

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE
HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**DEMANDA NETA DE AGUA DE LOS
CULTIVOS, DEL SISTEMA HIDRÁULICO MENOR CACHI,
ZONA BAJA, AYACUCHO – 2016**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÍCOLA**

**PRESENTADO POR:
WILBER GUTIERREZ LUJAN**

**AYACUCHO – PERÚ
2016**

DEDICATORIA

A mi querida madre, Edmunda Lujan Becerra,
por haberme impartido sus plausibles consejos
y recomendaciones para mi formación.

A mis hermanasy hermanos por
haberme apoyado incansablemente
durante mi formación profesional.

Con mucho cariño a mis queridos tíos
Juan Lujan Becerra y Ponceano Lujan
Becerra.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, y en forma especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, por haberme acogido en sus aulas y brindarme una formación profesional, para el servicio en el desarrollo de la sociedad.

- A la Administración Local del Agua Ayacucho (ALA) y a la Junta de Usuarios del Distrito de Riego Ayacucho (JUDRA), por haberme facilitado todas las informaciones necesarias para el desarrollo de este trabajo de investigación.

- A la asesora Msc. Ing. Sandra Del Águila Ríos, por sus recomendaciones y aporte de sus conocimientos en todo el proceso de la realización de la presente investigación.

- A los agricultores del sistema hidráulico menor Cachi, zona baja, por acceder a las entrevistas realizadas.

INDICE GENERAL

	Pag.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
INDICE GENERAL.....	iv
INDICE DE TABLAS.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	xi
INTRODUCCION.....	1
I. REVISION DE LITERATURA.....	3
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Fundamento teórico.....	4
1.2.1 Necesidades de riego.....	4
1.2.2 Demanda neta (Dn).....	5
1.2.3 Demanda bruta (Db).....	6
1.2.4 Eficiencia de aplicación (Ea).....	6
1.2.5 La evapotranspiración.....	7
1.2.6 Factores que afectan la evapotranspiración.....	8
1.2.7 Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo).....	9
1.2.8 Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ETc).....	10
1.2.9 Métodos para estimar la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo).....	10
1.2.10 Coeficientes del cultivo.....	17
1.2.11 Enfoques de los coeficientes único y dual del cultivo.....	18
1.2.12 Etapas de crecimiento del cultivo.....	20
1.2.13 Precipitación.....	22
1.2.14 Análisis la consistencia de información de datos meteorológicos.....	27
1.2.15 Intención de siembra.....	32
1.3 Marco legal.....	32

II.	MATERIAL Y METODOS.....	33
2.1	Descripción de la zona.....	33
2.1.1	Ubicación política.....	33
2.1.2	Ubicación Administrativo.....	33
2.1.3	Ubicación geográfica.....	34
2.1.4	Climatología.....	34
2.2	Materiales y equipos.....	37
2.2.1	Materiales.....	37
2.2.2	Equipos y herramientas.....	37
2.3	Metodología de investigación.....	37
2.3.1	Fase preliminar.....	38
	Fase de	
2.3.2	campo.....	39
2.3.3	Fase de gabinete.....	39
III.	RESULTADOS.....	46
3.1	Intención de siembra, para un periodo vegetativo de los cultivos.....	46
3.1.1	Resultado de la intención de siembra, por tipos de cultivos..	46
3.1.2	Intención de siembra, por comisión y/o comité de riego.....	47
3.2	Análisis de consistencia de información de datos meteorológicos.....	51
	Análisis Grafico de las variables	
3.2.1	climatológicas.....	51
3.2.2	Análisis estadístico.....	54
3.3	Determinación de evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo).....	54
3.3.1	Cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo).....	54
3.3.2	Selección del método de cálculo de evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo).....	57
3.3.3	Cálculo de evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) con el método	58

seleccionado.....	
3.3.4 Redistribución altitudinal de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET _o).....	59
3.4 Determinación de la demanda neta del agua para un periodo vegetativo de los cultivos.....	59
3.4.1 Resultado de demanda neta de agua de los cultivos por comités de riego.....	59
3.4.2 Resultado de la demanda neta de agua de los cultivos a nivel de las comisiones.....	62
3.4.3 Resultado de la demanda de agua de los cultivos del Sistema Hidráulico Menor Cachi, Zona Baja.....	63
IV. DISCUSIÓN.....	64
4.1 De la intención de siembra.....	64
4.2 Del análisis de consistencia de informaciones de datos meteorológicos.....	66
4.3 De la determinación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET _o).....	66
4.4 De la determinación de la demanda neta del agua para un periodo vegetativo de los cultivos.....	68
V. CONCLUSIONES.....	70
VI. RECOMENDACIONES.....	72
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	73
ANEXOS.....	75

INDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1.1. Eficiencia o cantidad de agua útil para las plantas que queda en el suelo según el método de riego.....	6
Tabla 1.2.Lluvia efectiva mensual con base en el promedio de lluvia (P50) y la evapotranspiración.....	25
Tabla 1.3. Método WPRS-USA para determinar la precipitación efectiva.....	26
Tabla 2.1. Cantidad de subsectores por zonas del sistema hidráulico Menor Cachi.....	38
Tabla 2.2. Subsectorización en 03 pisos altitudinales del sector del sistema hidráulico Menor Cachi Zona baja.....	41
Tabla 2.3 Cuadro de valores de Kc de cultivos.....	44
Tabla 3.1. Intención de siembra por comité de riego año 2016.	48
Tabla 3.2. Resultado de análisis estadístico de la precipitación anual de la estación meteorológica de San Pedro de Quicato...	54
Tabla 3.3. Error relativo (%) de los métodos de determinación de la ETo respecto al promedio.....	58
Tabla 3.4. Resultado de evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) determinados por el método Penman Monteith – FAO.....	59
Tabla 3.5. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) redistribuido a tres pisos altitudinales.....	59
Tabla 3.6. Resultado de demanda neta del agua para un periodo vegetativo de los cultivos por comisión y comité de	60

riego.....

Tabla 4.1. Comparación de los resultados de la intención de siembra.....	65
--	----

INDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1.1. Balance de agua en el suelo de la zona radicular.....	5
Figura 1.2. Factores que afectan la evapotranspiración.....	7
Figura 1.3. La radiación, el viento, la temperatura y las lluvias afectan la cantidad de agua.....	8
Figura 1.4. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET _o)....	10
Figura 1.5. Dos casos de localización del tanque de evaporación.	16
Figura 1.6. Tanque clase A.....	17
Figura 1.7. Curva del coeficiente único del cultivo (K _c).....	19
Figura 1.8. Curva correspondiente de $K_c = K_{cb} + K_e$ (línea punteada).....	20
Figura 1.9. Etapas del crecimiento y rangos típicos esperados del valor de K _c	21
Figura 1.10. Serie histórica de precipitación promedio mensual..	28
Figura 1.11. Serie histórica de precipitación promedio mensual..	28
Figura 2.1. Mapa de ubicación regional, provincial, distrital y local	35
Figura 2.2. Mapa de ubicación Administrativo.....	36
Figura 3.1. Intención de siembra por tipo de cultivo para el año 2016.....	47
Figura 3.2. Variación de la intención de siembra total del Sistema Hidráulico Menor Cachi Zona Baja.....	50
Figura 3.3. Variación de la temperatura media mensual para los 05 estaciones meteorológicas.....	51
Figura 3.4. Variación de la humedad relativa para los 05 estaciones meteorológicas.....	51

Figura 3.5. Variación de la velocidad de viento de los 05 estaciones meteorológicas.....	52
Figura 3.6. Variación de evaporación de tanque de los 05 estaciones meteorológicas.....	52
Figura 3.7. Serie histórica de la precipitación anual de los 05 estaciones meteorológicas.....	53
Figura 3.8. Curva de análisis doble masa de la precipitación anual de las 05 estaciones meteorológicas.....	53
Figura 3.9. Evapotranspiración del cultivo de referencia mensual de la estación meteorológica San Pedro Quicato determinado por 05 métodos.....	55
Figura 3.10. Evapotranspiración del cultivo de referencia mensual de la estación meteorológica Huanta, determinado por 05 métodos.....	55
Figura 3.11. Evapotranspiración del cultivo de referencia mensual de la estación meteorológica Pampa Cangallo, determinado por 05 métodos.....	56
Figura 3.12. Evapotranspiración del cultivo de referencia mensual de la estación meteorológica Pucaloma, determinado por 05 métodos.....	56
Figura 3.13. Evapotranspiración del cultivo de referencia mensual de la estación meteorológica Tambillo, determinado por 05 métodos.....	57
Figura 3.14. Variación de la demanda de agua de los cultivos a nivel de las comisiones de riego.....	62
Figura 3.15. Variación de la demanda de agua de los cultivos del Sistema Hidráulico Menor Cachi, Zona Baja.....	63
Figura 4.1. Distribución porcentual (%) de la intención de siembra por tipos de cultivos del Sistema Hidráulico Menor Cachi, Zona Baja.....	64
Figura 4.2. Variación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET _o), para diferentes regiones.....	67
Figura 4.3. Variación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET _o), para las estaciones meteorológicas vecinas.....	68

Figura 4.4. Comparación de los resultados de demanda de agua y la intención de siembra mensual en porcentajes (%).....	69
Figura 4.5. Comparación de los resultados de demanda de agua y la evapotranspiración de cultivos de referencia (ET _o) en porcentaje (%).....	69

RESUMEN

La presente investigación se ha realizado dentro del sistema hidráulico Menor Cachi, Zona Baja, Región Ayacucho, que comprende los 105 comités de regantes constituidos por los 15 comisiones de regantes, teniendo como objetivo principal, determinar la demanda neta del agua para un periodo vegetativo de los cultivos, del sistema hidráulico Menor Cachi, Zona Baja, Ayacucho para el año 2016, para lo cual se procedió de la siguiente forma: fase preliminar (delimitación del área de trabajo y análisis documental), fase de campo (entrevistas y verificación in situ de las informaciones) y fase de gabinete (análisis de consistencia de informaciones de datos meteorológicos y determinación de los indicadores de los variables). En este trabajo de investigación se determinó la demanda neta del agua de los cultivos en forma mensual del sistema hidráulico Menor Cachi Zona Baja, para el periodo vegetativo de los cultivos de la campaña chica, obteniendo como máximo demanda de 3 834 581.52 m³/mes para mes de octubre y la mínima demanda de 194 663.02 m³/mes para el mes de febrero y un total de 20 874 779.03 m³/campaña, que se ha desarrollado con la ayuda de los programas Excel (2013), ArcGIS(10.2) y Cropwat (8.0) que facilitó el ordenamiento y procesamiento adecuado de los siguientes variables (precipitación, temperatura, velocidad del viento, radiación, humedad relativa, coeficiente de cultivo, intención de siembra, evapotranspiración de cultivos de referencia y volumen de la demanda).

Palabras claves: Demanda neta de agua de los cultivos.

INTRODUCCION

El agua es uno de los recursos más importantes y estratégicos para el desarrollo económico social de las poblaciones, en regiones que tiene como principal actividad la agricultura, en la cual es imprescindible evaluar su disponibilidad, la demanda y distribución adecuada dentro de una cuenca y/o área de administración.

Es interesante el cálculo de las demandas de los cultivos a lo largo de todo su ciclo en los que hay que valorar las necesidades mensuales, anuales de los cultivos alternativas para conocerla superficie que se puede abastecer de una fuente o un embalse. (PIZARRO, 1996).

El insuficiente estudio en la determinación de la demanda y distribución del agua, en el sector del Sistema Hidráulico Menor Cachi, zona baja, de la Región Ayacucho, es evidente, por otro lado las diversas demandas de agua existentes en la zona (uso poblacional y agrícola), la ampliación de las canalizaciones y la expansión de la frontera agrícola, conlleva cada vez más complejo en el manejo y distribución de este recurso. Por estos eminentes problemas, surge la necesidad de realizar el presente trabajo de investigación que tiene como objetivo general, Determinar la demanda neta del agua para un periodo vegetativo de los cultivos, del sistema hidráulico Menor Cachi, Zona Baja, Ayacucho - 2016, y como objetivos específicos: Obtener la intención de siembra, para un periodo vegetativo de los cultivos, de los comités de riego del sistema hidráulico Menor Cachi, Zona Baja, Ayacucho - 2016; Analizar la consistencia de información de datos meteorológicos para el cálculo de la demanda neta del agua para un periodo vegetativo de los cultivos, del sistema hidráulico Menor Cachi Zona Baja, Ayacucho - 2016, Seleccionar el método apropiado para estimar la evapotranspiración de cultivo, del sistema hidráulico Menor Cachi Zona Baja - Ayacucho - 2016.

La determinación de las demandas de los cultivos influye directamente en el manejo y distribución del recurso hídrico en una cuenca y/o área de administración. Los usuarios del sistema hidráulico menor cachi zona baja de la región Ayacucho, no tienen un sustento adecuado de cálculo de demanda bajo los parámetros recomendados, esto debido, a los insuficientes estudios en la determinación de la demanda y distribución del agua en esta parte de la región.

El presente trabajo de investigación, es importante debido a que facilitará el manejo, distribución y la gestión de los usuarios, operadores y administradores del recurso hídrico dentro de sus responsabilidades y/o fusiones correspondientes, así como la planificación de las futuras trabajos de investigaciones, en temas de riego.

I. REVISION DE LITERATURA

1.1 Antecedentes

El éxito en la operación y planeación de los sistemas de riego depende de la cuantificación espacial y temporal, de las demandas de riego para la distribución de su suministro para cumplir con la demanda hídrica de los cultivos. (ÍÑIGUEZ, OJEDA, & ROJANO, 2011).

STEDUTO, HSIAO, FERERES & RAES(2012) determinaron el consumo del agua, el rendimiento y las características agronómicas para los 16 cultivos para los cuales el modelo ha sido calibrado y validado. Los cultivos incluidos son: trigo, arroz, maíz, soya o soja cebada, sorgo, algodón, girasol, caña de azúcar, papa o patata, tomate, remolacha azucarera, alfalfa, maní bambara (guandsú), quinua. De igual manera GONZÁLEZ, HERRERA, HERNÁNDEZ, LÓPEZ & CID(2012) establecieron una base de datos sobre necesidades hídricas de algunos cultivos de interés agrícola a partir de la recopilación y tabulación de los resultados experimentales existentes en el Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje (IIRD) de Cuba. Se programó la base de datos para su colocación en la página WEB del Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric) como parte del sistema de asesoramiento al regante y su consulta por parte de todos los usuarios interesados.

SANTIAGO, ARTEAGA, SANGERMAN, CERVANTES & NAVARRO (2012) determinaron la evapotranspiración de cultivos de referencia (ET_o) utilizando los métodos, FAO-Penman-Monteith (FAO-P-M), Hargreaves (H), Priestly-Taylor (P-T) y redes neuronales artificiales (RNA), utilizando

datos de la estación meteorológica de la Universidad Autónoma Chapingo para el periodo 2003-2009.

Según el inciso 11.1.2 del artículo 11° del reglamento del plan de aprovechamiento de las disponibilidades hídricas, mediante R.J.N°315-2014-ANA, menciona que las responsabilidades de los usuarios del agua es presentar la demanda de agua ante el operador de infraestructura hidráulica.

1.2 Fundamento teórico

1.2.1 Necesidades de riego

Las necesidades de riego se refieren a la cantidad de agua y al momento de su aplicación con objeto de compensar el déficit de humedad del suelo durante el periodo vegetativo de un cultivo dado. Estas necesidades de riego quedan determinadas por la evapotranspiración del cultivo menos el agua que han aportado las precipitaciones, las aguas subterráneas, la acumulación de agua en el suelo debido a anteriores precipitaciones o aportaciones de aguas superficiales y subterráneas.(DOOREMBOS & PRUITT, 1976).

El riego no es nunca eficaz en un cien por ciento, hay que dejar un margen para tener en cuenta las pérdidas evitables e inevitables, entre ellas la percolación profunda, la escorrentía superficial y otros defectos de explotación o técnicos.

En la figura 1.1 se observa los flujos de agua que entran y salen de la zona radicular del cultivo dentro de un determinado periodo de tiempo como son el riego, la precipitación y proporcionan agua a la zona radicular parte de estas pueden perderse por escurrimiento superficial.(ALLEN, PEREIRA, RAES, & SMITH, 2006).

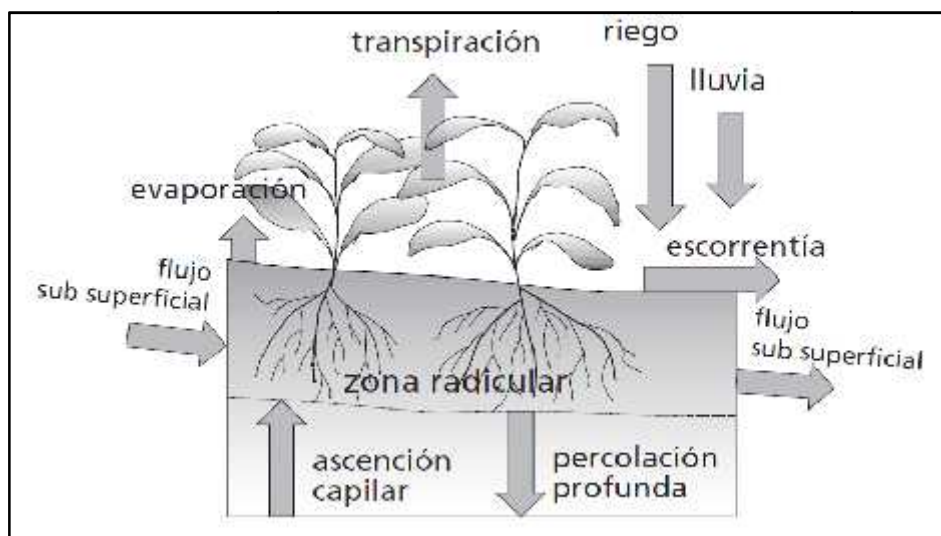


Figura 2.1. Balance de agua en el suelo de la zona radicular

Fuente (ALLEN et al., 2006)

1.2.2 Demanda neta (Dn)

Representa la demanda exacta de agua que requiere un cultivo en un periodo de tiempo dado. (OLARTE, 1987).

DOOREMBOS & PRUITT (1976) definieron que la demanda neta (Dn) se basa en el balance hídrico, lo cual, con respecto a un periodo y a un cultivo dado, puede expresarse como sigue:

$$D = (E + F + R) - (P + G + N + W) \dots \dots \dots (1.1)$$

Donde:

Dn = La demanda neta de agua de los cultivos (Dn)

ETc= Evapotranspiración del cultivo

W=Variación de la humedad en el suelo

Pe= precipitación efectiva

Ge= Aporte de aguas subterráneas

N= afluentes o flujos superficiales y sub superficiales

R= efluentes o flujos superficiales y sub superficiales.

F= Percolación profunda

1.2.3 Demanda bruta (Db)

PIZARRO(1996) definió la demanda bruta (Db), denominado también como necesidades totales de riego, se refiere a la demanda de agua de un cultivo teniendo en cuenta las pérdidas en la parcela, que incluyen desde las pérdidas por escorrentía superficial, inevitables en casi todos los sistemas de riego por gravedad, hasta las pérdidas por percolación profunda y se determina de la siguiente manera:

$$D = \frac{D_d}{E} \dots\dots\dots (1.2)$$

Donde:

D_d = La demanda bruta de agua de los cultivos (D_d)

D_n = La demanda neta de agua de los cultivos (D_n)

E_a = Eficiencia de aplicación.

1.2.4 Eficiencia de aplicación (E_a)

Se denomina eficiencia de aplicación en parcela y se representa por E_a a la fracción del agua aplicada que queda retenida en la zona radicular a disposición de los cultivos. El valor de E_a depende del sistema de riego, del tipo del suelo y de otros factores.(PIZARRO, 1996).

La eficiencia la determina en gran medida el método de riego utilizado cuyos valores se presentan en el Cuadro siguiente:

Tabla 2.1. Eficiencia o cantidad de agua útil para las plantas que queda en el suelo según el método de riego.

Método de riego	Agua útil para el cultivo Litros por cada 100 litros aplicados
Riego tendido	20 a 30
Riego por surco	40 a 70
Riego por melgas	50 a 60
Riego por aspersión	65 a 80
Riego por goteo	90 a 95

Fuente: (CISNEROS, 2003)

1.2.5 La evapotranspiración

Recibe el nombre de evapotranspiración (o uso consuntivo de agua) a la cantidad de agua transpirada por el cultivo y evaporada desde la superficie del suelo en donde se asienta el cultivo.(FUENTES & GARCÍA, 1999).

En la evapotranspiración del cultivos intervienen varios factores tales como: climáticos, cultivos, manejo y condiciones ambientales tal como se observa en la siguiente figura 1.2.(ALLEN et al., 2006).

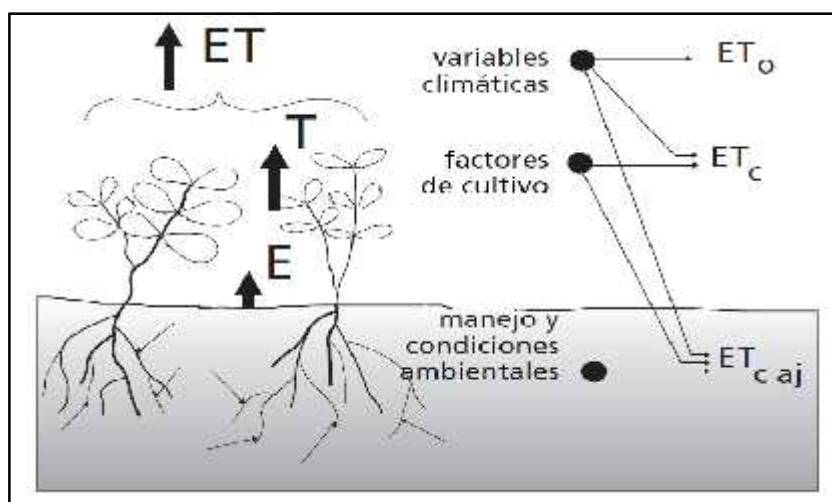


Figura 2.2. Factores que afectan la evapotranspiración

Fuente (ALLEN et al., 2006)

a) Evaporación

La evaporación es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua(vaporización) y se retira de la superficie evaporante (remoción de vapor). El agua se evapora de una variedad de superficies, tales como lagos, ríos, caminos, suelos y la vegetación mojada.(ALLEN et al., 2006).

b) Transpiración

La transpiración consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y su posterior remoción hacia la atmósfera. Los cultivos pierden agua predominantemente a través de las estomas. Estos

son pequeñas aberturas en la hoja de la planta a través de las cuales atraviesan los gases y el vapor de agua de la planta hacia la atmósfera.(ALLEN et al., 2006).

1.2.6 Factores que afectan la evapotranspiración

El clima, las características del cultivo, el manejo y el medio de desarrollo son factores que afectan la evaporación y la transpiración.(ALLEN et al., 2006).

a) Factores Climáticos

Las características del clima que afectan la cantidad de agua que necesitan las plantas son en forma más esquemática la radiación, la temperatura, el viento y las precipitaciones. Ver siguiente figura.(CISNEROS, 2003).

