado	424.2342	16.09
VI	30 – 50	Empinado	1055.2306	40.01
VII	50 - 75	Fuertemente empinado	6.9565	0.26

FUENTE: Elaboración Propia, Tema de Tesis

Esto concluye que la mayor área ocupan los pendiente de 2-5% y 30-50% con un área de

4.3.4. Uso actual de tierra

El uso actual de la tierra en la Microcuenca Molino Humacata ha sido clasificado de acuerdo a la clasificación de la UGI, que se muestra en el *Cuadro 27* y en el plano N° 03. La Información obtenida fue agrupada en diez categorías de uso, de las cuales las categorías N° 0, N° 05 y N° 09 no tienen aplicación en el área comprendidas en el estudio.

Cuadro 27: Uso Actual de la Tierra de acuerdo al Sistema de Clasificación de la Unión Geográfica Internacional. (UGI)

CATEGORIA Y CLASE DE USO	Has	(%)
1. Terrenos poblados: centro Poblados	20.01	0.76
2. Terrenos con andenes: Terrenos con cultivo en andenes	110.70	4.20
3. Terrenos con cultivos perennes		
4. Terrenos con cultivos extensivos		
5. Terrenos Pradera mejoradas: esta categoría no tiene aplicación en el área.		
6. Terrenos con praderas naturales: Terrenos con pastos naturales	1561.34	59.20
7. Terrenos con bosques: Con bosque artificial	6.55	0.25
8. Terreno pantanoso o Húmedos	85.24	3.23
9. Terrenos con uso y terrenos sin uso		
- Terrenos en Barbecho	350.00	13.27
- Terrenos agrícola en descanso	12.00	0.46
- terrenos marginales	301.75	11.44
- Terrenos inundables	189.60	7.19
AREA TOTAL	2637.20	100.00

FUENTE: Elaboración Propia tema de tesis

Clasificación de inundación

En la micro cuenca Molino Humacata existe un área inundable según el *Cuadro 6* es de Categoría 03, haciendo un total de 189.60 hás.

Mapa de uso actual de la tierra

En esta fase se elaboró un mapa de uso de la tierra, en términos de cobertura. La leyenda a utilizar deberá estar acorde con las categorías de uso mayor establecidas por los organismos especializados en el tema.

Mapa de uso actual de tierra presenta, en el plano N° 03: en el mapa de uso actual de tierra.

4.4. Inventario y diagnostico Geológico

PELT, En el aspecto geológico, es el de conocer las condiciones geológicas y geotécnicas donde se emplaza el sistema de evacuación pluvial (drenaje superficial).

En los estudios realizados y ejecutados en Molino colindante a la zona en estudio. La zona estudiada pertenece a la unidad geomorfológica del altiplano, caracterizado por una topografía llana entre cadenas de cerros a modo de unas pequeñas planicies, mayormente integrado por materiales aluviales y lacustres.

La geología de la zona de estudio está representada por rocas que van desde el mesozoico – cretáceo medio (Formación Calizas Ayavacas) al cenozoico - cuaternario reciente (depósitos recientes).

En conclusión, geológicamente en la zona del estudio afloran rocas sedimentarias, volcánicas, y depósitos recientes que van del cretáceo medio al cuaternario reciente, también se da en depósitos cuaternarios recientes y material de relleno consideradas como roca suelta.

4.5. Diagnostico e inventario de flora

4.5.1. Reforestación

En la micro cuenca en estudio se ha determinado los recursos forestales existentes, en diferentes especies para esto se ha tenido que determinar las áreas de plantones existentes en la zona, para así ampliar en su posterior el plantado de árboles, como se muestra en el *Cuadro 28*

Cuadro 28: Reforestación en las Comunidades

Comunidad	Área de reforestación (has)	Características
Molino Kapia	0.22	Dispersas con variedades de kollis, Eucaliptos
Molino Humacata	6.33	Dispersas y en grupos, variedades de kollis, Eucaliptos, pinos
Copani	0.00	ninguno
Jachapampa	0.00	Sin reforestacion.