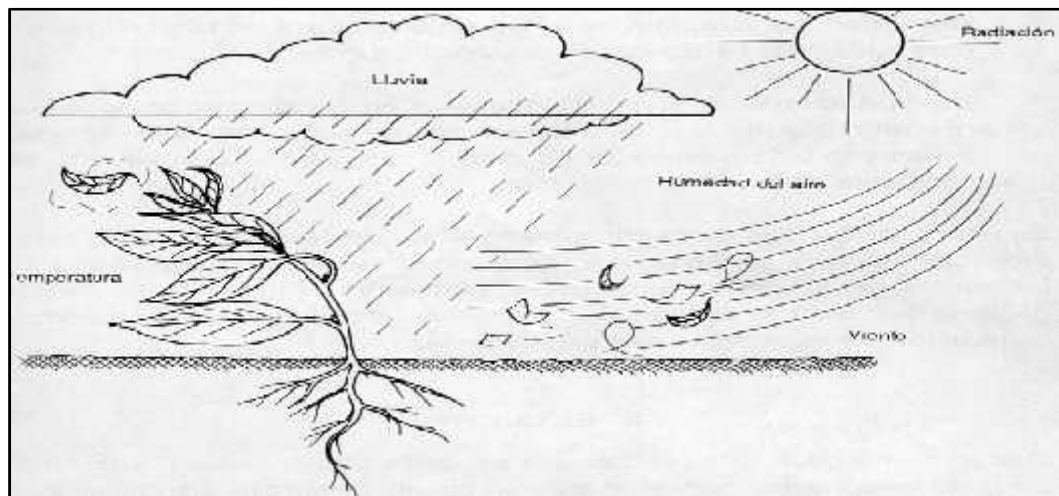


Figura 1.3. La radiación, el viento, la temperatura y las lluvias afectan la cantidad de agua

Fuente: (CISNEROS, 2003)

En resumen, los días con temperaturas altas, vientos fuertes y aire seco, provocan mayores pérdidas de agua desde el suelo y mayor consumo por las plantas (ver figura 1.3), por lo que los riegos deben ser más frecuentes. Al contrario, los riegos deben ser más distanciados si los días

son más frescos, con vientos suaves, temperaturas más bajas y aire húmedo.(CISNEROS, 2003).

b) Factores de cultivo

El tipo de cultivo, la variedad y la etapa de desarrollo deben ser considerados cuando se evalúa la evapotranspiración de cultivos que se desarrollan en áreas grandes y bien manejadas. Las diferencias en resistencia a la transpiración, la altura del cultivo, la rugosidad del cultivo, el reflejo, la cobertura del suelo y las características radiculares del cultivo dan lugar a diferentes niveles de ET en diversos tipos de cultivos aunque se encuentren bajo condiciones ambientales idénticas.(ALLEN et al., 2006).

c) Factores de manejo y condiciones ambientales

Los factores tales como salinidad o baja fertilidad del suelo, uso limitado de fertilizantes, presencia de horizontes duros o impenetrables en el suelo, ausencia de control de enfermedades y de parásitos y el mal manejo del suelo pueden limitar el desarrollo del cultivo y reducir la evapotranspiración. Otros factores que se deben considerar al evaluar la ET son la cubierta del suelo, la densidad del cultivo y el contenido de agua del suelo. El efecto del contenido en agua en el suelo sobre la ET está determinado primeramente por la magnitud del déficit hídrico y por el tipo de suelo. Por otra parte, demasiada agua en el suelo dará lugar a la saturación de este lo cual puede dañar el sistema radicular de la planta y reducir su capacidad de extraer agua del suelo por la inhibición de la respiración.(ALLEN et al., 2006).

1.2.7 Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o)

La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como evapotranspiración del cultivo de referencia, y se denomina ET_o. La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto con características específicas. No se recomienda el uso de otras denominaciones como ET potencial, debido a

las ambigüedades que se encuentran en su definición.(ALLEN et al., 2006).



Figura 2.4. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo)

Fuente:(ALLEN et al., 2006)

1.2.8 Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ETc)

La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar ETc, se refiere a la evapotranspiración de cualquier cultivo que se encuentra exento de enfermedades, con buena fertilización, que se desarrolla en parcelas amplias, bajo óptimas condiciones de suelo y agua, que alcanza la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas reinantes.

La relación ETc/ETo que puede ser determinada experimentalmente para diferentes cultivos es conocida como Coeficiente del Cultivo (Kc), y se utiliza para relacionar ETc a ETo de manera que $ETc = Kc \times ETo$.(ALLEN et al., 2006).

1.2.9 Métodos para estimar la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo)

Varios procedimientos se han desarrollado para el cálculo de la evapotranspiración, de las necesidades de agua de los cultivos dentro de un periodo de tiempo de las explotaciones en áreas bajo riego.(OLARTE, 1987).

a) Métodos experimentales

como su nombre lo indica son aquellos que se llevan a cabo en las estaciones agrícolas experimentales, ya sea en parcelas de ensayo como en lisímetros.(OLARTE, 1987).

b) Métodos basados en datos meteorológicos

OLARTE(1987) mencionó que cuando el hombre abordó el estudio del clima lo inició midiendo los factores climáticos como: la temperatura, humedad, precipitación, viento etc. Generando una gran cantidad de información meteorológica.

En 1935, Field en Colorado, EEUU. Inicia los estudios planteando el concepto de uso consuntivo, con el fin de aplicar los resultados en proyectos hidráulicos. Desde entonces muchos autores propiciaron fórmulas basadas en datos meteorológicos promedios. Algunos de ellos se han hecho más conocidos y, por tanto están bien defendidos en todo el mundo, entre ellos se mencionan los siguientes:

- Método de Thomtwaite
- Método de Blaney - Criddle
- Método de Papdakis
- Método de Mayer
- Método de Davidov
- Método de Hargreaves
- Método de Lowry – Johnson

c) Métodos basados en datos de radiación

OLARTE(1987) mencionó que todos los métodos basados en datos meteorológicos presentan un inconveniente muy notorio que los hace empíricos y es que los factores climáticos presentan un desfase con respecto a la ETo, esto se debe a la inercia térmica de la superficie del suelo que cumple su rol de regulador de temperatura del aire y en definitiva como agente en el establecimiento del balance energético total.

La perfección posterior para el cálculo de la radiación incidente a partir de la radiación extraterrestre y sus correcciones consiguientes por latitud, inclinación terrestre, épocas del año, han dado valores muy similares a los medidos por el radiómetro; haciendo viable de esta manera todos los métodos basados en la radiación, algunos de los cuales son:

- Método de Turk
- Ecuación de Jansen y Haise
- Método de Christiansen
- Método de Penman – Monteith

d) Métodos indirectos basados en datos de evaporímetros de cubeta

Los evaporímetros permiten medir los efectos integrados de la radiación, viento, temperatura, humedad, etc. en función de la evaporación de una superficie libre de agua, es decir de la misma forma como las plantas responden alas mismas variables climáticas; pero obviamente algunos factores pueden generar cambios significativos en la perdida de agua.(OLARTE, 1987).

Existen diversos tipos de tanques evaporímetros, entre las que se puede mencionar el tanque claseA y el tanque enterrado tipo colorado.(ALLEN et al., 2006).

e) Método Hargreaves (Humedad)

VÁSQUEZ (2000) mencionó que la fórmula de HARGREAVES que relaciona la temperatura y la humedad relativa es lo siguiente:

$$E = M * T * C * C \dots\dots\dots (1.3)$$

Donde:

ETP= Evapotranspiración Potencial (mm/mes)

MF= Factor Mensual de Evapotranspiración

TMF= Temperatura media mensual (°F)

CE= Corrección por altitud

$$CE = 1 + 0.04 \cdot C / 2000$$

C = Altitud (msnm)

$$CH = 0.166 \cdot (100 - HR)^{1/2}, \text{ para } HR > 64\%$$

$$CH = 1.00, \text{ para } HR < 64\%$$

HR = Humedad relativa media mensual.

f) Método Hargreaves (Radiación)

ALLEN et al.(2006) mencionaron que cuando no se tiene disponibilidad de datos meteorológicos de radiación solar, humedad relativa o velocidad del viento, estos deberían ser estimados usando los procedimientos presentados en esta sección. Sin embargo, como una opción alternativa, la ETo se puede estimar usando la ecuación de Hargreaves para estimar ETo donde:

$$E = 0.0023(T_m + 17.8)(T_m - T_m)^{0.5} R_a \dots\dots (1.4)$$

Donde:

ETo = Evapotranspiración Potencial (mm día⁻¹)

T_{media} = Temperatura media mensual (°C)

T_{max} = Temperatura media mensual (°C)

T_{min} = Temperatura media mensual (°C)

Ra = Radiación extraterrestre (mm día⁻¹)

g) Método Hargreaves (ajustado)

SOTO (2002) mencionó que para hacer más aplicable y sencillo el desarrollo metodológico de Christiansen, para anular el proceso convectivo de la altura y por lo tanto el incremento de la ETo, el procedimiento original ha sido modificado por el autor Hargreaves, en 1,975 a la siguiente relación:

$$E = 0.0075 \times R \times F \times F \dots\dots\dots (1.5)$$

Donde:

ETo = Evapotranspiración potencial mensual (mm).

0.0075 = Constante de interrelación entre ETo y radiación.

R_s = Radiación solar (llamada también radiación incidente) que llega a la superficie de la tierra, expresada en equivalente de evaporización (mm/mes).

$^{\circ}F$ = Temperatura media mensual ($^{\circ}F$).

FA = Factor de altura.

h) Método FAO Penman Monteith

ALLEN et al. (2006) mencionaron que la ecuación FAO Penman-Monteith fue derivada, a partir de la ecuación original de Penman-Monteith y de las ecuaciones de resistencia aerodinámica y del cultivo:

$$E = \frac{0.408 * \Delta * (R_n - G) + \gamma * \frac{9}{T+2} * u_2 * (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma * (1 + 0.34 * u_2)} \quad (1.6)$$

Donde:

E_{To} = Evapotranspiración de referencia (mm día^{-1})

R_n = Radiación neta en la superficie del cultivo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$)

R_a = Radiación extraterrestre (mm día^{-1})

G = Flujo del calor de suelo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$)

T = Temperatura media del aire a 2 m de altura ($^{\circ}C$)

u_2 = Velocidad del viento a 2 m de altura (m s^{-1})

e_s = Presión de vapor de saturación (kPa)

e_a = Presión real de vapor (kPa)

$e_s - e_a$ = Déficit de presión de vapor (kPa)

= Pendiente de la curva de presión de vapor ($\text{kPa } ^{\circ}C^{-1}$)

= Constante psicrométrica ($\text{kPa } ^{\circ}C^{-1}$)

i) Método Blaney y Criddle

DOOREMBOS & PRUITT (1976) mencionaron que la ecuación de Blaney y Criddle (1950) es uno de los métodos más ampliamente utilizados para calcular las necesidades de agua de un cultivo. Se sugiere una adaptación de este método para calcular la evapotranspiración del cultivo de referencia, E_{To} , en aquellas zonas en las que solamente se disponga de datos medidos sobre la temperatura del aire.

El método original de Blaney y Criddle recurre a la temperatura (T) y a al porcentaje de las horas diurnas (p) como variables climáticas para predecir los efectos de clima sobre la evapotranspiración. Esto recibe el nombre de factor de uso consuntivo (f) la cual se describe de la siguiente forma:

Para temperatura (T) en grados fahrenheit (°F)

$$f = 25.4 * \frac{p * T}{1} \dots\dots\dots (1. 7)$$

Para temperatura en grados celsius (°C)

$$f = p * (0.46 * T + 8.13) \dots\dots\dots (1. 8)$$

Donde:

F=Factor de uso consuntivo (mm/día)

P= Porcentaje de horas diurnas anuales (tabla N°08 del anexo)

T= Promedio de las temperaturas máximas y mínimas diarias °C o °F

- BENITES(2001) mencionó que en el año 1986, Allen y Pruitt, desarrollaron el método de Blaney y Criddle con las modificaciones introducidas por Doorembos y Puitt, con el fin de adaptarlas a las medidas de lisímetro y a su desviación estándar, teniendo en cuenta para ello la aridez del lugar de ubicación de la estación y su entorno. La expresión se presenta como:

$$E = a + b * f * (1 + A * 10^{-4}) \dots\dots\dots (1. 9)$$

Donde:

ETo= Evapotranspiración de referencia (mm día⁻¹)

f= Factor de uso consuntivo. (tabla N°09 del anexo 19)

ALT= Altitud en (msnm)

a,b = constantes para estimar la ETo, en función de la HR y viento.

j) Método del tanque evaporímetro

ALLEN et al. (2006) mencionaron que la tasa evaporativa de los tanques de evaporación llenos de agua puede ser fácilmente obtenida. En

ausencia de lluvia, la cantidad de agua evaporada durante un período (mm día^{-1}) corresponde a la disminución de la altura de agua en el tanque en ese período. A pesar de la diferencia en los procesos ligados a la evaporación del tanque y la evapotranspiración de superficies cultivadas, el uso de la evaporación del tanque para predecir la E_{To} para períodos de 10 días puede ser considerado confiable si se usa correctamente. La evaporación del tanque está relacionada con la evapotranspiración de referencia por un coeficiente empírico derivado del mismo tanque de la siguiente manera:

$$E = K * E_{To} \dots\dots\dots (1. 10)$$

Donde:

E_{To} = Evapotranspiración de referencia [mm día^{-1}],

K_p = Coeficiente del tanque evaporímetro [-],

E_{pan} = Evaporación del tanque evaporímetro [mm día^{-1}].

Existen diversos tipos de tanques evaporímetros entre los que se puede mencionar el tanque clase A y el tanque enterrado tipo Colorado. Como el color, el tamaño, y la posición del tanque evaporímetro tienen una influencia significativa en los resultados medidos, los coeficientes del tanque evaporímetro son específicos para cada tipo de tanque evaporímetro.

En casos en que el tanque evaporímetro se encuentra situado en suelos bajo barbecho y no en campos cultivados. Bajo esta característica, dos casos se consideran comúnmente: Caso A en que el tanque evaporímetro se localiza en una zona de pasto corto verde y está rodeado por un suelo en barbecho; y Caso B en que el tanque evaporímetro se localiza sobre un suelo en barbecho y está rodeado por un cultivo verde. (ALLEN et al., 2006).

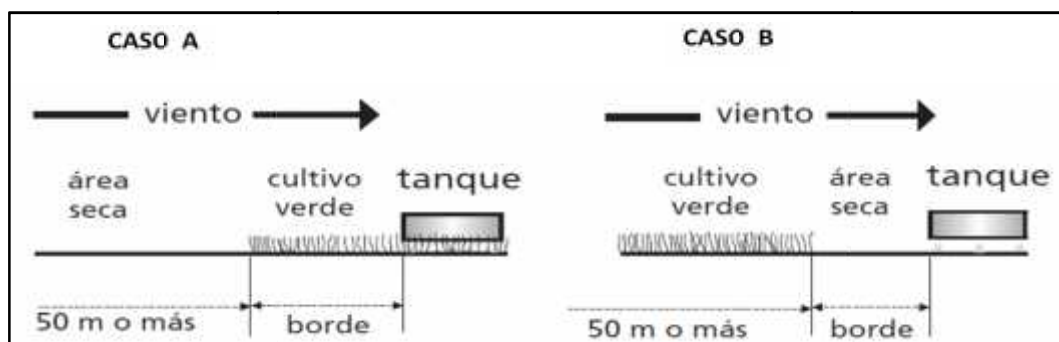


Figura 2.5. Dos casos de localización del tanque de evaporación

Fuente:(ALLEN et al. 2006)

- **Tanque Clase A**

El tanque Clase A es circular, 120,7 cm de diámetro y 25 cm de profundidad. Está construido de hierro galvanizado o de láminas de metal (0,8 mm). El tanque se sitúa sobre una plataforma de madera en forma de reja que se encuentra a 15 cm por encima del nivel del suelo como se observa en la siguiente figura.(ALLEN et al., 2006).

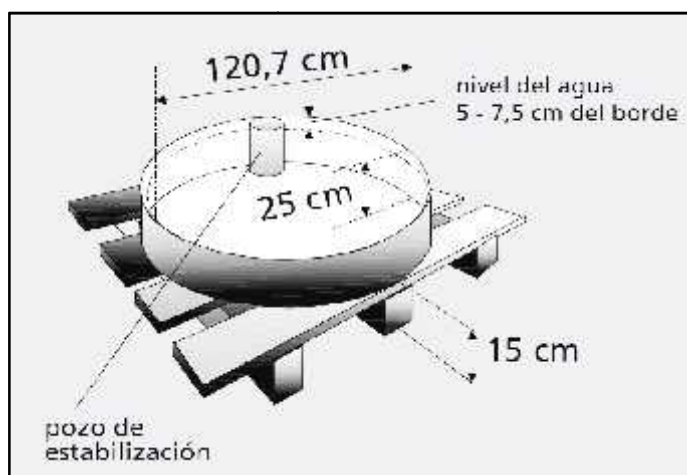


Figura 2.6. Tanque clase A

Fuente:(ALLEN et al. 2006)

- **Tanque enterrado tipo Colorado**

El tanque enterrado tipo Colorado es un cuadrado de 92 cm (3 pies) de lado y 46 cm (18 pulg.) de profundidad, esta hecho de láminas de hierro

de 3 mm de espesor, se sitúa enterrado en el suelo con el borde a 5 cm (2 pulg.) encima del nivel del suelo. También se usan dimensiones de 1 m cuadrado y 0,5m de profundidad.(ALLEN et al., 2006).

1.2.10 Coeficientes del cultivo

Durante el período de crecimiento del cultivo, la variación del coeficiente del cultivo K_c expresa los cambios en la vegetación y en el grado de cobertura del suelo. Esta variación del coeficiente K_c a lo largo del crecimiento del cultivo está representada por la curva del coeficiente del cultivo. Para describir y construir la curva del coeficiente del cultivo se necesitan solamente tres valores de K_c : los correspondientes a la etapa inicial ($K_{c\text{ ini}}$), la etapa de mediados de temporada ($K_{c\text{ med}}$) y la etapa final ($K_{c\text{ fin}}$). (ALLEN et al., 2006).

El valor de K_c de un cultivo, varía de acuerdo al período de desarrollo de cultivo. (GARCIA, 2009).

El efecto de esta integración en el tiempo representa una frecuencia de humedecimiento promedio para un cultivo «estándar» bajo condiciones típicas de desarrollo bajo riego. Los valores de K_c durante la etapa inicial y de desarrollo del cultivo dependerán de la gran diversidad de frecuencias de humedecimiento del suelo, por lo que se requerirá de ajustes al valor de $K_{c\text{ ini}}$ considerado. Para condiciones de humedecimiento frecuente tal como en los casos de riego por aspersión de alta frecuencia o lluvias, los valores de $K_{c\text{ ini}}$ pudieran ser incrementados sustancialmente. (ALLEN et al., 2006).

1.2.11 Enfoques de los coeficientes único y dual del cultivo

a) Coeficiente único del cultivo (K_c)

En el enfoque del coeficiente único del cultivo, los efectos de la transpiración del cultivo y la evaporación del suelo son combinados en un coeficiente K_c único. Este coeficiente integra las diferencias en la evaporación en el suelo y en la tasa de transpiración del cultivo, entre el

cultivo y la superficie del pasto de referencia. Como la evaporación en el suelo puede fluctuar diariamente como resultado de la lluvia o el riego, el coeficiente único del cultivo es solamente una expresión de los efectos promedios en el tiempo (múltiples días), de la evapotranspiración del cultivo.(ALLEN et al., 2006).

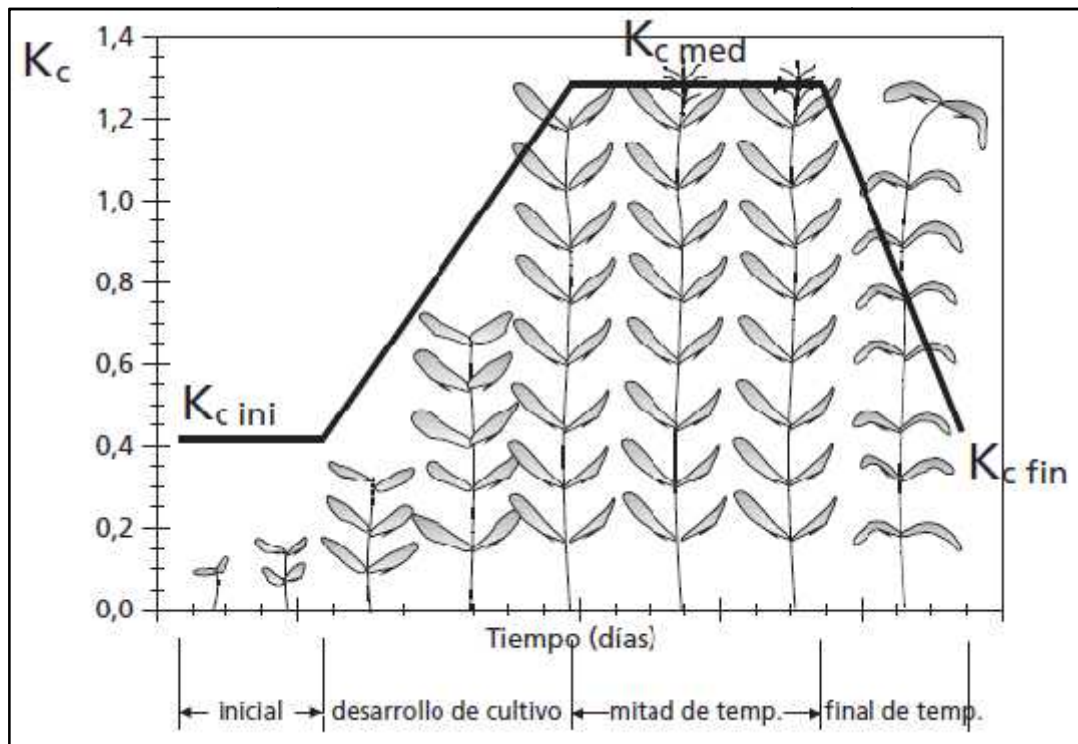


Figura 2.7. Curva del coeficiente único del cultivo (K_c)

Fuente:(ALLEN et al., 2006)

d) Coeficiente basal del cultivo (K_{cb})

ALLEN et al.(2006) definieron que de acuerdo al enfoque del coeficiente dual del cultivo, se determinan por separado los efectos de la transpiración del cultivo y de la evaporación en el suelo. Se utilizan dos coeficientes: el coeficiente basal del cultivo (K_{cb}) para describir la transpiración de la planta, y el coeficiente de evaporación del agua del suelo (K_e) para describirla evaporación que ocurre en la superficie del suelo. El coeficiente único K_c es reemplazado por:

$$K = K_{cb} + K_e \dots \dots \dots (1.11)$$

Donde:

K_{cb} = Coeficiente basal del cultivo.

K_e = Coeficiente de la evaporación del agua del suelo.