Fuente. Elaboración propia

4.5.2. Plantas silviculturales

En este micro cuenca se ha obtenido diferentes especies haciendo un área total de 1561.24 Hás, en función de la topografía del terreno, como las especies más resaltantes que se ha podido encontrar en el área de estudio, tenemos en el *Cuadro 29*

Cuadro 29: Especies de Plantas Silvestres

Especies	Características	Nombre comun
Aciachne pulvinata	Indeseable	Paco paco
Slchemilla pinnata	Deseable	Sillo-sillo
Agrostis breviculmis	Deseable	Crespillo
Agrostis toluensis	Poco deseable	Crespillo grande
Astragalus garbancillo	Indeseable	Garbancillo
Calamagrostis antoniana	Poco deseable	Huaylla ichu
peruvianum	Deseable	Chilhuar
Festuca ulochaeta	Deseable	Pilli
Muhlenbergia angustata	Deseable	grama
Paspalum tuberosum	Deseable	grama
Paspalum	Poco deseable	grama
Poa fibrifera	Poco deseable	llantén
Poa annua	Indeseable	ichu
Plantago hirtella	indeseable	ichu
Stipa plumosa	Indeseable	Tisna
Stipa brachyphylla	Deseable	Juro
Stipa mucronata	Deseable	Trébol
Stipa obtusa	Deseable	Trebol

Fuente: INRENA 2005

Se ha logrado determinar que estas plantas ocupan un total de 1561.34 Hás. De las diferentes especies mencionadas líneas arriba.

4.6. Balance hídrico de la microcuenca Molino Humacata

4.6.1. Balance demanda disponibilidad del agua

En el presente estudio se determino entre la diferencia de la precipitación actual y la Evapotranspiracion potencial de todos los meses de año, como se muestra en la Figura N° 10.

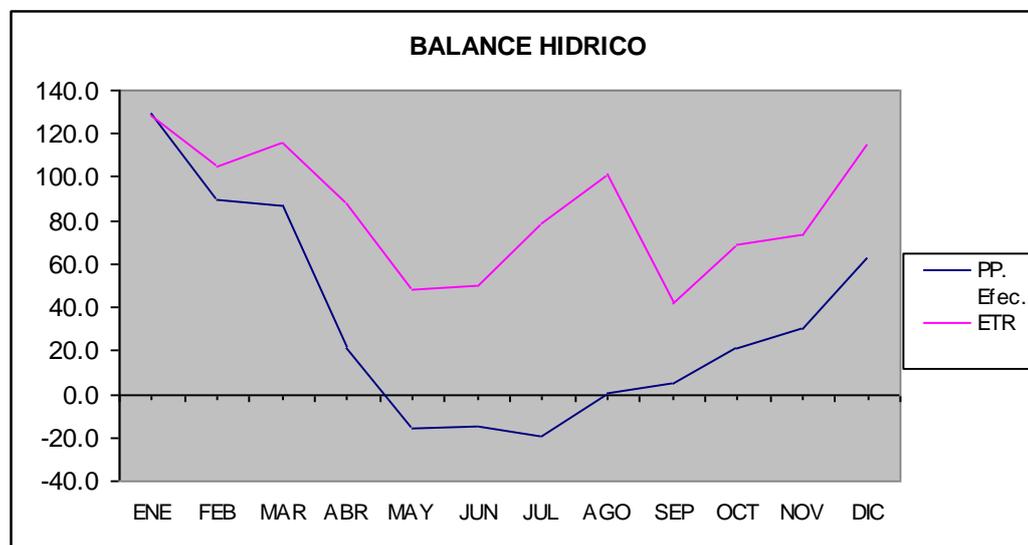


Figura 2: Balance Hídrico de la Microcuenca Molino Humacata

4.6.2. Balance total del agua

4.6.2.1. 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.

4.6.2.2. 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 microcuenca Molino Humacata 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 30.

Cuadro 30: 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, río concomani
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 31 el agua para uso poblacional es suficiente según el uso actual del agua que se muestra en el Cuadro 22

Cuadro 31: 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
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

4.6.3. Planificación de recurso hídrico

- Agua para uso Poblacional

La población Actual de la microcuencia comprendida entre las comunidades de Molino Humacata, Jachapamapa utilizan actualmente 1.9 l/seg para una Población de 1341 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 en el cuadro N° 13, 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 350 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

4.7. Zonificación agroecológica de la Microcuenca Molino Humacata

A partir del diagnostico e inventariado de los recursos naturales se realiza el mapa de zonificación de la Micro cuenca Molino Humacata identificado en las áreas con riesgos, zonas agrícolas, zonas forestales.

Será necesario alcanzar unas metas, que están en función de los problemas detectados al hacer el diagnostico, con descripción se hace continuación una breve descripción de los problemas existentes para luego de una agrupación de ellos se cuantifique los problemas del plan, para lo cual se ha planteado se ha planteado la siguiente distribución y zonificación de la micro cuenca en estudio, optando la metodología planteado por la FAO, según las tablas que se muestra en el anexo N° 07 y 08, los resultados se muestra en el *Cuadro 32* y en el mapa N° 05

Cuadro 32: Zonificación de la Micro cuenca según su Aptitud

Zonificación	Área (Hás)
10. Zona marginal	525.10
11. Terrenos con pastos naturales	946.53
12. Rehabilitación de andenes.	110.79
13. Zona forestal ampliable	114.02
14. Zona por urbanizarse	27.14
15. Zona de aynocas	420.00
16. Zona rocosa	301.75
17. Zona inundable	189.69
18. C. E. Primaria	2.00
Total	2637.2

Fuente: Elaboración propia tema de tesis

4.8. Formulación de alternativas de zonificación agroecológica para proyectos de desarrollo

Utilizando la información de los recursos naturales, se ha delimitado en una mapa las áreas que requerirán diferentes practicas de conservación y manejo de los recursos

naturales tanto en el nivel de laderas, como en el cauce de los ríos. Como se muestra en el *Cuadro 33*.

Cuadro 33: Formulación de Propuestas para la Conservación de suelos

Proyectos	Área (Has)	Características
Construcción de terrazas de formación lenta	150	En parte erosionables
Construcción de zanjas de infiltración	900	Canales para desvío de corriente
Zanjas de drenaje en zona inundable		
	2.11 KM	Para desvío de corrientes de inundación
Reforestación en la parte alta	114.02	Especies de kollis naturales
Rehabilitación de Andenes	110.79	En laderas con andenes

Fuente: Elaboración propia

Rehabilitación de andenes

Consiste en al recuperación o construcción de los andenes existentes en la micro cuenca en estudio desde las partes altas hacia la parte baja. La mayoría de estos andenes se encuentra en ladera de 30 a 40 de pendiente con los muros deteriorados por derrumbe de los borde y mal estado de las escalinatas existentes. En el mapa y en el cuadro N° 27 especifica el área total de estos andenes, las dimensiones en promedio son:

Cuadro 34: Características de los Andenes en Promedio

Características	Dimensiones
Longitud e banco	90 m
Ancho de banco	10 m
Altura de muro	1.8 m
Ancho de la base del muro	0.90 m
Ancho de la corona	0.50 m
Altura de cimiento	0.30 m
Longitud a construir por ha	625 m.
Volumen total a construir	1219 m3
Espaciamiento entre muros	8 m
Ancho de la plataforma	7 m
Longitud de la plataforma a construir	625 m