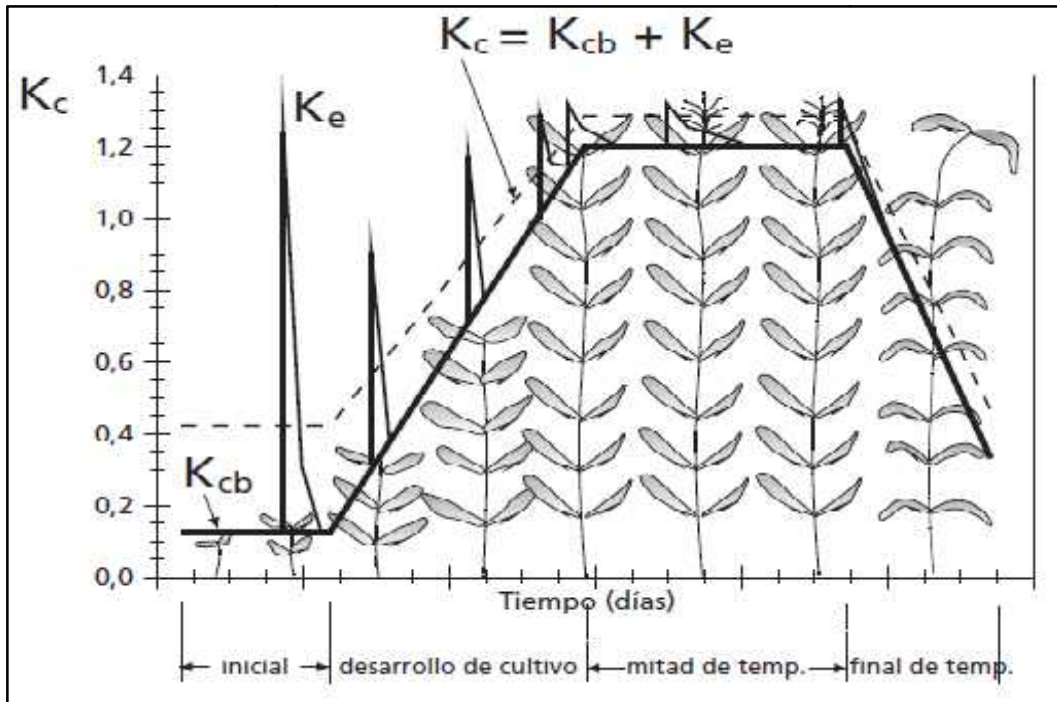


Figura 2.8. Curva correspondiente de $K_c = K_{cb} + K_e$ (línea punteada)

Fuente:(ALLEN et al., 2006)

1.2.12 Etapas de crecimiento del cultivo

A medida que el cultivo se desarrolla, tanto el área del suelo cubierta por la vegetación como la altura del cultivo y el área foliar variarán progresivamente. Debido a las diferencias en evapotranspiración que se presentan durante las distintas etapas de desarrollo del cultivo, el valor de K_c correspondiente a un cultivo determinado, también variará a lo largo del período de crecimiento del mismo. Este período de crecimiento puede ser dividido en cuatro etapas: inicial, de desarrollo del cultivo, de mediados de temporada y de final de temporada. En la **Figura 1.9**, se ilustra la

variación del valor de K_c para diferentes cultivos, bajo la influencia de factores meteorológicos y de desarrollo del cultivo. (ALLEN et al., 2006).

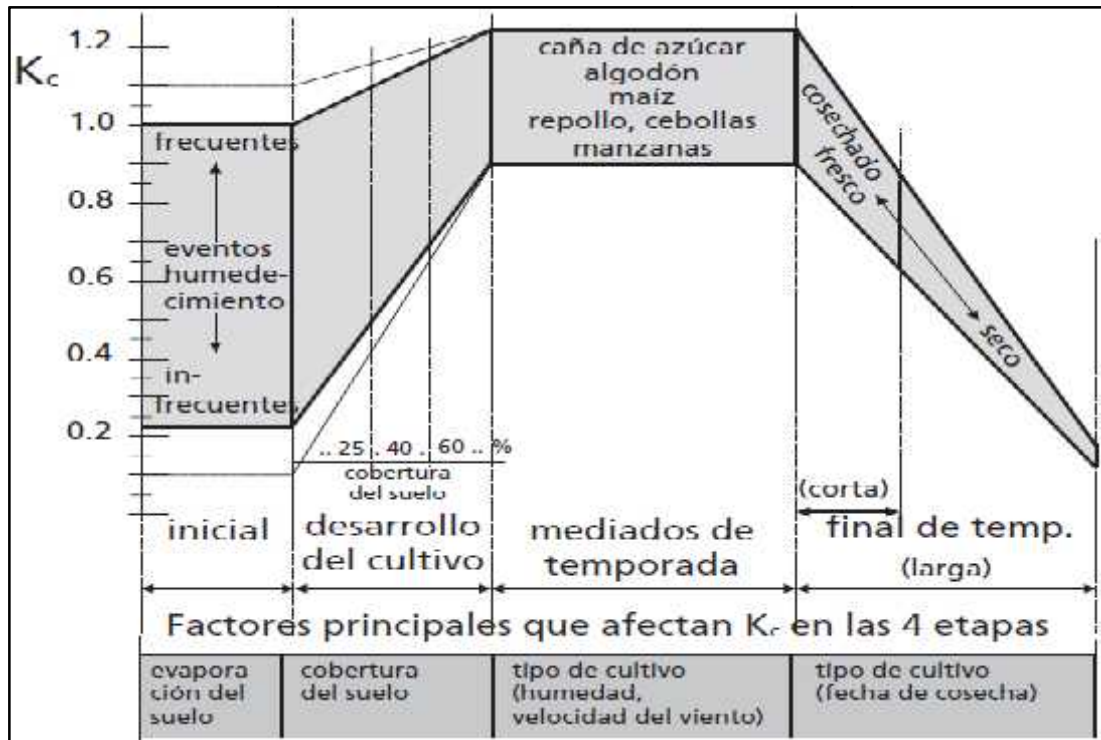


Figura 2.9. Etapas del crecimiento y rangos típicos esperados del valor de K_c

Fuente: (ALLEN et al., 2006)

a) Etapa inicial del cultivo

La etapa inicial está comprendida entre la fecha de siembra y el momento que el cultivo alcanza aproximadamente el 10% de cobertura del suelo. La longitud de la etapa inicial depende en gran medida del tipo de cultivo, la variedad del mismo, la fecha de siembra y del clima. El final de la etapa inicial ocurre cuando la vegetación verde cubre aproximadamente un 10% de la superficie del suelo. Para cultivos permanentes, la fecha de siembra es reemplazada por el momento en que aparecen las primeras hojas. (ALLEN et al., 2006).

b) Etapa de desarrollo del cultivo

La etapa de desarrollo del cultivo está comprendida desde el momento en que la cobertura del suelo es de un 10% hasta el momento de alcanzar la cobertura efectiva completa. Para una gran variedad de cultivos, el estado de cobertura completa ocurre al inicio de la floración.(ALLEN et al., 2006).

c) Etapa de mediados de temporada

La etapa de mediados de temporada comprende el período de tiempo entre la cobertura completa hasta el comienzo de la madurez. El comienzo de la madurez está indicado generalmente por el comienzo de la vejez, amarillamiento o senescencia de las hojas, caída de las hojas, o la aparición del color marrón en el fruto, hasta el grado de reducir la evapotranspiración del cultivo en relación con la ETo de referencia. La etapa de mediados de temporada representa la etapa más larga para los cultivos permanentes y para una gran variedad de cultivos anuales, siendo relativamente corta para los cultivos hortícolas que son cosechados frescos para aprovechar su vegetación verde.(ALLEN et al., 2006).

d) Etapa de finales de temporada

La etapa final o tardía de crecimiento comprende el período entre el comienzo de la madurez hasta el momento de la cosecha o la completa senescencia. Se asume que el cálculo de los valores de Kc y ETc finaliza cuando el cultivo es cosechado, secado al natural, alcanza la completa senescencia o experimenta la caída de las hojas.(ALLEN et al., 2006).

1.2.13 Precipitación

La precipitación incluye la lluvia, la nieve y otros procesos mediante los cuales el agua cae a la superficie terrestre, tales como granizo y nevisca. La formación de la precipitación requiere la elevación de una masa de agua en la atmósfera de tal manera que enfríe y parte de su humedad se condense.(CHOW, MAIDMENT, & MAYS, 1994).

a) **Formas de precipitación**

LINSLEY, KOHLER & PAULUS (1977) definieron que cualquier producto formado por la condensación del vapor de agua atmosférico en el aire libre o la superficie de la tierra es un hidrometeoro. Únicamente se definen acá aquellos hidrometeoros que caen. Dentro de los hidrometeoros no incluidos están la calina, la neblina, la nieve arrastrada por el viento y el hielo. Las formas de precipitación se clasifican de la siguiente manera:

- **La llovizna**

Consiste de pequeñas gotas de agua cuyo diámetro varía entre 0,1 y 0,5 mm, las cuales tienen velocidades de caída tan bajas.

- **La lluvia**

Consiste de gotas de agua líquida en su mayoría con un diámetro mayor de 0,5 mm.

- **La escarcha**

Es una capa de hielo, por lo general transparente y suave, pero que usualmente contiene bolsas de aire, que se forma en superficies expuestas por el congelamiento de agua superenfriada que se ha depositado en forma de lluvia o llovizna.

- **La nieve**

Está compuesta de cristales de hielo blancos o translúcidos, principalmente de forma compleja, combinados hexagonalmente y a menudo mezclados con cristales simples; algunas veces los conglomerados forman los copos de nieve, que pueden llegar a tener varios centímetros de diámetro.

- **El granizo**

Es la precipitación en forma de bolas o formas irregulares de hielo, que se produce por nubes convectivas, la mayoría de ellas de tipo cúmulo nimbus. Los granizos pueden ser esféricos, cónicos o de forma irregular y su diámetro varía entre 5 a más de 125 mm. (LINSLEY et al., 1977).

e) Probabilidad ocurrencia de la precipitación.

Es el tiempo calculado en porcentaje en que se puede presentar una lluvia esperada.(BENITES, 2001).

FUENTES & GARCÍA(1999) mencionaron que cuando se toman los datos de precipitación media de una serie de años ocurre que en la mitad de esos años no se alcanza la cifra de dicha precipitación media. Si se requiere una precisión mayor que la obtenida con la precipitación media se calcula la probabilidad de lluvia esperada, procediendo de modo siguiente:

- Se establecen los valores de precipitación (mensualo anual) obtenidos en una estación meteorológica durante varios años de registro.
- Se ordenan en orden decreciente, dando a cada valor el número de orden correspondiente.
- Se calcula la probabilidad de ocurrencia mediante la fórmula de Weibull:

$$P = \frac{100 * M}{N+1} \dots\dots\dots (1. 12)$$

Donde:

P= Probabilidad expresada en porcentaje.

M= Número de orden.

N= Número de observaciones.

f) Precipitación efectiva (PE).

Se denomina precipitación efectiva (PE) la lluvia que es útil o utilizable (Dastane, 1978) por quedar el agua almacenada en el suelo, dentro de la zona radicular de las plantas, en niveles de energía de retención que las raíces puedan absorberla(agua disponible).

Si la cantidad de lluvia es muy pequeña, puede ocurrir que no sea aprovechada porque toda o parte de ella queda en la superficie de la vegetación y de allí se evapora. Si llega al suelo y este se encuentra muy

seco, puede que el agua quede retenida con alta energía y no esté disponible para las raíces.(VAN, PRIETO, & VIEIRA, 2013).

g) Métodos de determinación de precipitación efectiva

• **Método de SCS-USDA (Evapotranspiración)**

En el Cuadro 1.2, preparado por el SCS-USDA, se presenta el estimado de la lluvia efectiva, según la lluvia mediamensual (P50) y la evapotranspiración mensual para una situación de referencia de profundidad de raíces y tipo de suelo. La situación referencial considera una lámina de agua de 75 mm que se puede retener en la zona de raíces y un tipo medio de suelo bien drenado. Esta lámina también se expresa como la lámina de agua de riego que cubre las necesidades de agua de la zona de raíces.(VAN et al., 2013).

Tabla 2.2.Lluvia efectiva mensual con base en el promedio de lluvia (P50) y la evapotranspiración.

P50 Promedio mensual	EVAPOTRANSPIRACION MEDIA MENSUAL (mm)													
	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350
	LLUVIA EFECTIVA MENSUAL (mm)													
12.5	7.5	8.0	8.7	9.0	9.2	10.0	10.5	11.2	11.7	12.5	13.0	13.0	13.0	13.0
25	15.0	16.2	17.5	18.0	18.5	19.7	20.5	22.0	24.5	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
37.5	22.5	24.0	26.2	27.5	28.2	29.2	30.5	33.0	36.2	37.5	38.0	38.0	38.0	38.0
50	25.0	32.2	34.5	35.7	36.7	39.0	40.5	43.7	47.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
62.5	a41.7	39.7	42.5	44.5	46.0	48.5	50.5	53.7	57.5	62.5	63.0	63.0	63.0	63.0
75		46.2	49.7	52.7	55.0	57.5	60.2	63.7	67.5	73.7	75.0	75.0	75.0	75.0
87.5		50.0	56.7	60.2	63.7	66.0	69.7	73.7	77.7	84.5	88.0	88.0	88.0	88.0
100		a80.7	63.7	67.7	72.0	74.2	78.7	83.0	87.7	95.0	100.0	100.0	100.0	100.0
112.5			70.5	75.0	80.2	82.5	87.2	92.7	98.0	105.0	111.0	112.0	112.0	112.0
125			75.0	81.5	87.7	90.5	95.7	102.0	108.0	115.0	121.0	125.0	125.0	125.0
137.5			a122	88.7	95.2	98.7	104.0	111.0	118.0	126.0	132.0	137.0	137.0	137.0
150				95.2	102.0	106.0	112.0	120.0	127.0	136.0	143.0	150.0	150.0	150.0
162.5				100.0	109.0	113.0	120.0	128.0	135.0	145.0	153.0	160.0	162.0	162.0
175				a160	115.0	120.0	127.0	135.0	143.0	154.0	164.0	170.0	175.0	175.0
187.5					121.0	126.0	134.0	142.0	151.0	161.0	170.0	179.0	185.0	187.0
200					125.0	133.0	140.0	148.0	158.0	168.0	178.0	188.0	196.0	200.0
225					a197	144.0	151.0	160.0	171.0	182.0				
250						150.0	161.0	170.0	183.0	194.0				
275						a240	171.0	181.0	194.0	205.0				
300							175.0	190.0	203.0	215.0				
325								a287	198.0	213.0	224.0			
350									200.0	220.0	232.0			
375									a331	225.0	240.0			
400										a372	247.0			
425											250.0			
450											a412			

Fuente:(VAN et al., 2013)

• **Método de SCS-USDA (FORMULA)**

CARRAZÓN(2007) mencionó que la ecuación desarrollada por el USCS, por medio de la cual la Precipitación efectiva puede ser calculada de acuerdo a:

Para $P_{men} \leq 250mm$

$$P = P * (125 - 0.2 * P) / 125 \dots \dots \dots (1. 13)$$

Para $P_{men} > 250mm$

$$P = 125 + 0.1 * P \dots \dots \dots (1. 14)$$

Donde:

Pef= Precipitación efectiva

Pmen= Precipitación mensual

- **Método de Water Power Resources Service (WPRS)**

VÁSQUEZ (2000)mencionó queel WPRS considera el siguiente criterio empírico de la distribuciónde la lluvia:

Tabla 2.3. Método WPRS-USA para determinar la precipitación efectiva

INCREMENTO DE LAPRECIPITACION (mm)	PORCENTAJE DE LA PRECIPITACION EFECTIVA (mm)
5	0
30	95
55	90
80	82
105	65
130	45
155	25
más de 155	5

Fuente:(VÁSQUEZ, 2000)

- **Método estadístico**

OLARTE (1987) mencionó que el análisis preciso de la precipitación efectiva (Pe) se puede definir por ecuaciones estadísticas de afinidad hidrológica, como la relación de Goodrich, pero como su cálculo es engorroso se puede acudir a la siguiente ecuación:

$$P = -0.6745 * S + P \dots\dots\dots (1. 15)$$

Donde

Pe= Precipitación efectiva

SD= Desviación estándar de la serie estudiada para cada mes

PM= Precipitación media mensual

1.2.14 Análisis la consistencia de información de datos meteorológicos

El análisis de consistencia de la información, es el proceso que consiste en la identificación o detección, descripción y remoción de la no homogeneidad e inconsistencia de una serie de tiempo hidrológica.

La no homogeneidad en una serie de tiempo hidrológica es definida como los cambios de datos vírgenes con el tiempo, y esto se debe a los factores humanos o a factores naturales de gran significancia, como los desastres naturales. Inconsistencia es sinónimo de error sistemático y se presenta como saltos y tendencias. (VILLÓN, 2011).

a) Análisis visual gráfico

En coordenadas cartesianas se plotea la información hidrológica histórica, ubicándose en las ordenadas, los valores de la serie y en las abscisas el tiempo (años, meses, días, etc.).

Un ejemplo de una serie de precipitaciones anuales se muestra en la figura 1.10 Este grafico sirve para analizar la consistencia de la información hidrológica en forma visual, e indicar el periodo o periodos en los cuales la información es dudosa, la cual se puede reflejar como “picos” muy alto o muy bajos, saltos y/o tendencias, los cuales deberán comprobarse, si son fenómenos naturales o errores sistemáticos. (VILLÓN, 2011).

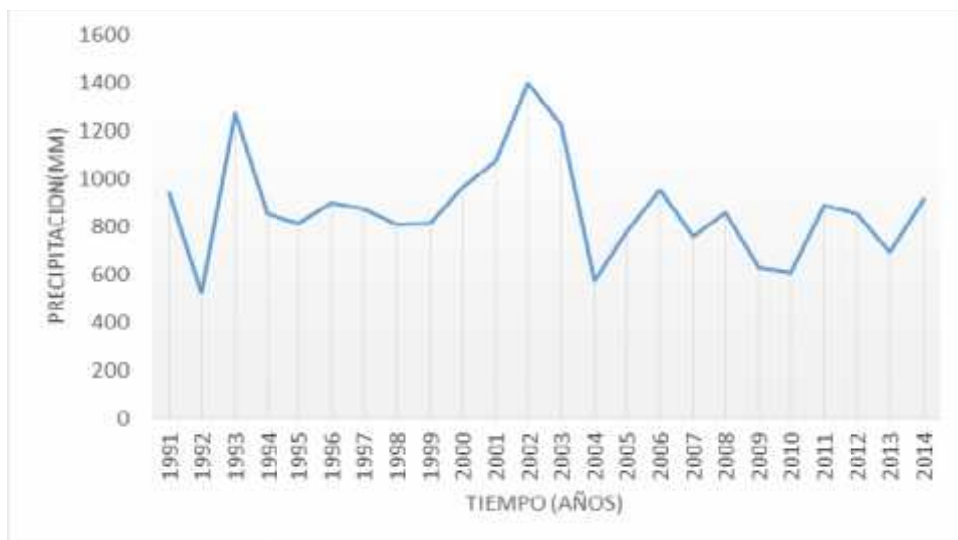


Figura 2.10. Serie histórica de precipitación promedio mensual

Fuente:(VILLÓN, 2011)

b) Análisis de doble masa

Este análisis se utiliza para tener una cierta confiabilidad en la información, así como también, para analizar la consistencia en relacionado a errores, que pueden producirse durante la obtención de los mismos, y no para una corrección a partir de la recta doble masa.(VILLÓN, 2011).

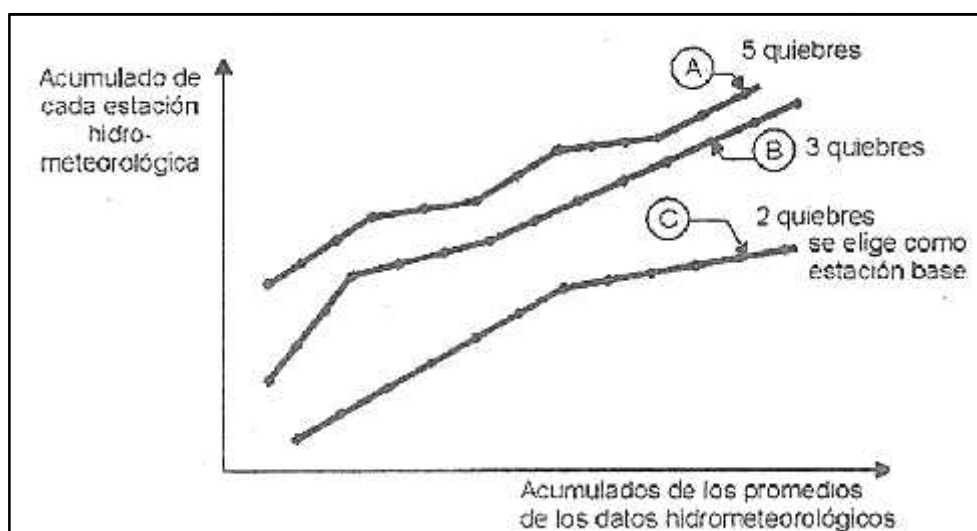


Figura 2.11. Serie histórica de precipitación promedio mensual

Fuente: (VILLÓN, 2011)

De estos doble masa se selecciona como la estación más confiable, la que presenta el menor número de quiebres, en el ejemplo de la figura 3.10, corresponde a la estación C, la cual se usa como estación base para el nuevo diagrama doble masa colocando en el eje de las abscisas la estación base y en el de las ordenadas la estación en el estudio.(VILLÓN, 2011).

c) Análisis estadístico

Después de obtener de los gráficos construidos para el análisis visual y de los de doble masa, los períodos de posible corrección, y los períodos de datos que se mantendrán con sus valores originales, se procede al análisis estadístico de saltos, tanto en la media como en la desviación estándar.(VILLÓN, 2011).

d) Análisis de saltos

Consistencia de la Media

VILLÓN(2011) mencionó que consiste en probar con la prueba de t (prueba de hipótesis), si los valores medios (\bar{X}_1, \bar{X}_2) de las submuestras, son estadísticamente iguales o diferentes con la probabilidad del 95% o con 5% de nivel de significación, de la siguiente manera:

- **Cálculo de la media y de la desviación estándar para las submuestras, según:**

$$\bar{X}_1 = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} X_i \quad ; \quad S_1(X) = \left[\frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^{n_1} (X_i - \bar{X}_1)^2 \right]^{1/2} \quad (1. 16)$$

$$\bar{X}_2 = \frac{1}{n_2} \sum_{j=1}^{n_2} X_j \quad ; \quad S_2(X) = \left[\frac{1}{n_2 - 1} \sum_{j=1}^{n_2} (X_j - \bar{X}_2)^2 \right]^{1/2} \quad (1. 17)$$

Donde:

X_i = Valores de la serie del periodo 1

X_j = Valores de la serie del periodo 2

\bar{X}_1, \bar{X}_2 = Media de los periodos 1 y 2 respectivamente.

$S_1(X), S_2(X)$ = Desviación estándar de los periodos 1 y 2 respectivamente

n = Tamaño de la muestra

n_1, n_2 = Tamaño de las submuestras

$n = n_1 + n_2$

▪ **Cálculo del (t_c) calculado según:**

$$t_c = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (u_1 - u_2)}{S_{\bar{d}}} \dots\dots\dots (1. 18)$$

Donde: $u_1 - u_2 = 0$ (por hipótesis, la hipótesis es que las medias son iguales)

Quedando:

$$t_c = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_{\bar{d}}} \dots\dots\dots (1. 19)$$

Además:

$$S_{\bar{d}} = \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (1. 20)$$

$$S_p = \left[\frac{(n_1 - 1) * S_1^2 + (n_2 - 1) * S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (1. 21)$$

Siendo:

$S_{\bar{d}}$ = desviación de las diferencias de los promedios

S_p = desviación estándar ponderada

▪ **Cálculo de t tabular t_t :**

El valor crítico de t se obtiene de la tabla t de Student (tabla N°11 del anexo 19), con una probabilidad al 95%, ó con un nivel de significación del 5%, es decir con $\alpha/2 = 0.025$ y con grados de libertad $y = n_1 + n_2 - 2$.

▪ **Comparación de t_c con el t_t :**

Si $|t_c| < t_t(95\%) \quad \bar{X}_1 = \bar{X}_2$ (estadísticamente)

En este caso, siendo las medias $\bar{X}_1 = \bar{X}_2$ estadísticamente, no se debe realizar proceso de corrección.

Si $|t_c| > t_t(95\%) \quad \bar{X}_1 \neq \bar{X}_2$ (estadísticamente)

En este caso, siendo las medias $\bar{X}_1 \neq \bar{X}_2$ estadísticamente, se debe corregir la información.

Consistencia de la Desviación Estándar

(VILLÓN, 2011) mencionó que el análisis estadístico consiste en probar, mediante la prueba de F, si los valores de las desviaciones estándar de las submuestras son estadísticamente iguales o diferentes, con un 95% de probabilidad o con un 5% de nivel de significación, de la siguiente forma:

- **Calculo de las varianzas de ambos periodos**

$$S_1^2(X) = \left[\frac{1}{n_1-1} \right] * \sum_{t=1}^{n_1} (X_t - \bar{X}_1)^2 \dots\dots\dots (1. 22)$$

$$S_2^2(X) = \left[\frac{1}{n_2-1} \right] * \sum_{j=1}^{n_2} (X_j - \bar{X}_2)^2 \dots\dots\dots (1. 23)$$

- **Calculo del F calculado (Fc), según:**

$$F_c = \frac{S_1^2(X)}{S_2^2(X)}, \text{ si } S_1^2(X) > S_2^2(X) \dots\dots\dots (1. 24)$$

$$F_c = \frac{S_2^2(X)}{S_1^2(X)}, \text{ si } S_2^2(X) > S_1^2(X) \dots\dots\dots (1. 25)$$

- **Calculo de F tabular (valor critico de F o Ft)**, se obtiene de las tablas F (tabla N°12 del anexo 19) para una probabilidad del 95%, es decir, con un nivel de significación $\alpha=0.05$ y grados de libertad:

$$\left. \begin{array}{l} \text{G.L.N}=\text{n}_1-1 \\ \text{, si } S_1^2(X) > S_2^2(X) \\ \text{G.L.D}=\text{n}_2-1 \end{array} \right\}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{G.L.N}=\text{n}_2-1 \\ \text{G.L.D}=\text{n}_1-1 \end{array} \right\} \text{ , si } S_2^2(X) > S_1^2(X)$$

Donde:

G.L.N= grados de libertad del numerador

G.L.D= grados de libertad del denominador

▪ **Comparación del F_c con el F_t :**

Si $F_c = F_t(95\%)$ $S_1(X) = S_2(X)$ estadísticamente

Si $F_c > F_t(95\%)$ $S_1(X) > S_2(X)$ estadísticamente, por lo que se debe corregir.

e) Corrección de datos

VILLÓN(2011) mencionó que en casos en que los parámetros media y desviación estándar de las submuestras de las series de tiempo, resultan estadísticamente iguales, la información original no se corrige, por ser consistente con 95% de probabilidad, aun cuando en el doble masa se observe pequeñas quiebras. En caso contrario, se corrigen los valores de las submuestras mediante las siguientes ecuaciones:

$$X'_{(t)} = \frac{x_t - \bar{x}_1}{s_1(x)} \cdot s_2(x) + \bar{x}_2 \dots \dots \dots (1.26)$$

$$X'_{(t)} = \frac{x_t - \bar{x}_1}{s_2(x)} \cdot s_1(x) + \bar{x}_1 \dots \dots \dots (1.27)$$

Donde:

$X'_{(t)}$ = valor corregido de saltos

X_t = valor a ser corregido

La ecuación (8.7), se utiliza cuando se deben corregir los valores de la submuestra de tamaño n_1 , y la ecuación (8.8), si se deben corregir la submuestra de tamaño n_2 .

1.2.15 Intención de siembra

La intención de siembra es la cantidad de extensión de un cultivo que un agricultor desea sembrar para un periodo de campaña agrícola.

1.3 Marco legal

- Resolución Jefatural N° 315-2014 - Plan de aprovechamiento de los recursos hídricos. Instrumento técnico, que permite la planificación anual de la disponibilidad de los recursos hídricos atendiendo las demandas multisectoriales.

- Resolución Jefatural N°265-2015-ANA - Proceso de adecuación de juntas de usuarios. Que tiene como objeto de dictar lineamientos que faciliten el proceso de adecuación de las organizaciones de usuarios de agua.

II. MATERIAL Y METODOS

2.1 Descripción de la zona

2.1.1 Ubicación política

El sistema hidráulico menor Cachi, zona baja, se ubica entre los distritos de Socos, Chiara, Ayacucho, Carmen Alto, Acocro, Tambillo y San Juan Bautista, provincia Huamanga, Región Ayacucho (Figura 2.1).

Políticamente queda limitado:

Por el Este: Distrito Acos Vinchos

Por el Oeste: Los Distritos Socos y San José de Ticllas

Por el Norte: Los Distritos Pacaycasa y Quinua

Por el Sur: Distrito Chiara

2.1.2 Ubicación Administrativo

Administrativamente el Sistema Hidráulico Menor Cachi Zona Baja, pertenece a la Autoridad Administrativa del Agua (AAA) Mantaro, Autoridad Local del Agua (ALA) Ayacucho, Sector del Sistema Hidráulico Menor Cachi (Figura 2.2).

El Sistema Hidráulico Menor Cachi, zona baja, está constituido por 15 comisiones de riego y 105 comités de riego.

Administrativamente queda limitado:

Por el Oeste: Sector Hidráulico Menor Cachimayu

Por el Norte y Este: Sector Hidráulico Menor Pongoras

Por el Sur: Sector Hidráulico Menor cachi Zona alta

2.1.3 Ubicación geográfica

El sistema hidráulico menor Cachi, zona baja, se ubica en la parte Sierra-Zona Sur – Central, de los Andes del Perú, al Norte de la región Ayacucho, en la parte Nor Este de la cuenca del río Cachi, entre los paralelos 13°12' al 13°08' Latitud Sur y los meridianos 74°16' al 74°07' Longitud Oeste, la altitud máxima de 3712 msnm y la altitud mínima de 3500 msnm.

2.1.4 Climatología

El clima del sistema hidráulico menor Cachi, zona baja, tiene una temperatura frígida que oscila entre 3 °C a 21 °C, una precipitación que oscila entre 800 a 1300mm anuales y la humedad relativa entre 70 a 95% en promedio.

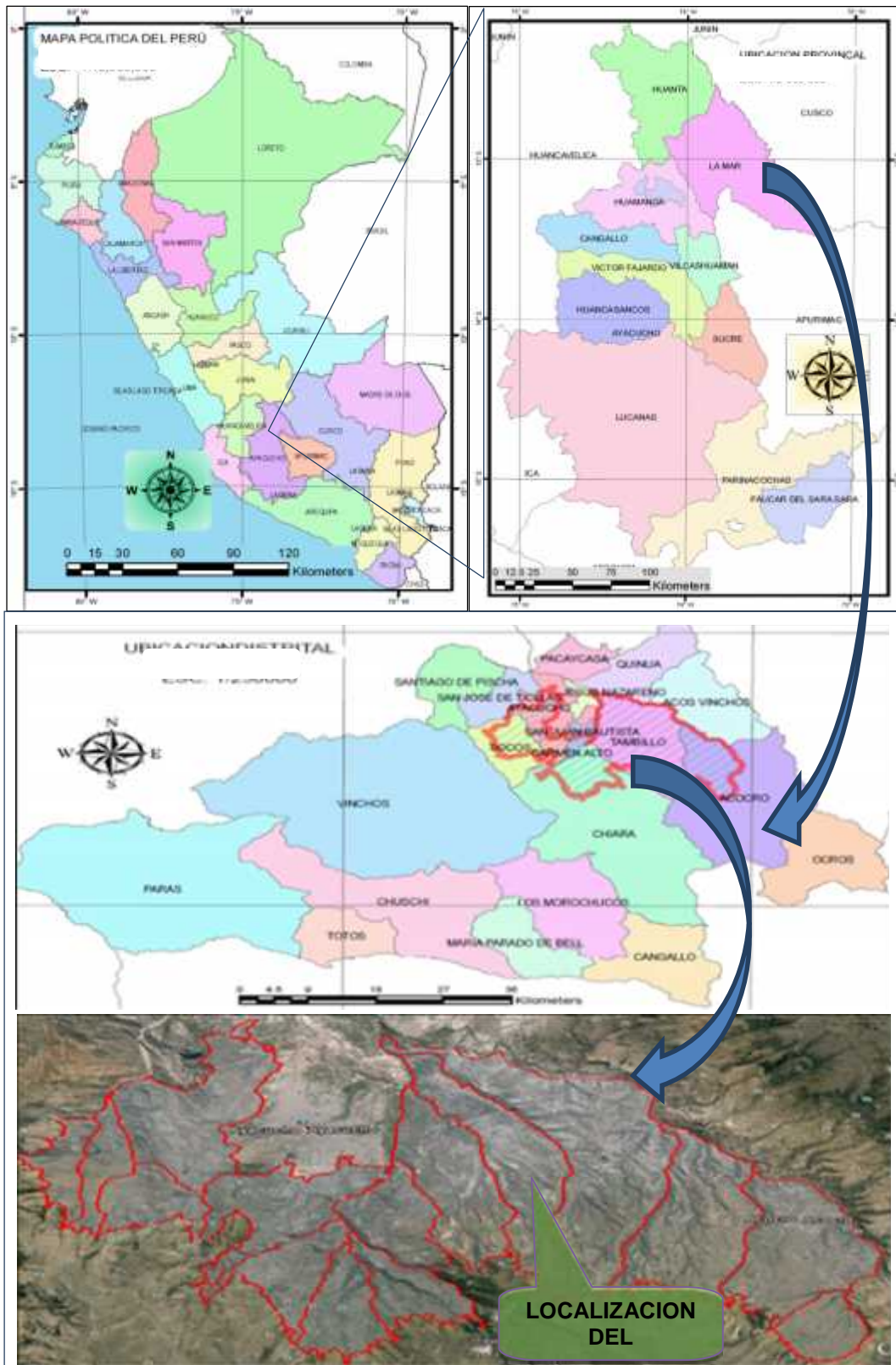


Figura 2.1. Mapa de ubicación regional, provincial, distrital y local

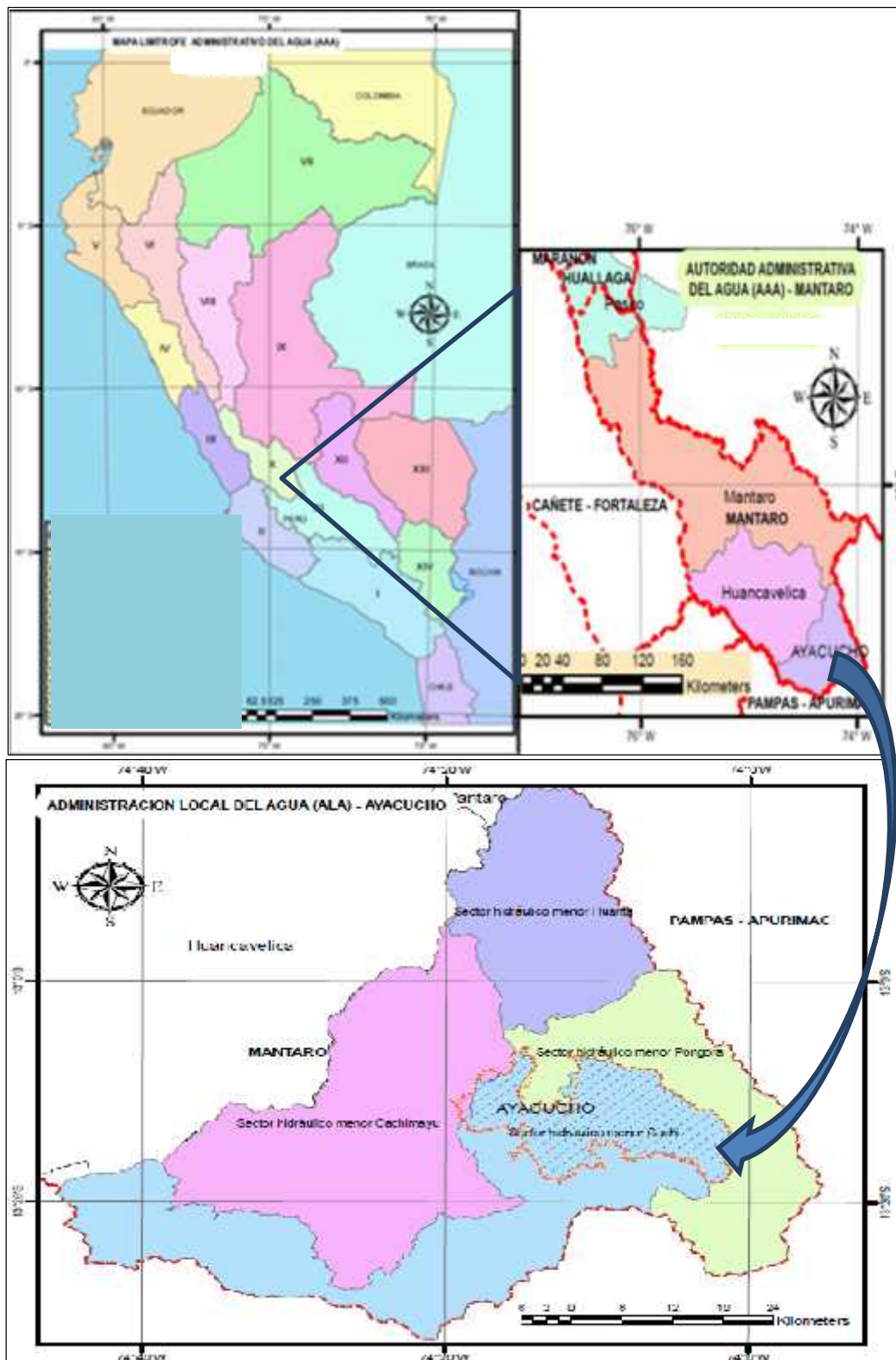


Figura 4.2. Mapa de ubicación Administrativo

2.2 Materiales y equipos

Para el presente trabajo de investigación se ha utilizado los siguientes materiales, equipos y herramientas.

2.2.1 Materiales

- Computadora
- Impresora
- Papel bond
- Proyector multimedia
- Libreta de campo
- Material bibliográfico
- Base de datos de cartas geográficas nacionales y de la región Ayacucho
- Datos meteorológicos de las estaciones: San Pedro de Quicato, Pampacangallo, Tambillo, Pucaloma, Huanta.
- Documentos.
- Programa: Google Earth 7.1, ArcGis10.2, Excel 2013, Cropwat 8.0

2.2.2 Equipos y herramientas

- GPS
- Cámara fotográfica
- Wincha, flexómetro
- Hojas de cálculo.

2.3 Metodología de investigación

El presente trabajo de investigación se clasifica de la siguiente forma:

Tipo de investigación: aplicada

Nivel: explicativo

Diseño: no experimental

Población: La población total de estudio son las 15 comisiones, conformado por 105 comités de riego en total en el sector del sistema hidráulico Menor Cachi Zona baja - Ayacucho- 2016.

El procedimiento metodológico de la investigación son los siguientes:

2.3.1 Fase preliminar

En esta fase se realizaron actividades previas a la recolección de informaciones.

a) Delimitación del área de trabajo

El sistema hidráulico menor Cachi está comprendido por dos zonas (alta y baja) conformado por 23 comisiones y 138 comités de riego como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 4.1. Cantidad de subsectores por zonas del sistema hidráulico Menor Cachi.

Zona	Comisiones	Comités
Alta	8	33
Baja	15	105
Total	23	138

Fuente:(ALA AYACUCHO, 2014)

Para el presente trabajo de investigación se ha seleccionado la zona baja, constituido por 15 comisiones y 105 comités de riego (ver el anexo 17, resumen de beneficiarios y la intención de siembra)

b) Análisis documental

Consistió en la búsqueda, observación y validación de todas las informaciones existentes y su selección respectiva, teniendo en cuenta el objetivo del proyecto.

Para el presente trabajo de investigación se ha seleccionado las siguientes informaciones: mapas (ver anexo 21, mapas de estudio), intención de siembra (ver el anexo 17, resumen de beneficiarios y la intención de siembra), información de datos meteorológicos (ver el anexo 03 al 07, registro de informaciones meteorológicas)

2.3.2 Fase de campo

a) Entrevistas

Se realizó entrevistas en el campo con la finalidad de complementar las informaciones necesarias para la determinación de los indicadores considerados como son: periodo vegetativo de los cultivos, fechas de siembra y tipos de cultivos por pisos altitudinales (ver el anexo 20, fichas de entrevistas de campo).

La entrevista en el campo se realizó a 05 agricultores para todo el área de estudio (01 agricultor ubicado en el piso altitudinal alta, 03 agricultores ubicado en el piso altitudinal media 01 agricultor ubicado en el piso altitudinal baja).

b) Verificación in situ de las informaciones.

Para el presente trabajo de investigación, se realizó la visita a las estaciones meteorológicas de Tambillo, Huanta, Canaán-Ayacucho (INIA), y las áreas de cultivo de los comités de riego Guayacondo, Tiente y Tambillo, para realizar las siguientes observaciones en campo:

- Del funcionamiento de las principales instrumentos de medición de variables climatológicas como son: anemómetros (viento), termómetro (temperatura), tanques de evaporación, pluviómetro (precipitación) y pirheliómetro (Radiación).
- Verificación de los principales cultivos de intención de siembra como son los cultivos de papa, quinua, maíz.

2.3.3 Fase de gabinete

a) Análisis de consistencia de informaciones de datos meteorológicos

Las informaciones de datos meteorológicas disponibles antes de ser utilizado en el desarrollo de un estudio de una cuenca, lo primero es importante realizar el análisis de consistencia respectivo.

A fin de obtener informaciones confiables se siguió los siguientes procedimientos:

- **Análisis visual gráfico**

Se realizó el análisis gráfico utilizando todas las informaciones meteorológicas (temperatura, humedad relativa, precipitación, velocidad del viento) de las 05 estaciones meteorológicas (Huanta, San Pedro de Quicato, Pampacangallo, Pucaloma y Tambillo).

- **Análisis doble masa**

Este método se ha utilizado para analizar los registros históricos de las precipitaciones anuales para los 24 años de registro, con la finalidad de encontrar los posibles errores que puede haber durante este periodo.

Para obtener la gráfica doble masa se plotea en el eje de las abscisas los acumulados del promedio de los registros anuales de todas las estaciones consideradas y, en el eje de las ordenadas los acumuladas de cada estación meteorológica con sus respectivos unidades.

Luego se identifica la cantidad de quiebres que pudiera en la gráfica y los años en las que se genera esos quiebres, para luego analizar con el método estadístico.

- **Análisis estadístico**

Para tener cierta confiabilidad de las informaciones de las estaciones antes mencionadas se procedió con el análisis estadístico de saltos tanto en la media como en la desviación estándar, para lo cual se utilizó la ecuación de la media de los promedios ecuación 1.16 y de la desviación estándar la ecuación 1.17, los valores de t_c con la ecuación 1.19 y t_t utilizando la tabla 11 del anexo 19 siguiendo el procedimiento mencionado en el ítem 1.2.14.

b) Subsectorización de la zona de estudio en tres pisos altitudinales

- La subsectorización en 03 pisos altitudinales como se muestra en el siguiente tabla 4.4, donde se observa la cota mínima zona baja 2500 msnm y la cota más alta es de la zona alta de 3712.007msnm, las cotas medias de cada una de los pisos altitudinales es para la redistribución de

la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) y la precipitación efectiva (PE)

Tabla 4.2. Subsectorización en 03 pisos altitudinales del sector del sistema hidráulico Menor Cachi Zona baja

N°	PISOS ALTITUDINALES	COTA_MIN (msnm)	COTA_MAX (msnm)	COTA_MEDI A (msnm)
1	PA. BAJA	2500.000	2904.001	2702.0006
2	PA. MEDIA	2904.003	3308.004	3106.0037
3	PA. ALTA	3308.008	3712.007	3510.0074

Fuente: (CARTA NACIONAL)

- La subsectorización en 03 pisos altitudinales (alta, media y baja) del área de estudio (ver el anexo 21, mapa de subsectorización por pisos altitudinales de los comités de riego), se realizó teniendo en cuenta la variación del periodo vegetativo de los cultivos de 15 a 30 días respecto de un piso a otro según las entrevistas realizadas (ver el anexo 20, fichas de entrevistas de campo)

Los 03 pisos altitudinales del sector del sistema hidráulico Menor Cachi Zona baja consideradas, se encuentra dentro de los 04 Zonas de Vida (bosque húmedo - Montano Subtropical, estepa - Montano Subtropical, estepa espinosa - Montano Bajo Subtropical, bosque seco - Montano Bajo Subtropical), donde predomina la zona estepa - Montano Subtropical (ver el anexo 21, mapa de distribución Ecológico del Sistema Hidráulico Menor Cachi, Zona baja)

c) Determinación de los indicadores de los variables.

En el presente trabajo de investigación se determinó los indicadores de la siguiente manera:

- **Determinación de la evapotranspiración de cultivo de referencia (ET_o)**

Para la determinación de la evapotranspiración de los cultivos de referencia (ET_o) se ha utilizado los métodos directo e indirectos.

Los métodos indirectos se tomó teniendo en cuenta las recomendaciones de (ALLEN et al., 2006) ecuación 1.6, que indica, el método FAO Penan-

Monteith, es el único que se recomienda como método estándar de cálculo.

Con la finalidad de comparar los resultados obtenidos se utilizó 04 métodos indirectos y un método directo, dichos métodos son los siguientes:

Método indirecto:

- Hargreaves en función de la humedad relativa y temperatura (ecuación 1.3)
- Hargreaves en función de la temperatura radiación (ecuación 1.4)
- Penman Monteith – FAO (ecuación 1.6)
- Blaney y Criddle (ecuación 1.8)

Método directo:

- Tanque tipo A (ecuación 1.10)

Selección del método de determinación del ETo.

De los 05 métodos de determinación de la ETo aplicados, se procedió con la selección del método teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- La determinación del error relativo de los 05 métodos respecto al promedio, determinado con la siguiente relación:

$$E = X_i - Y_i \dots\dots\dots (2. 1)$$

$$E = \frac{|X_i - Y_i|}{Y_i} * 100 \dots\dots\dots (2. 2)$$

Donde:

EA = Error absoluto (mm/mes)

ER = Error relativo (%)

X_i = Valores de ETo de cada método determinado

Y_i = Valores de ETo promedio de los 05 métodos determinados

- Determinación de la variación del error relativo por cada método utilizando las siguientes relaciones.

$$S = \sum_{i=1}^n E_i \dots\dots\dots (2. 3)$$

$$V = \frac{S_i}{\sum_{i=1}^n S_i} * 100 \dots\dots\dots (2. 4)$$

Donde:

S = Sumatoria de errores relativos

Vr = Variación del error relativo por cada método.

E_i = Error relativo determinado por cada mes

- Luego de determinar el valor de Vr (variación del error relativo), se procedió con la selección del método considerando el menor valor de Vr de los 05 métodos en las 05 estaciones meteorológicas estudiadas.