Fuente: Elaboración propia

El diseño de rehabilitación de andenes se realizo en función del anexo N° 09 Parámetros de diseño de un andén

a) Herramientas de rehabilitación de andenes

Las herramientas que se utilizaran son picos, palas, barretas, nivel A, nivel de manguera

b) Procedimiento para la rehabilitación y construcción de andenes

- Trazar dos curvas de nivel consecutivas a partir del costado del terreno que tenga la mayor pendiente. Se establece el distanciamiento entre las curvas de nivel, en función al ancho promedio que se quiere dar a la terraza.
- Ablandar las curvas muy sinuosas promediando altos y bajos para obtener curvaturas amplias y uniformes.
- Abrir zanjas para el cimiento para andenes nuevos en el terreno de contención, teniendo en cuenta el tipo de perfil de la ladera y los volúmenes de tierra que hay que mover; cuando el perfil del suelo es profundo, cavar hasta $1/2$ a 1 de H , luego remover el material separando la capa fértil hasta dejarlo a $1/3$ de H , como máximo y $0,5 H$ como mínimo.
- Iniciar la construcción de la pirca por una de las esquinas del andén, colocando las piedras de mayor tamaño en la cimentación debidamente acomodadas, acuñadas y alineadas; las piedras deben ir superpuestas y entrecruzadas pero sin amalgama. Dejar los espacios u orificios para los drenes (boquerones) y los peldaños de acceso en los muros altos.
- Eliminar los afloramientos rocosos y los fragmentos. Estos se colocarán junto con las piedras no utilizadas en la pirca como relleno permeable compactándolo en capas de $0,15$ m en el lado interno del muro y manteniendo una pendiente hacia dentro; sobre esta capa reposará la rizósfera.
- Rellenar la rizósfera compactándola por capas de $0,15$ m hasta un espesor de $0,7$ m para evitar el sifonamiento del muro
- Nivelar la terraza o plataforma utilizando un tablón de madera accionado por dos personas; darle la pendiente longitudinal hasta $0,3\%$ y pendiente transversal hasta $0,1\%$ hacia afuera, necesaria para que discurra el agua de riego; finalmente se trazan los surcos transversales o diagonales

Zanjas de infiltración

De acuerdo al análisis se ha proyectado construcción de canales o zanjas a nivel sobre la ladera con 30 a 40% de pendiente ambas con riesgo de erosión. Las zanjas o canales podrán tener con talud 1:1 ancho y fondo 0.40 m; profundidad 0.40 m, con vegetación en el borde superior de la zanja que es construida a nivel, con pendiente mínima de 0.003, distancia entre zanjas consecutivos será de 50 m y la pendiente es de 40 % será de 35 m es que por ha se necesitará .

Si en 30% de pendiente 200ml/ha.

Si en 40% de pendiente 300 ml/Ha

Meta total de 900 Has.

Herramientas de construcción de zanjas de infiltración.

Los herramientas necesarias para construcción de zanjas de infiltración son las palas, picos, nivel A, pastos.

Procedimiento de construcción de zanjas de Infiltración

- *Con el nivel en "A" marcamos las líneas sin caída donde queremos construir las zanjas de infiltración.*
- *Sobre la línea sin caída se marcan las zanjas de infiltración, tomando en cuenta el largo y ancho de la zanja, así como la distancia entre zanjas*
- *Se excava la zanja hasta una profundidad de 40 cm luego, se ensancha la parte superior para evitar que caigan las paredes (o taludes) de la zanja.*
- *La tierra que se saca de la zanja de infiltración debe depositarse en la parte baja de la zanja, formando un pequeño camellón.*
- *El espacio que hay entre una y otra zanja de infiltración, también debe excavar, hasta una profundidad de 10 centímetros*
- *Es bueno plantar pastos sobre los camellones, para que estos sean más fuertes y puedan aguantar mucho tiempo.*

Zanjas de drenaje en zona inundable

En la micro cuenca en estudio se tiene un área inundable de 189.69 Hás, lo cual es un peligro en tiempo alta precipitación, para prevenir este peligro planteamos construir zanjas de drenaje pluvial en la zona de 2.11 km.

Reforestación

En la micro cuenca se tiene proyectado 114.02 has, con las especies más comunes de kollis y en algunas partes con eucaliptos.