- La redistribución de la ETo a tres pisos altitudinales, con el método de interpolación de datos, según el mapa de subsectorización por pisos altitudinales de los comités de riego.

- **Precipitación efectiva (PE)**

Para determinar la precipitación efectiva se siguió los siguientes pasos:

- Se determinó la precipitación al 75% de probabilidad de ocurrencia, para los 24 años de registro de información, utilizando la fórmula de Weibullecuación 1.12.

- Con los valores obtenidos de la probabilidad de ocurrencia de la precipitación se determinó la precipitación efectiva utilizando 04 métodos de cálculo, dichos métodos son: SCS-USDA con el uso de la tabla 1.2, SCS-USDA con el uso de la ecuación 1.13, Water Power Resources Service (WPRS) con el uso de la tabla 1.3 y el método estadístico con el uso de la ecuación 1.3

- Se realizó la selección del método con el criterio, de que sea menor y mejor se aproxime al valor de la precipitación al 75% de probabilidad.

- Se procedió con la determinación y redistribución de la precipitación efectiva (ver el anexo 10 y 14, cálculo y redistribución altitudinal de la precipitación efectiva), en tres pisos altitudinales.

- **Coefficiente de cultivo (Kc)**

Para determinar el Kc, se siguió los siguientes pasos:

- La identificación de las etapas de desarrollo del cultivo, determinando la duración de cada etapa según las informaciones consignadas en el padrón de intención de siembra – JUDRA y para los 03 pisos altitudinales del área de estudio (ver el anexo 21, mapa de subsectorización por pisos altitudinales de los comités de riego)

- Identificación de los valores de Kc para las etapas inicial, mediados y final de desarrollo para cada cultivo correspondiente.

Se identificó el Kc para cada cultivo correspondiente, tomando los valores recomendados por (ALLEN et al., 2006)

Tabla 4.3 Cuadro de valores de Kc de cultivos

CULTIVOS	Kc ini	Kc med	Kc fin
PAPA	0.5	1.15	0.75
QUINUA	0.4	1.15	0.5
TRIGO	0.3	1.15	0.4
ARVEJA	0.5	1.15	1.1
MAIZ	0.7	1.2	0.3
HABA	0.5	1.15	1.1

Fuente:(ALLEN et al., 2006)

- Elaboración de la curva de Kc para cada cultivo identificado en la intención de siembra.
- Determinación de los valores de Kc mensual (Kcm), utilizando el programa CROPWAT para cada cultivo y para los 03 pisos altitudinales antes mencionado.
- Determinación de los valores de Kc ponderado (Kcp), utilizando la siguiente ecuación:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n (K_i \cdot A_i)}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots\dots (2. 5)$$

Donde:

Kcp= Coeficiente de cultivo ponderado mensual

Kcm= Coeficiente de cultivo mensual por tipo de cultivo

A= Área por tipo de cultivo (Ha.)

- El cálculo del coeficiente de cultivo-Kc (ver el anexo 15, cálculo de Kc de los cultivos), para los tres pisos altitudinales y la determinación de Kc ponderado por cada comité de riego respectivamente.

- **Determinación de la demanda neta de los cultivos**

Para determinar la demanda neta de los cultivos (Dn), para periodos mensuales y por cada comité de riego se utilizó las siguientes ecuaciones.

$$D = K_p * E - PE \dots\dots\dots (2.6)$$

Donde:

Du = demanda unitaria neta de los cultivos por comité de riego y para un periodo vegetativo (m³/Ha.mes)

Kcp = Coeficiente de cultivo ponderado mensual

ETo = Evapotranspiración de cultivo de referencia (mm/mes)

PE = Precipitación efectiva

$$D = D_u * A \dots\dots\dots (2.7)$$

Donde:

Du = Demanda unitaria neta de los cultivos por comité de riego y para un periodo vegetativo (mm/mes)

Dn = Demanda neta de los cultivos por comité de riego y para un periodo vegetativo (m³/mes)

A = Área de intención de siembra (Ha.)

El procedimiento para obtener los valores de demanda neta de los cultivos (Dn) son los siguientes:

- Determinación de la demanda unitaria neta de los cultivos por cada comité de riego utilizando la ecuación 2.6
- Determinación de la demanda neta de los cultivos por cada comité de riego utilizando la ecuación 2.7

III. RESULTADOS

3.1 Intención de siembra, para un periodo vegetativo de los cultivos

3.1.1 Resultado de la intención de siembra, por tipos de cultivos

En la Figura 3.1, se observa el resultado de la variación de la intención de siembra por tipos de cultivo y para un periodo vegetativo (campaña chica) en todo el Sistema Hidráulico Menor Cachi Zona Baja, obteniendo como mayor intención de siembra el cultivo de papa, con un total de 1765.58 Has. dentro de los meses de Mayo al Noviembre, en esta gráfica también se observa los meses de siembra, que inicia en el mes de abril (inicio de ascendencia de las curvas) y termina en el mes de junio (final de ascendencia de las curvas), así mismo los meses de cosecha que inicia en el mes de octubre (inicio de descendencia de las curvas) y termina en el mes de diciembre (final de descendencia de las curvas) para mayoría de los cultivos.

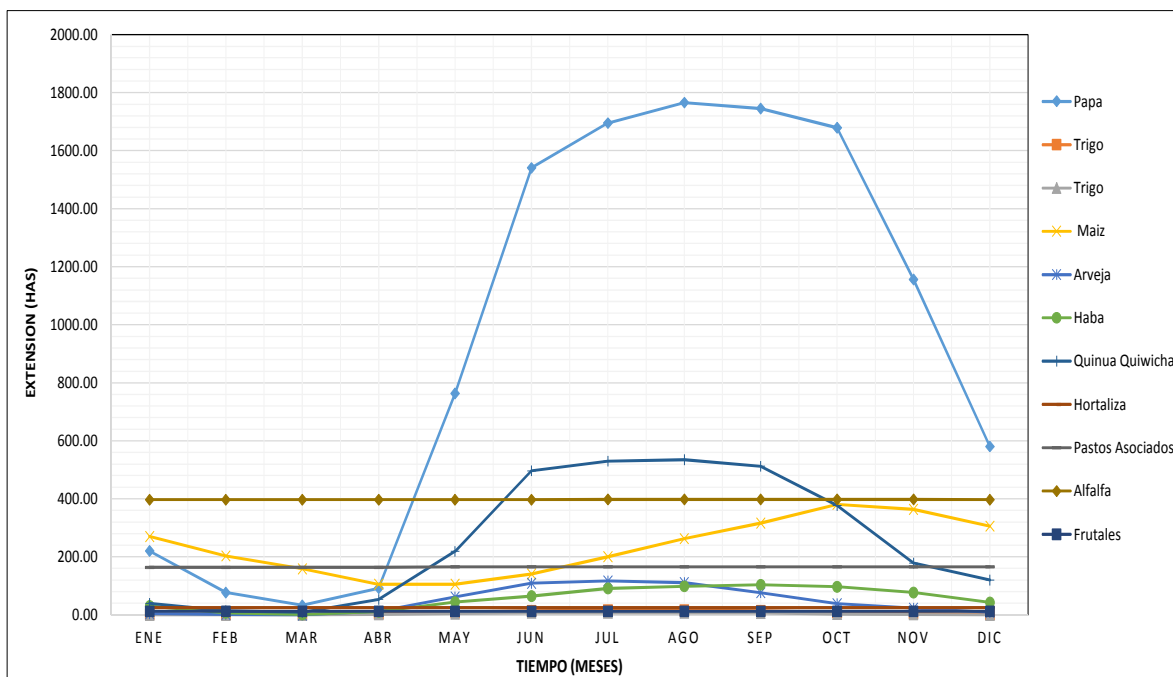


Figura 6.1. Intención de siembra por tipo de cultivo para el año 2016.

3.1.2 Intención de siembra, por comisión y/o comité de riego

En la tabla 3.1 se observa el resultado de la intención de siembra por comisión y comité de riego, obtenidos del padrón de intención de siembra de la Junta de Usuarios del Distrito de Riego Ayacucho (JUDRA), donde la mayor intención de siembra tiene el comité de riego Casaorcco perteneciente a la Comisión de Riego Alameda Carmen Alto con 172.75 Has. para el mes de julio. El total de intención de siembra por comité de riego es la extensión máxima de siembra dentro de la campaña agrícola.

Tabla 6.1. Intención de siembra por comité de riego año 2016.

COMISIÓN	COMITÉ	PISO	INTENCION DE SIEMBRA POR CAMPAÑA (Has)												TOTAL (Has)
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
ACOCRO	PAMPAMARCA	ALTA	3.00	2.00	1.75	2.00	37.12	54.50	54.75	54.75	54.75	54.75	20.25	54.75	
	CCEMCRUZ	ALTA	5.75	0.25	0.25	2.25	30.00	31.00	31.00	42.25	42.25	27.75	24.75	13.25	42.25
	ACOCRO	MEDIA	25.82	23.13	23.13	15.71	25.04	35.92	38.67	40.83	48.25	47.60	32.04	26.98	48.25
	PUMAPUQUIO	ALTA	42.46	13.03	5.38	4.88	21.31	56.87	85.83	87.33	87.33	88.20	77.17	60.90	88.20
	CCOCHANI	MEDIA	0.25	0.25	0.25	0.25	7.75	7.75	7.75	7.75	7.25	4.00	0.25	0.25	7.75
ALAMEDA CARMEN ALTO	CASAORCCO	MEDIA	29.00	28.50	28.50	41.50	106.50	172.25	172.25	168.50	160.75	143.50	89.00	37.25	172.25
	QUICAPATA ACCOERA	MEDIA	15.00	15.00	15.00	15.75	18.00	28.75	29.50	29.50	29.25	27.00	24.50	15.50	29.50
	CAMPANAYOCC	ALTA	7.75	3.75	3.75	3.75	18.50	37.75	47.00	48.00	48.00	41.25	35.75	22.50	48.00
	YANAMA	MEDIA	23.00	22.60	22.60	23.60	44.25	50.00	51.00	50.90	48.40	39.75	30.40	23.50	51.00
	HUARPA ÑAHUINPUQUIO	MEDIA	21.40	21.40	21.65	23.78	26.13	28.50	28.50	28.25	27.22	25.87	24.02	22.40	28.50
	TAMBOPUQUIO - CASAORCCO	ALTA	32.25	23.00	19.75	12.50	12.50	33.00	42.25	52.50	53.00	53.00	52.75	52.50	53.00
	TAMBOPUQUIO - SOCOS	ALTA	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.00
CAYRAMAYO	NIÑO JESUS DE ÑEQUE	BAJA	13.27	13.27	13.27	13.27	24.90	53.25	53.25	53.25	52.00	16.53	16.53	13.27	53.25
	UCHUYPAMPA	MEDIA	11.25	11.25	11.25	11.25	13.25	68.00	68.00	68.00	68.00	68.00	46.00	13.75	68.00
	HUATATAS MARGEN DERECH	BAJA	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25	22.33	22.33	22.33	17.20	17.20	5.25	5.25	22.33
	RAYMINA	MEDIA	3.00	3.00	3.00	3.50	53.00	54.50	54.50	54.50	53.50	38.25	3.00	3.00	54.50
	GUAYACONDO	BAJA	47.75	47.75	47.75	47.75	47.75	47.75	47.75	47.75	47.75	47.75	47.75	47.75	47.75
	SANTA BARBARA	BAJA	12.25	12.25	12.25	12.25	22.50	22.50	29.00	28.50	28.50	19.75	12.25	12.25	29.00
	LLUTACANCHA	ALTA	0.50	0.50	0.50	9.75	27.50	36.50	36.50	36.50	35.25	32.50	24.50	9.75	36.50
	CHILCABAMBA	MEDIA	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	65.50	65.50	65.50	65.50	65.50	23.25	0.00	65.50
	CCACCAWASI	MEDIA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.25	13.25	13.25	13.25	13.25	11.75	0.00	13.25
	CCELLO CCACCA HUACHWALLA	CENTRO RANCHA	MEDIA	3.13	3.13	3.13	6.34	9.18	9.52	9.52	8.06	7.44	7.19	4.83	3.26
CCORIHUILCA GRANDE		MEDIA	9.75	9.75	9.75	9.75	14.50	14.50	14.50	14.50	14.50	9.75	9.75	9.75	14.50
CCORIHUILCA CHICO		MEDIA	13.00	12.50	12.50	13.25	18.00	23.00	23.50	22.75	18.75	14.75	14.50	14.25	23.50
HUAYAUPUQUIO		MEDIA	12.70	12.70	12.70	12.95	12.95	12.95	12.95	12.70	12.70	12.70	12.70	12.70	12.95
SACSAMARCA		BAJA	6.25	6.25	6.25	11.50	16.50	16.75	16.50	14.25	7.25	6.25	6.25	6.25	16.75
SUNCHUPUCRO		BAJA	5.50	5.50	5.50	7.75	17.25	17.25	17.25	17.25	15.25	10.25	10.25	5.50	17.25
SANTA LUCIA		MEDIA	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
PAUQUIPAMPA - ACCOYLA		MEDIA	20.75	20.75	20.75	20.75	21.00	24.25	24.25	24.25	24.00	23.50	23.50	20.75	24.25
HUAYRAPATA		MEDIA	4.49	4.24	4.24	4.24	7.49	8.50	8.75	8.75	8.50	6.99	6.99	5.49	8.75
SAN JOSE DE CHIMPAPUQUIO		MEDIA	6.17	6.17	6.17	6.97	10.21	11.86	11.86	11.86	11.48	8.56	6.63	6.26	11.86
SAN JUAN DE URAYPAMPA		MEDIA	4.27	4.27	4.27	4.27	7.46	9.04	9.25	8.99	7.73	5.03	4.27	4.27	9.25
LOS LIBERTADORES DE HUAY		MEDIA	20.64	20.64	20.64	20.64	25.48	29.50	29.50	29.50	27.61	27.08	24.12	20.64	29.50
ACRAYBAMBA		MEDIA	24.40	23.95	22.53	16.45	15.99	15.99	15.99	20.17	24.13	29.19	29.19	25.73	29.19
CHIARA	COCHABAMBA	ALTA	43.00	26.50	9.50	9.50	9.50	9.50	26.00	43.00	44.50	43.00	43.00	43.00	44.50
	CHIARA	ALTA	21.75	8.75	7.25	5.00	3.50	22.25	35.25	39.00	42.25	41.75	41.00	40.75	42.25
	BELLAVISTA	ALTA	34.00	21.75	18.00	17.25	15.00	21.75	33.50	37.25	40.25	40.25	39.75	39.75	40.25
	JINTIHUASI	ALTA	7.46	7.46	7.46	23.63	38.18	44.76	44.76	44.76	44.76	43.76	29.35	16.01	44.76
	QUISUAR	ALTA	2.00	1.00	1.00	3.00	4.25	8.77	9.77	10.77	9.52	9.52	8.27	6.52	10.77
CHONTACA	QUESERA - QUICATO	ALTA	28.50	28.50	22.50	1.50	1.50	21.75	21.75	27.75	48.75	48.75	48.75	48.75	48.75
	VIRGEN DEL CARMEN DE CHO	ALTA	1.00	1.00	1.00	7.00	20.25	37.00	37.00	37.00	31.00	17.75	15.75	15.75	37.00
	JESUS NAZARENO DE CHONT	ALTA	18.75	15.25	15.25	15.25	15.25	49.25	52.75	52.75	52.75	52.75	52.00	18.75	52.75

Fuente: Padrón de intención de siembra - JUDRA.

Tabla 3.1. (Continuación)

COMISIÓN DE RIEGO	COMITÉ DE RIEGO	PISO ALTIT	INTENCION DE SIEMBRA POR CAMPAÑA (Has)												TOTAL (Has)
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
HUALCCAPUCRO	MITUY ALTO	ALTA	9.60	7.85	7.85	12.24	21.74	49.24	50.74	50.74	50.49	48.99	44.85	35.85	50.74
	MARAYVILCA	ALTA	1.50	1.50	1.50	1.50	4.50	43.00	43.00	43.00	43.00	43.00	41.50	38.50	43.00
	HUALCCAPUCRO	ALTA	10.00	8.50	8.50	8.50	9.00	15.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	15.00	16.00
	SAN MIGUEL DE MOTOY	MEDIA	11.75	11.75	10.00	11.00	14.75	46.60	48.60	52.85	51.85	52.35	44.35	15.25	52.85
JVA CHUPAS	BASILIO ANJOLI DE CHUPAS	ALTA	10.50	4.75	4.75	7.25	37.50	92.50	92.50	92.50	92.00	90.50	88.50	59.75	92.50
	LAPATA POMAYOCC	ALTA	25.00	12.00	7.50	8.50	12.25	14.25	28.00	33.00	32.75	32.25	31.25	26.50	33.00
	QUICHKAPATA	ALTA	8.25	5.75	3.50	13.75	30.25	50.75	52.75	55.00	54.25	52.75	42.25	27.00	55.00
	AHUAPUQUJO	ALTA	3.25	0.50	0.50	3.25	3.25	8.75	13.50	13.50	13.50	13.50	12.25	8.75	13.50
LIRIO BELLAVISTA	CHIHUANPATA GUAYACONDO	BAJA	8.38	8.01	8.01	8.01	10.63	10.88	10.88	10.38	9.63	8.38	8.38	8.38	10.88
	TINTE	MEDIA	12.50	0.00	0.00	0.00	75.91	76.91	91.41	91.41	91.41	91.41	15.00	14.50	91.41
	ANTOINAYOCC	ALTA	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	25.31	25.31	25.31	25.31	25.31	18.31	18.31	25.31
	CONDORAY	MEDIA	2.38	2.38	2.38	2.38	2.38	73.65	73.65	73.65	73.65	73.65	18.88	2.38	73.65
LLACCTAS	SAN LORENZO DE COCHABAM	MEDIA	33.00	32.50	32.50	14.50	14.50	14.50	21.75	22.25	22.25	40.25	40.00	33.00	40.25
	MAUCALLACCTA	ALTA	28.80	27.65	24.63	14.88	11.74	12.12	15.82	26.32	29.46	29.46	29.46	29.18	29.46
	PLICALOMA	ALTA	27.60	27.34	24.50	18.46	12.28	11.35	11.98	19.50	26.43	28.56	28.43	28.43	28.56
	TAHUANTINSUYO MARCCARI	ALTA	7.99	7.49	6.74	6.74	4.25	1.75	2.25	2.25	5.74	7.99	7.99	7.99	7.99
	YANAYAKU	MEDIA	51.96	29.42	27.57	25.91	23.92	27.92	28.87	42.88	44.71	55.71	57.09	53.03	57.09
	SAN RAFAEL	MEDIA	14.66	12.46	11.81	11.43	11.37	11.37	11.49	11.49	14.06	15.29	15.35	15.29	15.35
	JURAYPARTE	MEDIA	15.79	15.79	15.79	15.53	14.23	15.92	15.92	15.92	15.92	17.48	17.48	15.79	17.48
MAUCALLACCTA CEDRO	CEURO	MEDIA	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.00
	JARAMPUQUJO	ALTA	2.77	2.77	2.52	1.99	1.50	1.50	1.62	2.28	2.77	3.02	3.15	3.15	3.15
	CCOLLICARAMBA	ALTA	3.14	3.14	3.14	2.89	3.14	3.14	3.14	3.39	3.51	3.26	3.26	3.14	3.51
	PAOPAPATA	ALTA	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.00
	QUIYA QUIYA	ALTA	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.00
	SAMANA	ALTA	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.00
	ACCO CAPILLAPATA	ALTA	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.00
	SAN RAFAEL	ALTA	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.00
	JUYANTA	ALTA	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.00
SAPSI	ALTA	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.00	
MOLINUYOCC	TANCAYILLO	MEDIA	2.25	2.25	2.25	2.75	10.25	20.50	20.50	20.50	20.00	14.50	12.25	2.25	20.50
	SANTA ROSA DE HUATATAS	BAJA	9.25	9.25	9.25	9.75	19.50	19.50	19.50	16.50	16.00	13.75	9.25	9.25	19.50
	SAN ECO DE ORCCOHIASI	ALTA	0.00	0.00	0.00	0.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	0.00	17.00
	PLICARA	MEDIA	2.25	2.25	2.25	2.25	41.75	53.25	53.25	53.25	53.25	53.25	6.75	2.25	53.25
SECCELAMBRAS - PUCUHUILLCA	CARHUASCHOCCE	MEDIA	13.20	13.20	13.20	13.20	72.88	73.13	73.13	73.13	73.13	60.30	13.45	13.20	73.13
	ACCO	MEDIA	17.75	9.00	6.75	11.50	17.25	22.00	31.25	41.00	37.00	32.50	29.75	26.75	41.00
	SAN LUCAS DE CHICCHICAN	ALTA	0.25	0.25	0.25	0.00	0.00	6.25	6.25	6.50	6.50	6.50	5.75	5.75	6.50
	PUCUHUILLCA	ALTA	6.50	0.00	0.00	0.50	4.25	24.75	31.25	31.25	31.25	31.00	30.50	27.25	31.25
	LECHECCOCHA	ALTA	5.50	2.25	2.25	1.50	2.00	12.50	16.25	18.75	18.75	18.75	18.25	7.25	18.75
	PALLCCAYAKU	BAJA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	JUCHUY ACCO	MEDIA	3.25	3.25	3.25	3.25	10.75	12.75	12.75	12.75	12.75	9.75	3.25	3.25	12.75
	TRIGOLOMA PUCUTO	ALTA	12.25	3.75	0.25	0.00	2.00	6.75	11.75	15.25	19.00	19.00	18.00	12.75	19.00
	SECCELAMBRAS	ALTA	21.75	7.25	2.00	1.50	2.00	3.25	17.75	23.00	23.50	23.50	23.50	22.50	23.50
PANTIPAMPA	ALTA	17.25	2.00	1.50	15.25	69.75	124.50	139.50	139.75	139.75	139.75	125.50	71.75	139.75	

Fuente: Padrón de intención de siembra - JUDRA.

Tabla 3.1. (Continuación)

COMISIÓN DE RIEGO	COMITÉ DE RIEGO	PISO ALTIT	INTENCION DE SIEMBRA POR CAMPAÑA (Has)												TOTAL (Has)
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
SOCOS	AMPLIACCASA - ATUROLI	ALTA	13.12	13.27	11.23	7.60	5.80	5.80	5.80	13.45	18.28	16.90	16.90	16.90	18.28
	CRUZ CCASA	ALTA	23.13	22.38	23.38	23.88	21.88	6.00	6.00	6.00	8.50	24.13	23.63	23.13	24.13
	QUIJUA RPAMPA	ALTA	3.88	2.78	1.59	0.75	0.75	1.25	4.13	4.38	4.38	4.38	4.38	4.38	4.38
	PACURI B	ALTA	29.06	21.85	8.04	7.54	7.54	11.43	30.07	31.82	31.82	31.82	31.44	29.56	31.82
	CCELIQCCACCA - ORCCOPIU	ALTA	10.47	5.53	4.19	3.63	2.79	3.29	4.42	9.32	11.98	12.11	11.48	11.35	12.11
	ORCCOTA	ALTA	24.90	21.36	10.18	6.27	5.44	7.70	20.60	26.25	28.53	29.15	28.15	26.65	29.15
	MRPIS MATARCCOCHA	ALTA	4.66	4.66	4.47	20.96	20.96	20.96	21.15	21.15	19.33	19.33	14.76	4.66	21.15
	SAN FELICOR	ALTA	25.84	22.08	21.11	15.19	6.16	5.48	10.14	18.19	28.11	28.74	28.74	25.97	28.74
TAMBILLO	CCACCAÑAN	BAJA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.25	11.25	11.25	11.25	6.25	0.00	0.00	11.25
	ALTO ANDINO	ALTA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.50	43.50	43.50	43.50	43.50	43.50	3.00	43.50
	PINAO	ALTA	13.00	0.00	0.00	0.00	10.00	31.13	44.13	44.13	44.13	44.13	44.13	34.13	44.13
	MUSUCCALI PA	MEDIA	0.00	0.00	0.00	0.00	64.75	76.25	76.25	76.25	76.25	75.25	26.75	2.00	76.25
	SANTA CRUZ DE CCECHCCA	MEDIA	0.25	0.00	0.00	0.00	28.50	89.00	92.50	92.75	92.75	89.75	49.75	7.00	92.75
	YANAMILLA	BAJA	0.00	0.00	0.00	47.50	58.25	58.25	50.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.25
	YANAMA TRANCA	MEDIA	0.00	0.00	0.00	0.00	61.50	61.50	61.50	61.50	61.50	5.00	0.00	0.00	61.50
	PACUARO	BAJA	3.25	3.25	3.25	4.00	33.76	33.76	33.76	33.26	32.51	3.75	3.25	3.25	33.76
	TAMBOBAMBA	MEDIA	1.25	1.25	1.25	1.25	20.50	38.25	38.25	38.25	38.25	31.75	11.00	1.25	38.25
	VIOLTA VFLASOUFZ	BAJA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	39.00	39.00	39.00	33.50	30.50	1.00	1.00	39.00
	ALANYA	MEDIA	3.00	0.00	0.00	0.00	8.50	29.00	38.50	41.50	41.50	33.00	12.50	0.00	41.50
	TAMBILLO	MEDIA	4.14	3.76	3.51	5.89	9.39	55.64	59.02	59.65	56.77	54.02	40.27	7.90	59.65

Fuente: Padrón de intención de siembra - JUDRA.

La intención de siembra por tipo de cultivo y por cada comité de riego se observa en el anexo 16, donde la mayor extensión de siembra son los cultivos de papa y quinua en mayoría de los comisiones de riego.

En la figura 3.2 se observa la variación de la intención de siembra total del Sistema Hidráulico Menor Cachi Zona Baja, para la campaña chica, donde se evidencia la mayor extensión de siembra para los meses de julio a octubre.

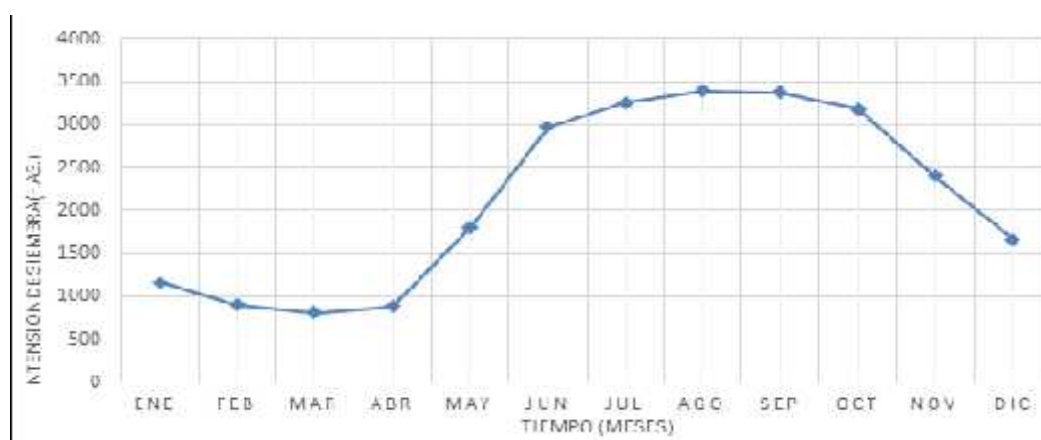


Figura 6.2. Variación de la intención de siembra total del Sistema Hidráulico Menor Cachi Zona Baja.

3.2 Análisis de consistencia de información de datos meteorológicos

3.2.1 Análisis Grafico de las variables climatológicas

En las siguientes figuras 3.3 al 3.5 se observa la tendencia de la información de datos meteorológicos en forma visual, con la finalidad de identificar los periodos en los cuales la información es dudosa, lo cual es reflejado por picos muy altos o valores muy bajos, saltos.

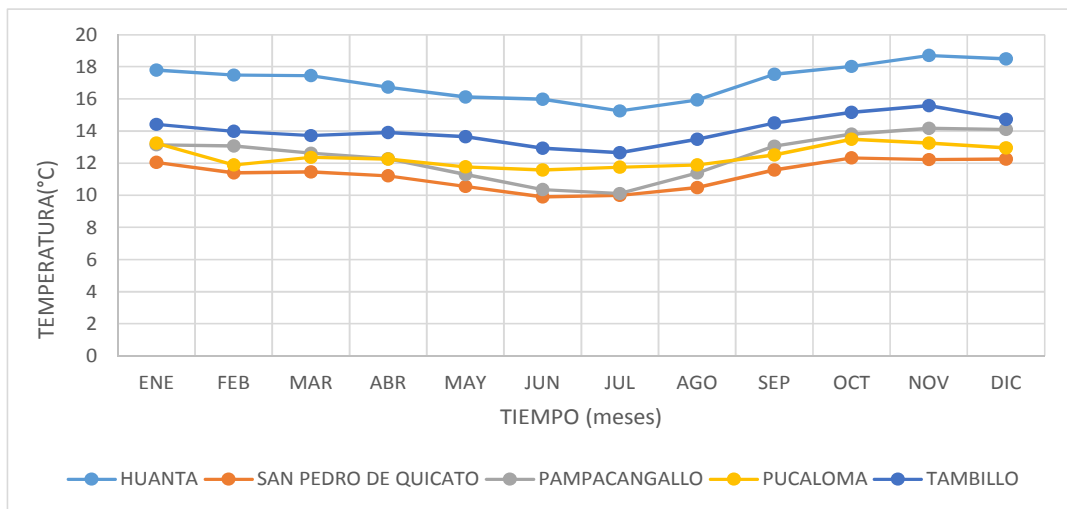


Figura 6.3. Variación de la temperatura media mensual para los 05 estaciones meteorológicas

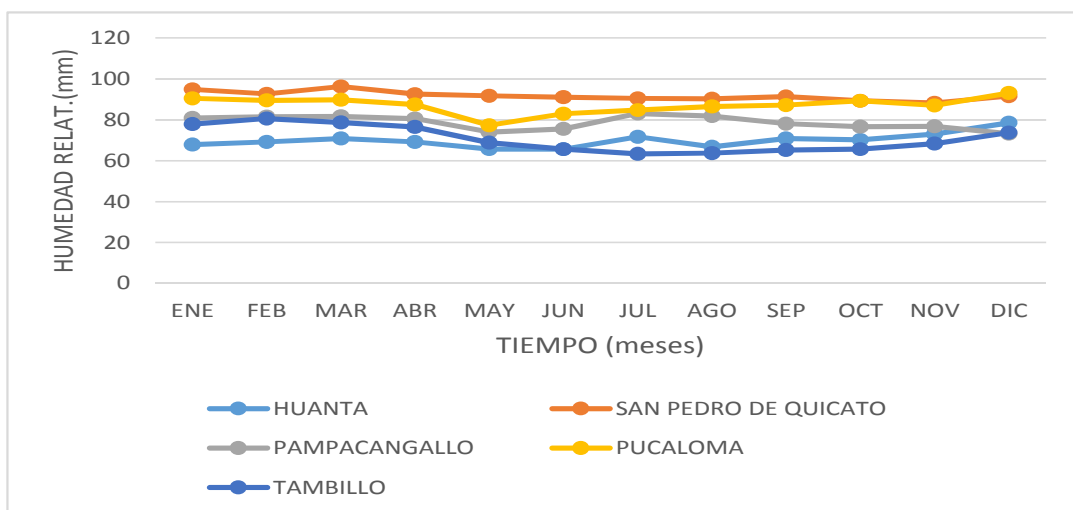


Figura 6.4. Variación de la humedad relativa para los 05 estaciones meteorológicas

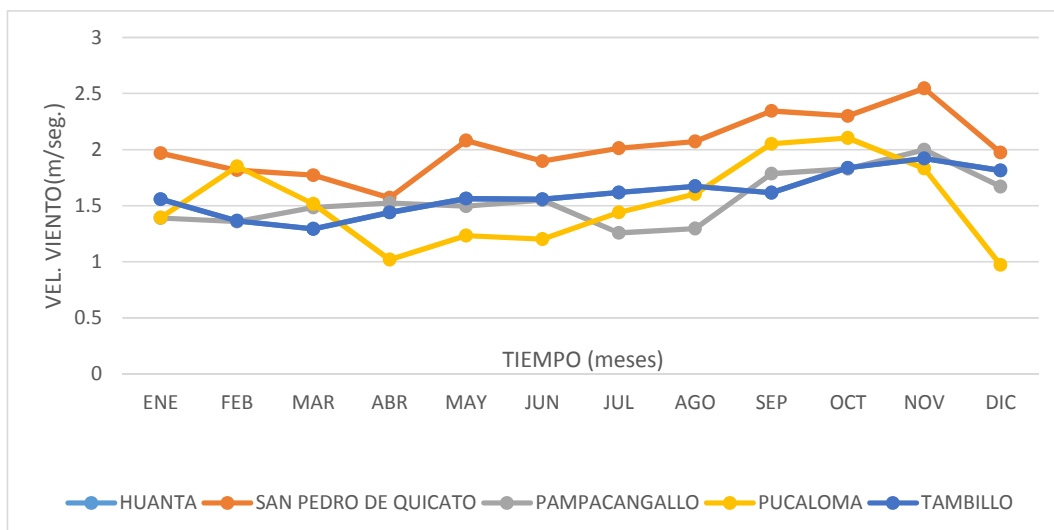


Figura 6.5. Variación de la velocidad de viento de los 05 estaciones meteorológicas

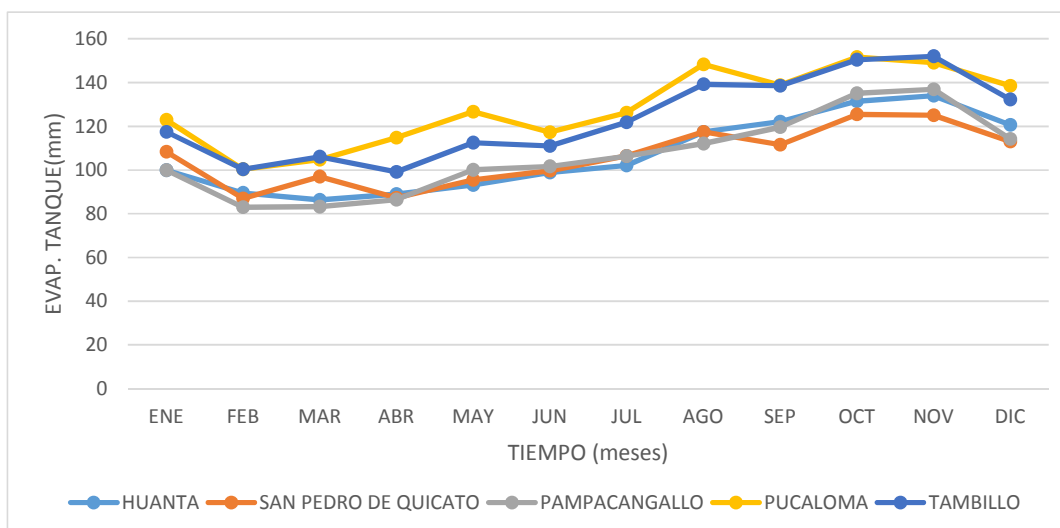


Figura 6.6. Variación de evaporación de tanque de los 05 estaciones meteorológicas

En el Sistema Hidráulico Menor Cachi Zona Baja las temperaturas medias son variables entre 19°C a 15°C en las partes bajas y entre 12 a 9°C en las partes altas.

Con la finalidad de realizar el análisis estadístico de los datos de precipitación, se realizó el análisis visual gráfico de la serie histórico y la gráfica de la curva de doble masa para los cuatro estaciones meteorológicas correspondientes (Huanta, San Pedro de Quicato, Pampacangallo, Pucaloma, Tambillo) en la cual se observa que la estación meteorológica San Pedro de Quicato es dudosa por presentar valores

muy altos para el periodo del año 2001 al 2003, como se observa en las figuras 3.7 y 3.8.

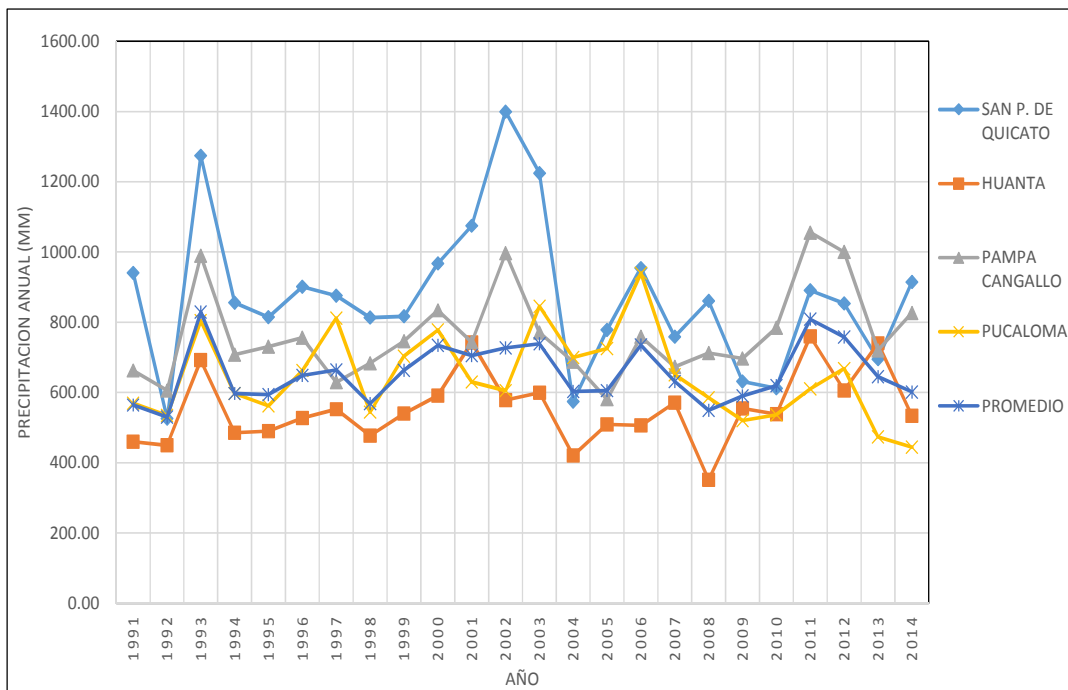


Figura 6.7. Serie histórica de la precipitación anual de los 05 estaciones meteorológicas.

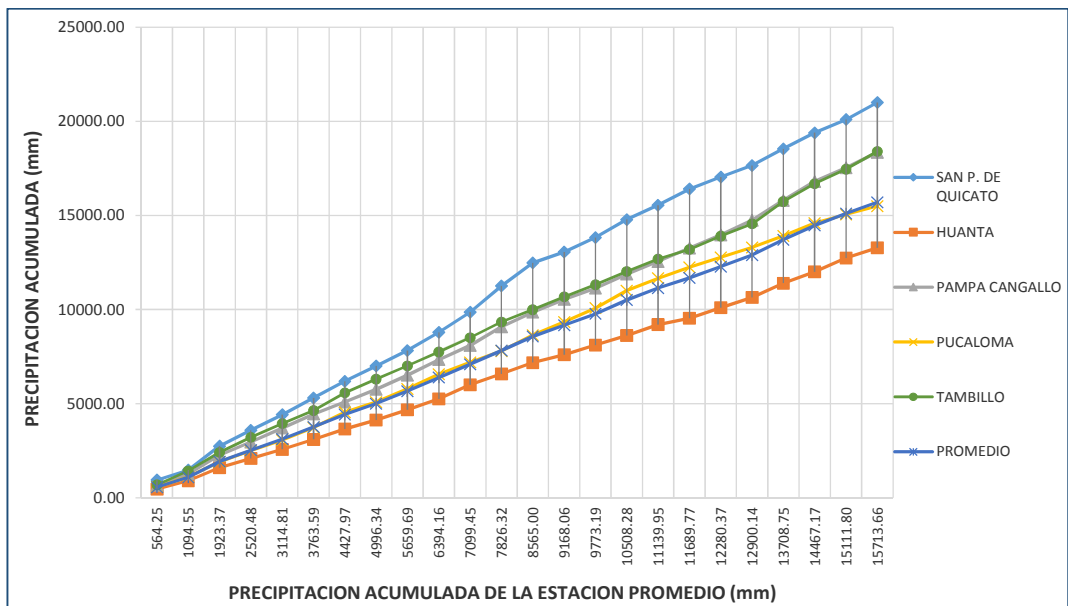


Figura 6.8. Curva de análisis doble masa de la precipitación anual de las 05 estaciones meteorológicas.

3.2.2 Análisis estadístico

En la Tabla 3.2, se observa los resultados de análisis de consistencia de la media y consistencia de la desviación estándar, según los resultados obtenidos no es necesario la corrección de la información obtenida de la estación meteorológica de San Pedro de Quicato.

El proceso de análisis gráfico y cálculo estadístico, se observa en el anexo 02, en la cual se determina los indicadores estadísticos para la validación respectiva de la información.

Tabla 6.2. Resultado de análisis estadístico de la precipitación anual de la estación meteorológica de San Pedro de Quicato.

ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE LA MEDIA			
Tc calculado	Tt (95%) Tabla	Comparacion	observacion
0.398	1.962	$T_c < T_t$	No se debe hacer correccion
ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR			
Fc Calculado	Ft (95%) Tabla	Comparación	observacion
1.0136926	1.45	$F_c < F_t$	No se debe hacer correccion

3.3 Determinación de evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o)

3.3.1 Cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o)

En los siguientes figuras 3.9 al 3.13, se observa el resultado del cálculo de evapotranspiración del cultivo de referencia para las estaciones meteorológicas: San Pedro de Quicato, Huanta, Pampa Cangallo, Pucalloma y Tambillo determinados por los métodos: Hargreaves (en función de la humedad relativa y temperatura), Hargreaves (en función de la temperatura), Penman Monteith – FAO, Blaney y Criddle, donde los valores obtenidos son variados significativamente para los meses de

septiembre a abril y se aproximan mejor para los meses de mayo a agosto en todas las estaciones mencionados.

El resultado y el procedimiento de cálculo de los métodos de determinación evapotranspiración del cultivo de referencia se observa en los anexos 03 a 08 por cada estación meteorológica respectivamente.

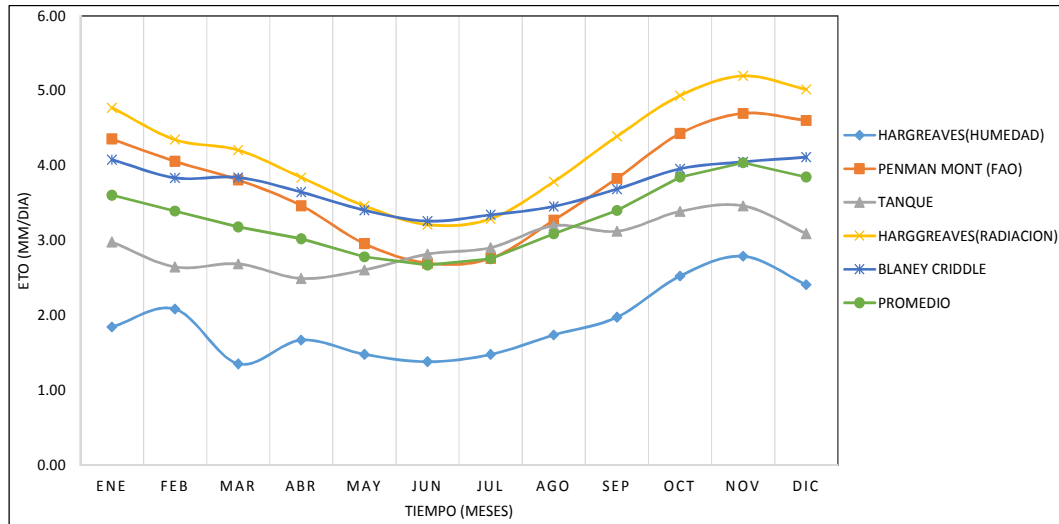


Figura 6.9. Evapotranspiración del cultivo de referencia mensual de la estación meteorologica San Pedro Quicato determinado por 05 metodos.

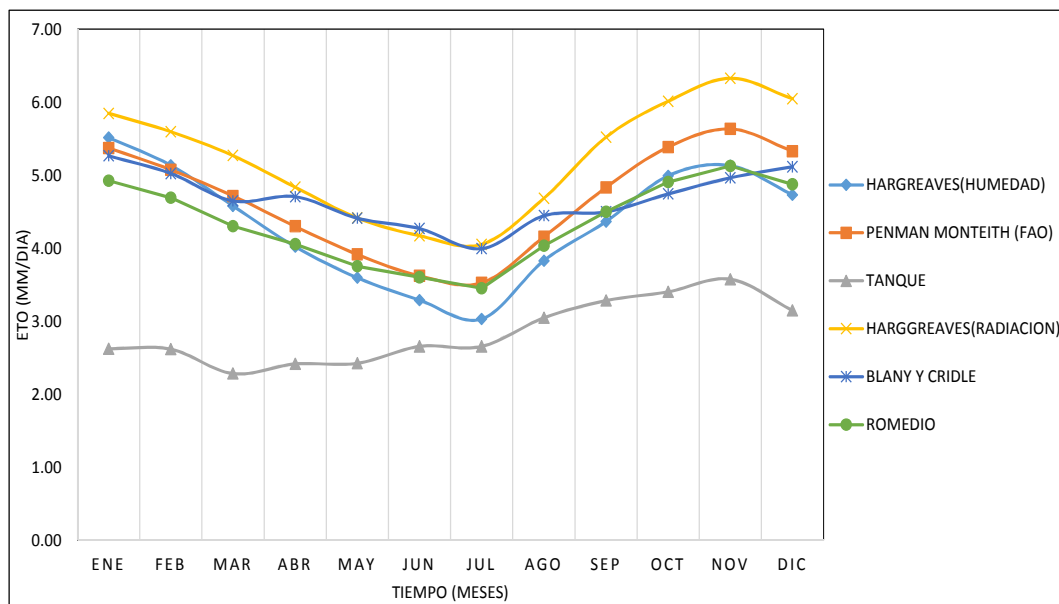


Figura 6.10. Evapotranspiración del cultivo de referencia mensual de la estación meteorológica Huanta, determinado por 05 métodos.