5. CONCLUSIONES

En el presente trabajo “Diagnostico e Inventariado de los Recursos Naturales para conservación de la Microcuenca Molino Humacata” Zepita se llegó a las siguientes conclusiones:

1. La micro cuenca en estudio tiene una fisiografía cuyos parámetros, presenta un área de 2637.2 has, 31.88 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 13 lts/seg en el mes critico (Octubre), en que la demanda de agua de uso de riego es 0.18 lt/seg/ha en el mes de Noviembre y el Balance de recurso hídrico calculado para el mes de octubre se tiene un déficit de 5436.57 m³ esto para uso agrícola
3. La serie de suelos en la microcuenca Molino Humacata presenta de textura arenoso a franco, la capacidad de campo para las área de riego varia de 15, 17, 20 % de capacidad de uso; el uso actual de tierra en la microcuenca Molino Humacata, el 15 % son aprovechados para la agricultura y el resto son terrenos en descanso o con planta silvestres, esto nos permite saber para el mejor manejo de este recurso acorde de la tecnología andina.
4. De acuerdo a la zonificación se ha proyectado para la conservación de suelos y a la erosión, construir zanjas de infiltración y terrazas de formación lenta. Existe en total 5.36 has de reforestación y se tiene proyectado un área de 114 has, que sirve para el control de erosión y el medio ambiente.

6. RECOMENDACIONES

Podemos hacer las siguientes recomendaciones:

1. Promocionar y Fomentar la reforestación de la micro cuenca en la partes altas , con especies forestales nativas y adecuadas para la zona.
2. 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.
3. Implantar prácticas mecánicas estructurales como zanjas de infiltración, andenes donde existan peligros de deterioro de recurso suelo.
4. 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.
5. Desarrollar programas de capacitación y extensión para el manejo, uso de de agua, suelo y la vegetación en forma integral

7. BIBLIOGRAFIA

1. AQUISE JAEN E. (1987) "Meteorología general y agrícola" FCA.UNA – PUNO.
2. ASOCIACIÓN MUNDIAL DEL AGUA (2000) "Taller de recurso hídrico" Montevideo-Uruguay
3. BARTOL, PAUL (2004) "Método y técnicas del diagnóstico" Editorial Córdoba. Argentina.
4. BELTETON, MAYNOR (2000) "Curso de Arcview 8.x" Arc Map para GIS, U.S.A
5. DIRECCIÓN DE CONSERVACIÓN DE SUELOS CONSEJO AGRARIO PROVINCIAL (2003) "El hombre podrá dejar su impronta sobre el paisaje, pero nunca terminará de domar a la NATURALEZA". Argentina.
6. FAO (1993) "Demanda de Agua de los Cultivos" Boletín N° 24, Roma-Italia
7. FERREIRO CHAVEZ, S.F. (2000) "Procedimiento para la determinación de la capacidad de uso de la tierra". S.n.t. Bogotá-Colombia
8. GARCIA, LUIS E. (1998) "Manejo Integrado de los Recursos Hídricos en América Latina y el Caribe" Washington-USA
9. GENERALITAT VALENCIANA (2005) Consultorio de infraestructura y transporte, Madrid-España.
10. GLOSS, SAMMUEL (1991) "El Enigma Legal e Institucional del Uso Eficiente del Agua", Memorias del Seminario Internacional sobre Uso Eficiente del Agua. pp. 523-530. México.
11. GOMEZ, WILLIAM (2002) "Estudio Agrologico e Hídrico de la comunidad de Chatuma" Tesis –UNA. Puno-Perú
12. HIMAT (1985) Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras "Inventario cuencas Hidrográficas en Colombia". Bogotá – Colombia.
13. ITGG y SNV (1993) "Gestión del agua y crisis institucional" Grupo permanente de Estudio sobre Riego. Lima – Perú.
14. J. LOPEZ R. Y J. LOPEZ M. (1990) "Diagnóstico de suelos y plantas" Métodos de campo y Laboratorio Edic. ESPAÑA.
15. MEJIA, ABEL. (2001) "Manejo de cuencas" Editorial Trillas. Lima –Perú.
16. MONTE, ROMEO Y. (2003) "Gestión Integrada de los recursos hídricos y su aplicación al desarrollo Nacional" Resumen de ponencias. Asunción- Paraguay
17. OLARTE, WALTER (1987) "Manual de riego por gravedad" CCTA. Lima- Perú 1
18. ONERN (1984) "Inventario Nacional de uso actual del Agua" Lima – Perú
19. ONERN (1980) "Plan Nacional de ordenamiento de los recursos hídricos del Perú bases meteorológicas. OEA-CIDIAT-ONERN, Lima – Perú.
20. OVIEDO RAMÍREZ, K. (2007) "Gestión integral de recursos hídricos un paso para el desarrollo humano" Mar de Plata - Argentina