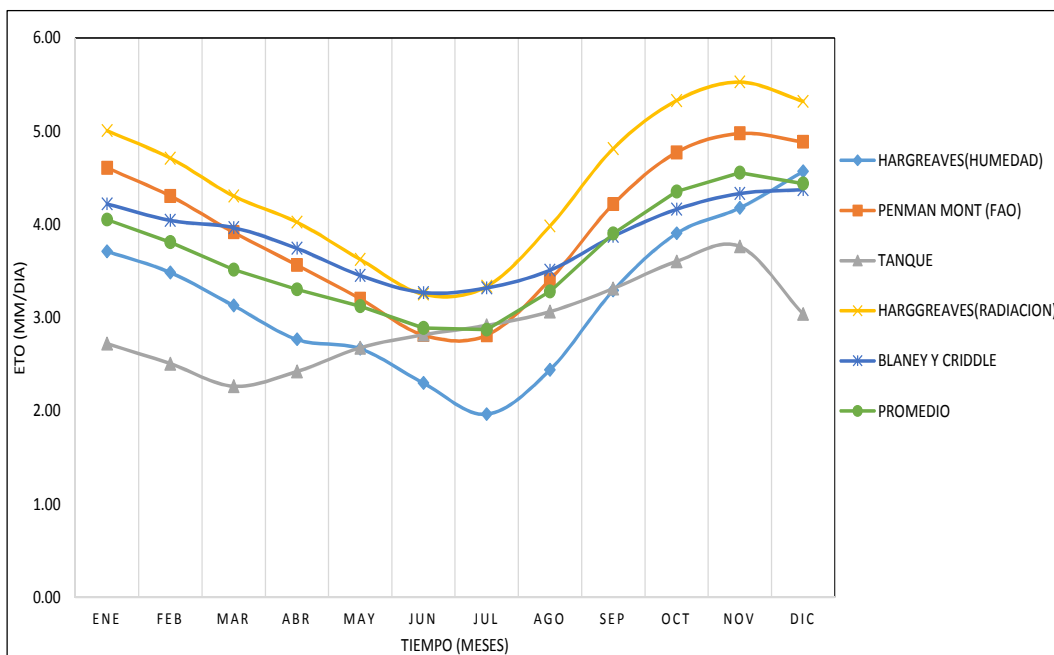


Figura 6.11. Evapotranspiración del cultivo de referencia mensual de la estación meteorológica Pampa Cangallo, determinado por 05 métodos.

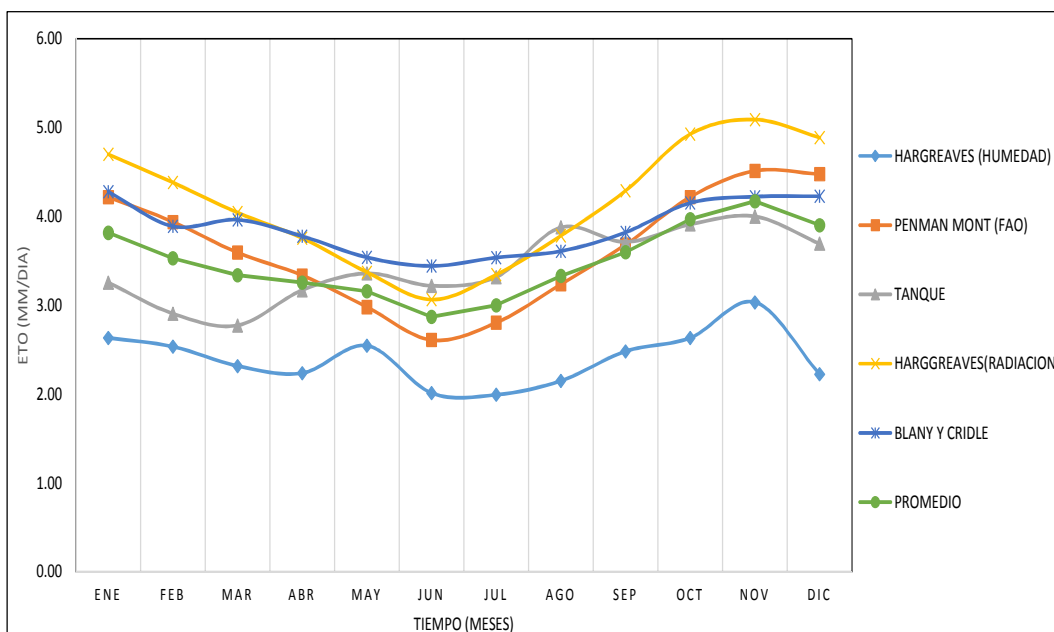


Figura 6.12. Evapotranspiración del cultivo de referencia mensual de la estación meteorológica Pucaloma, determinado por 05 métodos.

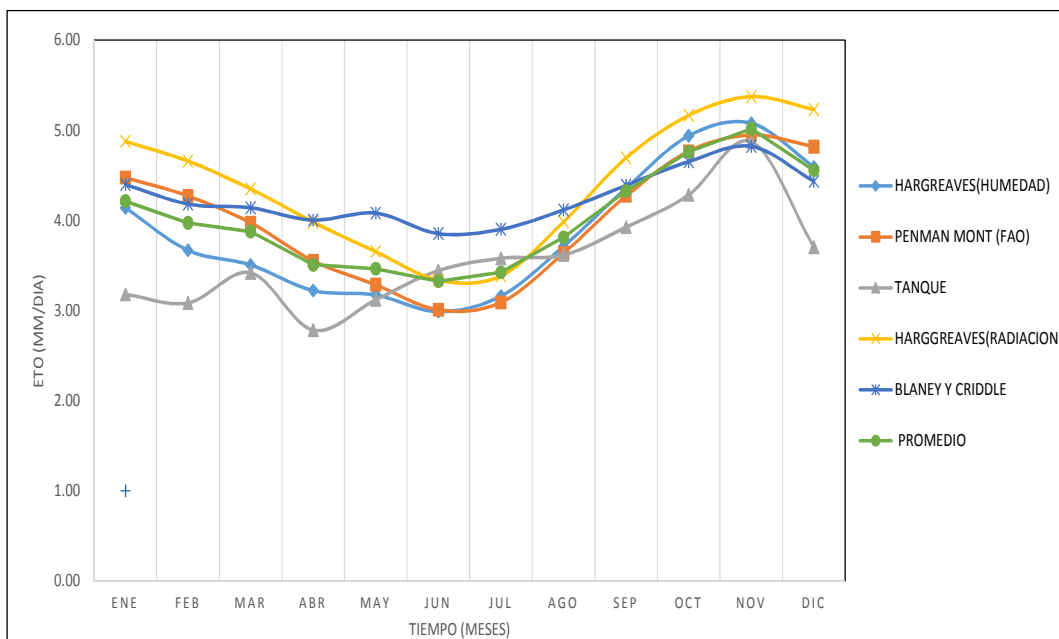


Figura 6.13. Evapotranspiración del cultivo de referencia mensual de la estación meteorológica Tambillo, determinado por 05 métodos.

3.3.2 Selección del método de cálculo de evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo)

En el siguiente tabla 3.3, se observa el error relativo en porcentaje (%), que tiene los métodos de determinación de la ETo: Hargreaves (en función de la humedad relativa y temperatura), Hargreaves (en función de la temperatura), Penman Monteith – FAO, Blaney y Criddle, respecto a su promedio, para cada una de las estaciones meteorológicas, donde los valores de error es mínima que varía de 8.76% a 11.79% para el método Penman Monteith – FAO, y otros métodos varía de 11.17% a 45.22% por lo tanto es el método seleccionado para la determinación de la demanda de agua de los cultivos del Sistema Hidráulico Menor Cachi, Zona Baja.

El procedimiento de cálculo del error relativo se siguió de acuerdo a la metodología mostrada del ítem 2.3.3, y el procedimiento de determinación se muestra en las hojas de cálculo de los anexos 03 al 07

Tabla 6.3. Error relativo (%) de los metodos de determinación de la ETo respecto al promedio

Estacion meteorológica	Hargreaves (humedad)	Hargreaves (radiacion)	Penman Monteith	Tanque	Blany y Cridle
San Peddro de Quicato	39.83	24.74	11.63	11.27	12.53
Huanta	7.34	26.38	8.76	45.22	12.30
Pampa Cangallo	20.64	29.04	11.16	27.98	11.17
Pucaloma	40.58	23.09	9.53	12.09	14.71
Tambillo	13.39	23.37	11.79	30.77	20.68

3.3.3 Cálculo de evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) con el método seleccionado

En la traba 3.5 se observa el resultado del calculo de la evapotranspiracion del cultivo de referencia (ETo), determinados por el método Penman Monteith – FAO, por cada estación meteorológica y teniendo cuenta la ubicación altitudinal, donde los valores mínimos de ETo es de la estación meteorológica San Pedro de Quicato a 3497msnm que varía de 142.67 mm/mes a 80.89 mm/mes y los máximos valores de la ETo es de la estación meteorológica Huanta a 3722 msnm que varía de 168.87mm/mes a 108.01 mm/mes y el procedimiento del cálculo se observa en las hojas de cálculo de del anexo 13.

Tabla 6.4. Resultado de evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) determinados por el método Penman Monteith – FAO

ESTACION METEOROLOG	COTA (msnm)	UNIDAD	MESES											
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
SAN PEDRO DE QUICATO	3497	mm/mes	134.96	113.53	118.05	103.91	91.65	80.89	85.62	101.37	114.85	137.27	140.91	142.67
PUCALOMA	3490	mm/mes	130.74	110.25	111.32	100.06	92.34	78.23	86.88	100.31	110.47	130.74	135.36	138.71
PAMPACANGALLO	3375	mm/mes	143.10	120.75	121.61	107.06	99.18	84.28	87.24	105.76	126.64	148.12	149.47	151.52
TAMBILLO	3343	mm/mes	138.68	119.54	123.15	106.52	101.85	90.23	95.80	112.70	128.13	147.73	148.40	149.34
HUANTA	2722	mm/mes	166.27	141.91	146.00	128.64	120.75	108.01	108.86	128.26	144.69	166.69	168.87	165.23

3.3.4 Redistribución altitudinal de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo)

En la tabla 3.5 se observa el resultado de la redistribución de la ETo a tres pisos altitudinales, donde la zona baja tiene mayor evapotranspiración que varía de 142.44mm/mes a 80.64mm/mes y la zona alta menor evapotranspiración que varía de 169.91mm/mes a 109.03mm/mes y el procedimiento del cálculo se observa en las hojas de cálculo de del anexo

Tabla 6.5. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) redistribuido a tres pisos altitudinales.

PISO ALTITUDINAL	COTA (msnm)	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ALTA	3510.01	mm/mes	134.70	113.28	117.85	103.73	91.33	80.64	85.37	101.09	114.51	136.97	140.65	142.44
MEDIA	3106.00	mm/mes	142.96	121.38	124.23	109.41	101.33	88.50	93.02	109.85	125.13	146.30	148.78	149.64
BAJA	2702.00	mm/mes	167.49	142.98	147.13	129.64	121.76	109.03	109.68	129.22	145.71	167.75	169.91	166.05

3.4 Determinación de la demanda neta del agua para un periodo vegetativo de los cultivos

3.4.1 Resultado de demanda neta de agua de los cultivos por comités de riego

La demanda neta de agua de los cultivos se observa en la tabla 3.6, determinado para los 105 comités de riego, teniendo en cuenta,

tres pisos altitudinales(PA) alta, media y baja, para la campaña chica donde el máximo demanda tiene el comité de riego Casaorcco perteneciente al comisión de riego Alameda Carmen Alto, que varía de 7 392.02 m³/mes a 188 780.55 m³/mes y un total de 962 902.70 m³/campaña.

Tabla 6.6. Resultado de demanda neta del agua para un periodo vegetativo de los cultivos por comisión y comité de riego.

COMISIÓN DE RIEGO	COMITÉ DE RIEGO	PISO ALTIT	DEMANDA DE AGUA DE LOS CULTIVOS (10 ³ m ³ /mes)												TOTAL
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
ACOCRO	PAMPAMARCA	ALTA	0.00	0.00	0.40	1.08	16.12	28.36	43.23	58.89	64.27	60.06	37.66	5.64	315.72
	CCFCMCRUIZ	ALTA	0.00	0.00	0.06	0.45	13.40	17.79	27.68	42.03	47.73	29.98	19.61	8.99	207.71
	ACOCRO	MEDIA	21.76	11.57	6.77	6.43	13.12	24.19	36.50	48.21	52.42	41.75	32.85	27.43	323.01
	PUJMAPUQUJO	ALTA	0.00	0.00	0.96	2.38	10.86	29.11	54.10	83.04	102.84	105.36	85.36	35.12	509.12
	CCOCHANI	MEDIA	0.12	0.06	0.10	0.17	4.12	5.42	8.17	9.75	8.72	2.23	0.25	0.17	39.27
ALAMEDA CARMEN ALTO	CASAORCCO	MEDIA	14.26	7.39	11.47	24.59	64.53	104.36	144.05	188.78	179.34	136.14	65.88	22.10	962.90
	QUICAPATA ACCOERA	MEDIA	8.05	4.37	6.53	11.35	15.17	19.21	23.21	31.04	32.00	29.12	21.01	11.08	212.14
	CAMPANAYOCC	ALTA	0.00	0.00	0.85	2.13	8.77	18.11	28.36	43.43	49.25	38.95	24.04	5.42	219.31
	YANAMA	MEDIA	11.45	5.98	9.22	16.65	31.58	37.06	47.02	57.48	54.22	38.87	28.01	16.17	353.72
	HUARPA ÑAHUINPUQUJO	MEDIA	10.40	5.31	8.37	15.81	21.68	22.47	24.50	28.54	28.07	25.46	23.35	14.74	228.71
	TAMBOPUQUJO - CASAORCCO	ALTA	4.19	0.00	1.93	7.10	9.44	16.91	25.16	46.05	56.03	60.01	56.41	23.37	306.61
	TAMBOPUQUJO- SOCOS	ALTA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CAYRAMAYO	NIÑO JESUS DE ÑOJUE	BAJA	11.48	7.14	9.93	12.20	20.42	42.13	61.33	73.95	63.77	22.01	19.17	11.11	354.64
	UCHUYPAMPA	MEDIA	5.37	2.71	4.31	7.86	10.61	36.17	51.61	81.45	86.51	73.79	30.01	8.14	398.52
	HUATATAS MARGEN DERECH	BAJA	4.54	2.82	3.93	4.83	5.50	16.35	23.57	31.04	23.73	11.04	6.44	4.39	138.19
	RAYMINA	MEDIA	1.43	0.72	1.15	2.23	26.66	37.44	56.63	67.35	61.05	21.59	2.98	2.00	281.23
	GUAYACONDO	BAJA	41.32	25.67	35.72	43.89	50.03	46.79	46.78	54.69	59.23	60.25	58.59	39.97	562.94
	SANTA BARBARA	BAJA	10.60	6.59	9.16	11.26	18.84	20.35	29.56	37.45	34.73	25.02	15.03	10.25	228.85
	ILLUTACANCHA	ALTA	0.07	0.00	0.11	2.36	12.92	21.60	30.26	40.31	41.91	34.58	18.98	4.33	207.44
	CHILCARAMBA	MEDIA	0.00	0.00	0.00	0.00	1.37	33.02	50.49	81.47	87.02	69.29	11.71	0.00	334.37
	CCACCAWASI	MEDIA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.95	9.12	16.43	17.66	15.53	5.92	0.00	70.61
CCELLO CCACCA HUACHWALLA	CENTRO RANCHA	MEDIA	1.63	0.87	1.32	3.45	6.85	7.93	9.24	9.38	8.51	6.70	4.35	2.27	62.50
	CCORIHUILICA GRANDE	MEDIA	5.21	2.82	4.22	7.23	10.99	11.35	13.56	15.72	12.70	10.41	10.27	7.09	111.57
	CCORIHUILICA CHICO	MEDIA	6.88	3.75	5.55	9.59	14.13	16.99	20.85	25.33	21.24	16.42	15.51	9.93	166.19
	HUAYAUQUJO	MEDIA	6.97	3.83	5.66	9.63	11.77	10.93	11.44	13.04	13.63	13.75	13.58	9.43	123.64
	SACSAMARCA	BAJA	5.93	3.81	5.13	8.35	14.66	18.95	19.31	15.90	9.14	8.41	8.20	5.75	123.55
	SUNCHUPUCRO	BAJA	5.09	3.24	4.41	6.28	14.29	18.27	19.99	14.90	11.02	6.10	5.65	4.94	114.20
	SANTA LUCIA	MEDIA	8.59	4.33	6.90	12.57	15.51	14.33	14.99	17.49	18.19	18.17	17.90	12.02	161.00
	PAUQUIPAMPA - ACCOYLA	MEDIA	11.38	6.25	9.25	15.62	19.05	19.04	20.72	25.65	26.60	25.82	23.57	15.41	218.36
	HUAYRAPATA	MEDIA	2.27	1.22	1.83	3.14	5.66	6.63	8.08	9.79	9.57	7.92	6.72	3.50	66.33
	SAN JOSE DE CHIMPAPUQUJO	MEDIA	3.35	1.83	2.72	4.85	7.77	8.88	10.76	13.06	10.07	7.68	6.89	4.57	82.41
	SAN JUAN DE URAYPAMPA	MEDIA	2.31	1.26	1.88	3.19	5.48	6.71	8.78	10.06	8.57	5.08	4.54	3.14	61.01
	LOS LIBERTADORES DE HUAY	MEDIA	9.85	4.97	7.92	14.41	20.00	21.38	25.07	31.11	29.73	26.64	22.28	13.79	227.13
	ACRAYBAMBA	MEDIA	15.74	7.18	7.30	12.22	14.59	13.43	14.06	18.80	23.22	28.73	32.08	22.23	209.57
CHIARA	COCHABAMBA	ALTA	7.63	0.00	1.63	3.99	6.90	7.03	14.66	26.98	38.48	48.72	49.04	31.91	236.96
	CHIARA	ALTA	2.91	0.00	0.00	0.12	2.02	9.73	16.74	30.06	40.99	43.57	42.71	23.29	212.12
	BELLAVISTA	ALTA	1.27	0.00	3.21	8.94	11.15	13.33	20.20	30.23	39.85	41.37	40.97	6.23	216.76
	INTIHUASI	ALTA	1.07	0.00	1.70	6.10	20.02	28.98	36.98	46.83	48.09	35.67	18.54	4.21	248.19
	QUISUAR	ALTA	0.00	0.00	0.00	0.00	1.61	4.16	6.15	9.23	10.08	8.71	6.31	0.06	46.31
CHONTACA	QUESERA - QUICATO	ALTA	12.71	1.42	0.00	0.85	1.13	9.55	12.91	25.78	39.85	45.92	54.66	28.13	232.90
	VIRGEN DEL CARMEN DE CHO	ALTA	0.14	0.00	0.23	1.85	10.54	19.79	27.74	40.10	37.27	21.41	16.55	0.96	176.58
	JESUS NAZARENO DE CHONT	ALTA	1.18	0.00	3.47	8.66	11.52	24.25	32.79	53.00	59.50	59.34	52.51	9.93	316.15

Tabla 3.6. (continuación)

COMISIÓN DE RIEGO	COMITÉ DE RIEGO	PISO ALTIT	DEMANDA DE AGUA DE LOS CULTIVOS (10 ³ m ³ /mes)												TOTAL
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
HUALLCAPUCRO	MUTUYALTO	ALTA	0.43	0.00	1.79	5.17	12.10	25.17	35.34	53.53	57.77	51.76	39.43	5.54	288.02
	MARAYVILCA	ALTA	0.22	0.00	0.34	0.85	2.45	18.09	26.74	46.48	51.09	49.39	42.40	2.13	240.17
	HUALLCAPUCRO	ALTA	1.24	0.33	2.32	5.16	6.91	9.14	11.28	15.46	17.04	16.58	14.74	5.61	105.80
	SAN MIGUEL DE MOTOY	MEDIA	0.00	0.00	0.11	4.04	9.92	25.12	36.53	57.10	59.55	46.44	20.45	0.14	259.40
JVA CHUPAS	BASILIO AYOQUI DE CHUPAS	ALTA	0.00	0.00	1.08	3.22	18.13	44.55	64.85	100.45	110.46	104.21	79.03	8.18	534.15
	LAPAPATA POMAYOC	ALTA	0.00	0.00	0.00	0.00	2.14	4.05	11.60	19.91	27.03	26.65	23.19	8.06	122.64
	QUICHKAPATA	ALTA	0.14	0.00	0.80	3.90	15.01	27.57	39.15	56.32	60.31	51.51	34.80	5.96	295.45
	AHUAPUQUJO	ALTA	0.00	0.00	0.11	1.10	2.15	4.96	8.17	13.34	16.05	14.36	10.57	2.80	73.60
LIRIO BELLAVISTA	CHIHUANPATA GUAYACONDO	BAJA	7.15	4.32	6.01	7.38	10.09	10.62	11.44	12.32	11.53	10.77	10.50	7.16	109.29
	TINTE	MEDIA	0.96	0.00	0.00	0.00	34.65	49.26	90.08	108.72	109.82	62.35	21.56	10.01	487.41
	ANTONINAYOC	ALTA	0.00	0.00	0.00	0.00	2.77	11.06	17.21	28.05	30.81	30.03	22.31	0.59	142.82
	CONDORAY	MEDIA	1.14	0.57	0.91	1.66	2.05	37.32	58.89	91.01	96.21	78.90	10.68	1.59	380.93
LLACCTAS	SAN LORENZO DE COCHABAM	MEDIA	24.64	15.20	13.01	10.92	13.23	12.18	16.21	20.93	25.52	38.82	40.36	29.70	260.72
	MAUCALLACCTA	ALTA	8.73	0.00	1.93	7.47	8.86	8.53	10.91	20.46	26.71	30.39	32.00	21.23	177.22
	PUCALOMA	ALTA	10.66	2.22	4.07	8.82	9.12	8.18	9.09	15.83	22.65	26.93	30.17	21.12	168.85
	TAHUANTINSUYO MARCCARI	ALTA	3.73	2.02	2.35	2.90	2.25	1.10	1.66	2.07	4.61	6.19	7.59	6.21	42.68
	YANAYAKU	MEDIA	30.06	8.88	11.59	18.35	21.58	21.86	24.22	39.23	45.19	60.05	61.21	45.95	388.17
	SAN RAFAEL	MEDIA	9.13	3.86	5.04	8.55	10.35	9.53	10.04	11.75	14.13	15.37	16.84	12.62	127.21
	JURAYPARTI	MEDIA	9.24	5.21	6.87	11.22	12.98	12.70	13.65	16.70	17.52	18.50	17.40	12.18	154.19
MAUCALLACCTA CEDRO	CEDRO	MEDIA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	LARAMPUQUJO	ALTA	0.96	0.18	0.51	1.02	1.08	0.98	1.15	1.90	2.52	2.94	2.86	1.71	17.80
	CCOLLICABAMBA	ALTA	0.76	0.14	0.76	1.73	2.34	2.25	2.49	3.14	3.43	3.10	3.01	1.86	25.02
	PAOPAPATA	ALTA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	QUIYA QUIYA	ALTA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SAMANA	ALTA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ACCO CAPI LAPATA	ALTA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SAN RAFAEL	ALTA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	LUYANTA	ALTA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SAPSI	ALTA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
MOLINUYOC	TANCAYILO	MEDIA	1.07	0.54	0.86	1.75	6.41	12.50	17.38	24.82	24.40	15.68	7.37	1.50	114.28
	SANTA ROSA DE HUATATAS	BAJA	8.00	4.97	6.92	8.81	16.67	19.41	21.74	19.91	15.49	10.56	11.35	7.74	151.57
	SAN FCO. DE ORCCOHUASI	ALTA	0.00	0.00	0.00	0.00	6.63	9.53	15.88	19.38	20.70	18.47	6.70	0.00	97.29
	PUCARA	MEDIA	1.07	0.54	0.86	1.57	20.88	33.47	53.34	66.48	65.32	37.23	4.84	1.50	287.11
SECCELAMBRAS - PUCUHUILLCA	CARHUASCHOCCE	MEDIA	6.30	3.18	5.06	9.22	39.62	50.98	74.44	87.72	82.15	38.19	13.27	8.82	418.95
	ACCO	MEDIA	5.73	1.48	1.63	5.38	12.94	17.64	25.05	36.64	37.92	38.19	34.00	17.15	233.75
	SAN LUCAS DE CHICCHICAN	ALTA	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	2.45	3.70	7.05	7.67	7.19	6.18	0.41	34.78
	PUCUHUILLCA	ALTA	0.00	0.00	0.00	0.08	1.82	10.48	18.48	31.78	37.67	36.98	30.82	5.30	173.40
	LECHECCOCHA	ALTA	0.00	0.00	0.25	0.85	1.33	5.46	9.28	17.27	20.83	22.01	20.06	5.24	102.58
	PALLCCAYAKU	BAJA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	UCHUYACCO	MEDIA	1.55	0.78	1.25	2.27	5.84	7.99	11.21	13.78	13.28	7.46	3.23	2.17	70.81
	TRIGOLOMA PUCUTO	ALTA	2.37	0.00	0.05	0.00	0.85	3.00	6.73	12.71	18.10	20.00	19.83	10.04	93.69
	SECCELAMBRAS	ALTA	0.00	0.00	0.14	0.85	1.36	1.88	8.37	15.59	24.03	27.40	27.39	16.35	123.37
PANTIPAMPA	ALTA	0.00	0.00	0.34	3.12	31.50	66.48	103.34	147.99	166.07	153.20	104.11	20.87	797.01	