21. PEÑA, HUMBERTO (2004) "Manual para la aplicación del concepto de vulnerabilidad de acuíferos establecido en la norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas". Santiago-Chile.
22. PRONAMACHS (2000) "Manual del Inventario de los recursos hídricos" Lima – Perú.
23. PROYECTO REGIONAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL RURAL SOSTENIBLE (2003) "Manual Curso Análisis Espacial Arcview 8.2" Santiago-Chile.
24. RODRIGUEZ, MANUEL. (2005) "Atlas Geoambiental de la cuenca hidrográfica" La Habana - Cuba.
25. ROMANELLA C. A. (1977) "Sistematización de tierras para Riego" Public. DRAT Lima – Perú.
26. ROMERO, LUIS A. Y CABRERA, R. (1999) "Modelos para el cálculos de la lluvia efectiva y su aplicación en caña de azúcar" Vol.17. La Habana - Cuba.
27. SALAZAR, EDUARD. (2000) "Calidad de agua de riego" Universidad Politécnica de Madrid. Madrid-España
28. SALERNO CALDERA, C. (2007) "La Gestión integrada de los recursos hídricos Transfronterizos (girht)" V Seminario integrada de los recursos hídricos. Montevideo – Uruguay
29. SANTAYANA VELA, SEBASTIAN. (1990) "Ingeniera de los recursos hídricos" Departamento de Recursos Agua y Tierra de UNALM. Lima - Perú.
30. SERRUTO COLQUE, R. (1987) "Riego y Drenaje" UNA – FCA. Puno-Perú
31. SMITH, Martin. CROPWAT. (1993) "Programa de Ordenador para Planificar y manejar el riego". Estudio 46, FAO. Riego y Drenaje. Roma - Italia.
32. SOSA, ALCIDES (2005) "Manual de Gestión y manejo integral de Microcuencas" Manejo Intensivo de Microcuencas Altoandinas. TERMA – PERU
33. TAC BACK. (2004) "Manejo Integrado de recursos hídricos" Asociación Mundial para el agua (GWP). Estocolmo
34. UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMON (UMSS). (2000) Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias "Martín Cárdenas". Balance hídrico de la producción agrícola en el Valle Central de Cochabamba. Cochabamba - Bolivia.
35. USDA-NRCS (2000) "Manual de conservación de recursos naturales" enfoque ambiental en la agricultura. Asociación de Distritos de conservación de suelos de Puerto Rico" Puerto Rico.
36. VARGAS, OMAR. (2003) "Guía Técnico Científica para la Ordenación y manejo de cuencas Hidrográficas" Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Bogotá-Colombia.

37. VASQUEZ, ABSALON. (2000) "Manejo de Cuencas Altoandinas" Tomo II. Editorial UNALM. Lima –Peru.
38. VENTHE CHOW "Hidrologia Aplicada" MC Graw Hill Book Company USA Cap. 26-35.
39. WIKIPEDIA, (1990) La enciclopedia libre. Madrid – España.
40. ZALAZAR MARTINEZ A. (2005) "Suelo como sistema ecológico" Argentina

ANEXOS