Tabla 3.6. (continuación)

COMISIÓN DE RIEGO	COMITÉ DE RIEGO	PISO ALTIT	DEMANDA DE AGUA DE LOS CULTIVOS (10 ³ m ³ /mes)												TOTAL
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
SOCOS	AMPUCCASA - ATUROU	ALTA	5.58	1.05	0.89	3.11	3.81	4.16	4.96	10.38	14.65	16.15	19.07	13.89	97.69
	CRUZ CCASA	ALTA	11.22	6.74	10.55	11.51	12.04	4.52	5.03	6.02	7.57	16.75	19.98	18.00	129.94
	OLUSIARPAMPA	ALTA	0.46	0.00	0.09	0.45	0.59	0.75	2.54	3.79	4.95	5.33	5.21	3.24	27.41
	PACURIL	ALTA	0.00	0.00	1.76	4.38	5.78	7.47	17.94	25.90	34.63	37.36	36.20	20.26	191.69
	CCELLOCCACCA - ORCCOPI	ALTA	4.49	0.09	0.74	1.64	2.02	2.28	3.22	7.47	10.65	12.15	13.28	9.15	67.19
	ORCCOTA	ALTA	4.83	0.00	0.60	2.42	3.34	4.87	13.15	22.28	30.14	33.05	32.72	20.90	168.30
	MIRPIS MATARCCOCHA	ALTA	0.89	0.12	1.23	7.34	14.15	17.89	20.06	23.53	22.18	14.29	8.54	2.61	132.82
	SAN FELICOR	ALTA	10.80	2.51	1.47	5.14	4.19	4.26	7.41	14.87	25.17	28.49	31.93	22.52	158.75
TAMBILLO	CCACCAÑAN	BAJA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.03	10.73	16.47	16.55	5.63	0.00	0.00	56.41
	ALTO ANDINO	ALTA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.86	25.57	47.59	52.90	46.95	18.54	0.05	207.46
	PINAO	ALTA	0.00	0.00	0.00	0.00	3.90	13.88	27.04	43.47	53.08	52.78	42.17	9.92	246.25
	MUSUCALLPA	MEDIA	0.00	0.00	0.00	0.00	32.73	48.36	76.09	96.42	95.82	56.50	15.88	0.50	422.30
	SANTA CRUZ DE CCECHCCA	MEDIA	0.00	0.00	0.00	0.00	13.25	47.13	75.15	113.70	118.91	90.45	29.45	1.64	489.70
	YANAMILLA	BAJA	0.00	0.00	0.00	20.82	47.83	68.57	71.24	49.13	7.42	0.00	0.00	0.00	265.00
	YANAMA TRANCA	MEDIA	0.00	0.00	0.00	0.00	29.09	39.96	65.15	77.66	74.25	34.97	2.89	0.00	323.98
	PACUARO	BAJA	2.81	1.75	2.43	3.29	20.86	26.25	41.35	47.51	31.47	4.56	3.99	2.72	188.98
	TAMBOBAMBA	MEDIA	0.60	0.30	0.48	0.87	10.35	22.73	34.32	46.48	46.22	28.43	7.03	0.83	198.65
	VIOLETA VELASQUEZ	BAJA	0.87	0.54	0.75	0.92	1.05	22.83	32.96	56.73	52.62	27.84	1.23	0.84	199.17
	ALANVA	MEDIA	0.02	0.00	0.00	0.00	3.88	14.52	27.16	45.11	52.37	46.77	25.95	4.30	220.06
	TAMBILLO	MEDIA	0.53	0.00	0.51	2.69	6.79	29.49	44.39	70.33	72.65	61.60	23.46	1.98	314.41

3.4.2 Resultado de la demanda neta de agua de los cultivos a nivel de las comisiones

En la figura 3.14. se observa la variación de la demanda neta de agua de los cultivos a nivel de las comisiones de riego, donde el mayor demanda tiene la comisión de riego Tambillo con 3132.36 mil m³/campaña, mientras el menor demanda de agua tiene la comisión de riego Maucallaccta Cedro con 42.82 mil m³/campaña.



Figura 6.14. Variación de la demanda de agua de los cultivos a nivel de las comisiones de riego

3.4.3 Resultado de la demanda de agua de los cultivos del Sistema Hidráulico Menor Cachi, Zona Baja

En la figura 3.15. se observa la variación de la demanda de agua de los cultivos del Sistema Hidráulico Menor Cachi, Zona Baja, donde la máxima demanda alcanza a 3834581.52 m³/mes para el mes de septiembre y la mínima es de 194663.02 m³/mes para el mes de febrero y un total de 20874779.03 m³/campaña.

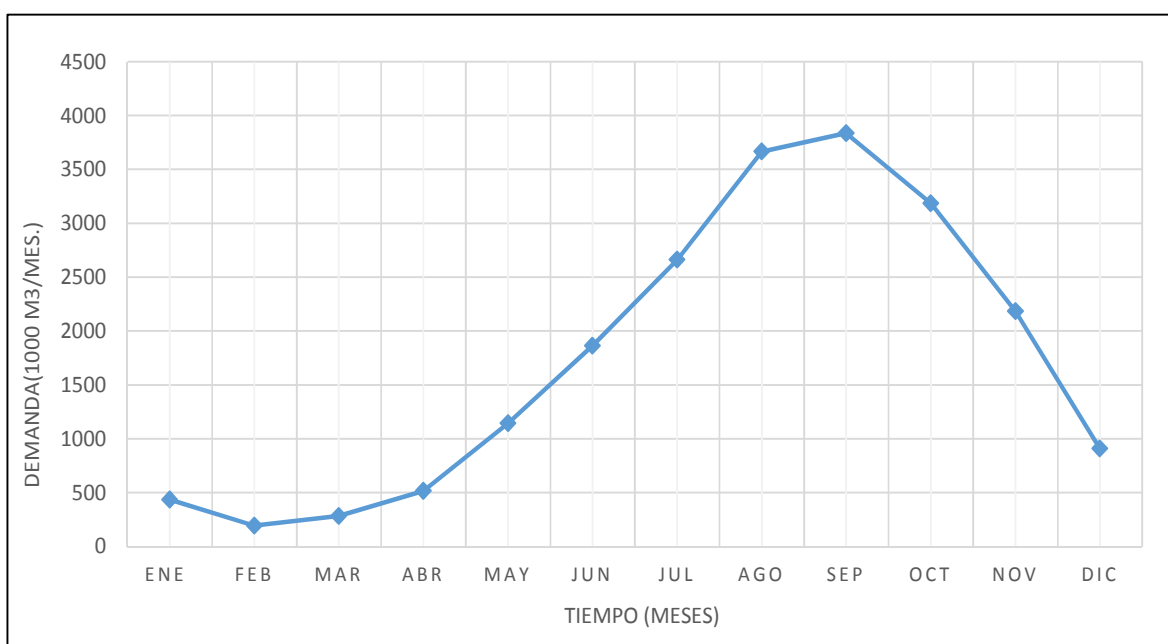


Figura 6.15. Variación de la demanda de agua de los cultivos del Sistema Hidráulico Menor Cachi, Zona Baja

IV. DISCUSIÓN

4.1 De la intención de siembra

- En la figura 4.1 se observa la distribución porcentual (%) de la intención de siembra por tipos de cultivos del Sistema Hidráulico Menor Cachi, Zona Baja, donde la mayor porcentaje de la intención de siembra ocupa el cultivo de papa con 50.06% respecto al total de los cultivos, mientras el menor porcentaje es el cultivo de trigo con 0.21% de la intención de siembra respecto al total de los cultivos.

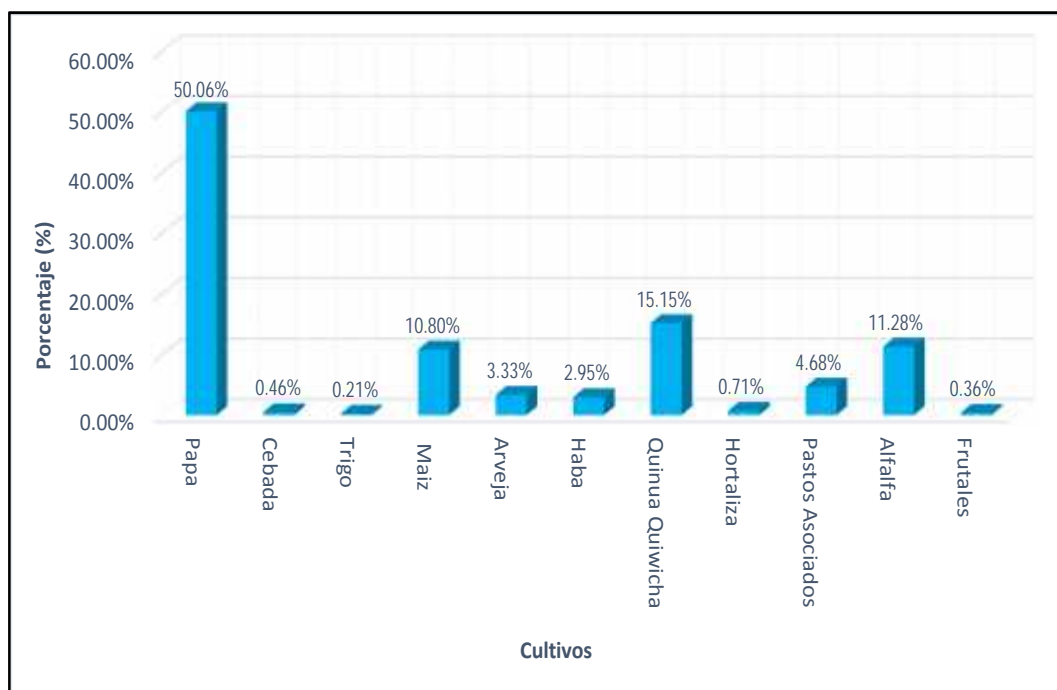


Figura 8.1. Distribución porcentual (%) de la intención de siembra por tipos de cultivos del Sistema Hidráulico Menor Cachi, Zona Baja

En el siguiente tabla 4.1, se comparan los resultados de intención de siembra obtenidos en el presente trabajo de investigación y el resultado de la Encuesta Nacional de Intenciones de la Siembra Campaña Agrícola 2015-2016 de la provincia Huamanga, realizado por La Dirección de Estadística Agraria de la Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI-DGESEP-DEA), donde las diferencias son máximas para los cultivos de papa, cebada y quinua, mientras para los cultivos de arveja y haba las diferencias son mínimas. Una de las razones de estas diferencias se debe a la extensión de siembra bajo riego en la zona de estudio hasta por dos campañas y la extensión de siembra bajo secano en de siembra en zonas fuera del área de estudio solamente una campaña principalmente los cultivos de papa, maíz y quinua.

Tabla 8.1. Comparación de los resultados de la intención de siembra

Tipos de cultivos	Sistema hidráulico menor Cachi Zona baja - Trabajo de investigación		Provincia Huamanga - MINAGRI- DGESEP-DEA		Diferencia (%)
	(Has.)	(%)	(Has.)	(%)	
Papa	1765.579	60.34%	3881	26.72%	33.62%
Cebada	16.359	0.56%	2508	17.26%	-16.71%
Trigo	7.574	0.26%	1754	12.07%	-11.82%
Maiz	381.077	13.02%	293	2.02%	11.01%
Arveja	117.3465	4.01%	320	2.20%	1.81%
Haba	103.89	3.55%	1030	7.09%	-3.54%
Quinua Quiwicha	534.332	18.26%	4741	32.64%	-14.38%
TOTAL	2926.1575	100.00%	14527	100.00%	0.00%

Según la figura 4.1 y el tabla 4.1 del resultado, se observa que la intención de siembra es variado por tipo, fecha de siembra y periodo vegetativo esto se debe a la diferencia de pisos altitudinales significativas que existe en esta zona de estudio, las mismas se evidencia con la entrevista de campo (ver el anexo 20, fichas de entrevistas de campo) y la mapa de su sectorización (ver el anexo 21, mapa de subsectorización por pisos altitudinales de los comités de riego).

4.2 Del análisis de consistencia de informaciones de datos meteorológicos

- Según la figura 3.3 al 3.6, se observa el comportamiento de los variables meteorológicos que tiene una tendencia similar para el periodo estimado, esto se debe a que las estaciones meteorológicas en estudio son vecinas y pertenecen a una misma cuenca con características climáticas similares. Así mismo, las informaciones son consistentes estadísticamente debido a que se trabajó con las estaciones meteorológicas con registros de informaciones completas, sobre todo de registro de precipitaciones.

4.3 De la determinación de la evapotranspiración del cultivo de referencia(ETo)

- La evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo), según (ALLEN et al., 2006) menciona que dado el mejor comportamiento y consistencia del método FAO Penman-Monteith en el ámbito global, este es el único que se recomienda como método estándar de cálculo. Esto se debe a que existe una elevada probabilidad de que este método prediga correctamente los valores de ETo en una amplia gama geográfica y climática y cuenta con previsiones para su uso en situaciones de falta de datos.

De la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) determinado en el presente trabajo de investigación, el método Penman Monteith – FAO, es el método que más se ajusta a mayoría a las estaciones meteorológicas estudiadas (ver la tabla 1.5). Comprobando de esta manera las recomendaciones realizadas por (ALLEN et al., 2006).

En la figura 4.2 se compara la variación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo), para las estaciones meteorológicas: Andahuaylas – Apurímac determinado por (VÁSQUEZ, 2000) utilizando el método de Hargreaves (en función de humedad relativa), Kayra – Cusco determinado por (OLARTE, 1987) utilizando el método de Hargreaves (en función de radiación) y Tambillo – Ayacucho determinado por el método en el presente trabajo de investigación, donde se observa que la ETo de las estaciones meteorológicas de Andahuaylas y tambillo tienen una tendencia similar en todo el año, coincidiendo los valores para los meses de octubre a enero, mientras la ETo de la estación meteorológica de Kayra se aproxima mejor a la estación meteorológica de tambillo en los meses de abril, mayo, junio y julio, en los demás meses difiere significativamente, sin embargo las tres estaciones meteorológicas dan resultados distintas en los demás meses.

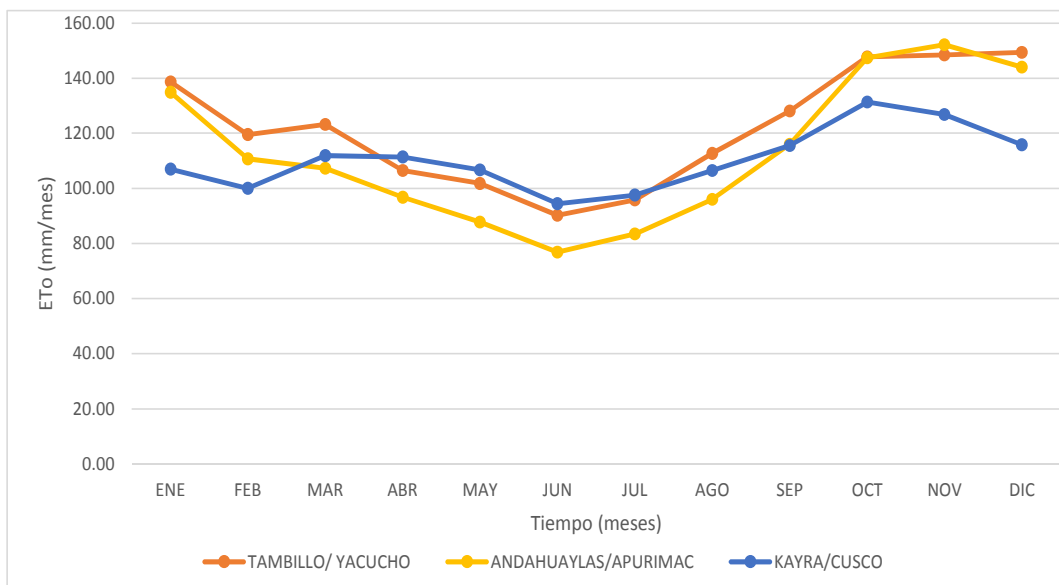


Figura 8.2. Variación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo), para diferentes regiones

Por otro lado en la figura 4.3, se compara la variación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo), para las estaciones meteorológicas San Pedro de Quicato, Huanta, Pampacangallo, Pucaloma, Tambillo, donde los valores tienen una tendencia similar en todo el año, y se observa que a mayor altitud la ETo es mínima y a menor altitud la ETo es máxima ver la tabla 3.5.

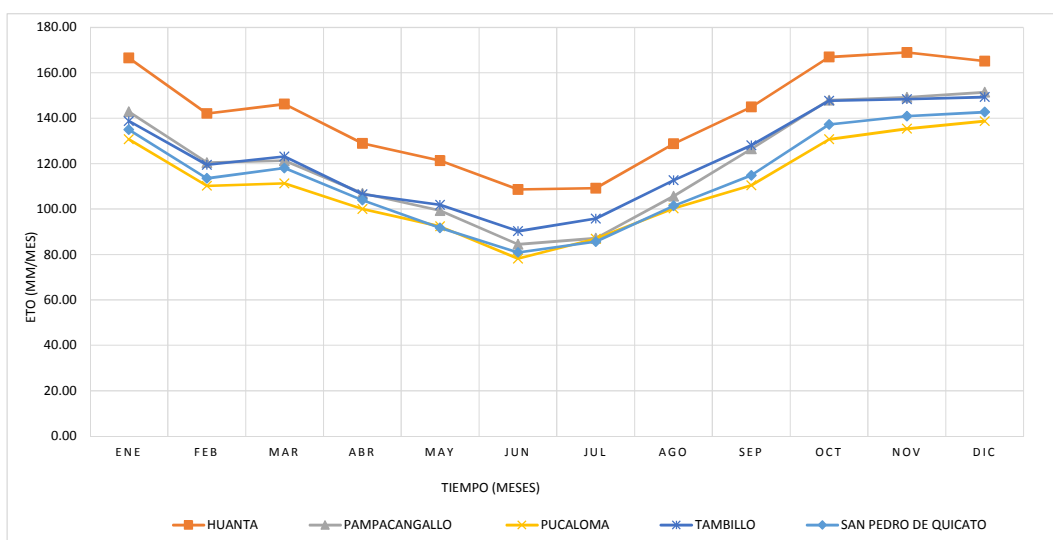


Figura 8.3. Variación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo), para las estaciones meteorológicas vecinas.

4.4 De la determinación de la demanda neta del agua para un periodo vegetativo de los cultivos

- La demanda neta de agua obtenida en el cuadro 3.5 refleja la intención de siembra de los cultivos que empieza en abril y termina la cosecha en el mes de enero principalmente el cultivo de papa. Además los valores es variado por pisos altitudinales esto debido a la variación de precipitación efectiva y la ETo por altitud.

En la siguiente figura 4.4, se compara los resultados de demanda de agua y la intención de siembra mensual en porcentajes (%) de una campaña agrícola, del Sistema Hidráulico Menor Cachi, Zona Baja, donde la máxima demanda de agua de los cultivos es de 18.37% para el mes de setiembre, así como, la máxima intención de siembra de los cultivos es de 13.16% para el mes de agosto. Mientras la mínima demanda de agua de los cultivos es de 0.93% para el mes de setiembre, y la mínima intención de siembra de los cultivos es de 3.11% para el mes de marzo.

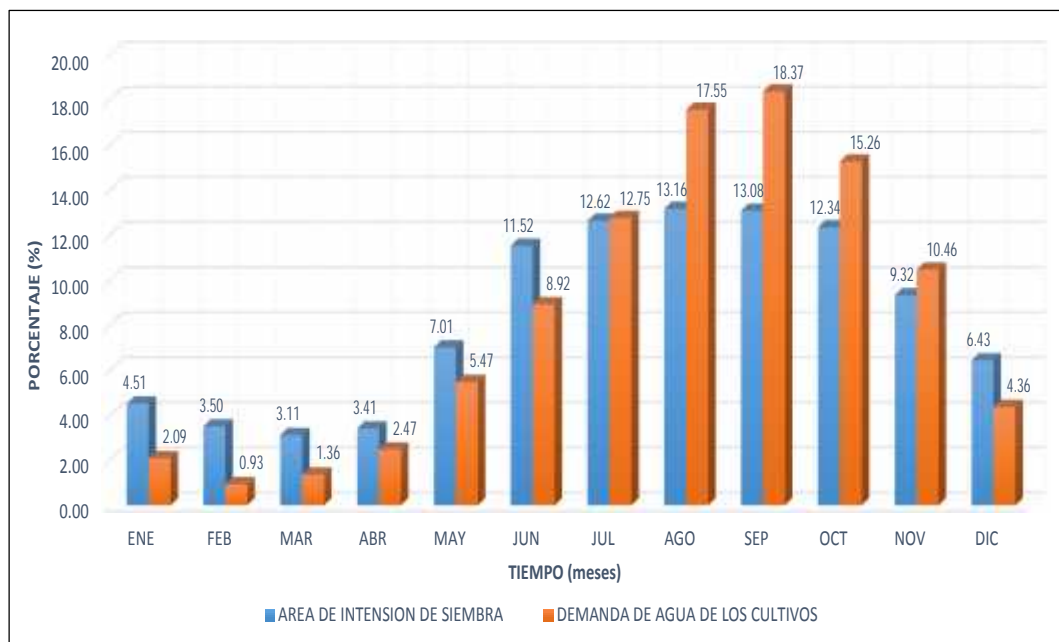


Figura 8.4. Comparación de los resultados de demanda de agua y la intención de siembra mensual en porcentajes (%).

En la siguiente figura 4.5, se compara los resultados de demanda de agua y la evapotranspiración de cultivos de referencia (ETo) en porcentajes

(%), de una campaña agrícola, del Sistema Hidráulico Menor Cachi, Zona Baja, donde se observa que en el mes de septiembre corresponde el 18.37% de la demanda máxima de agua de los cultivos y 8.57% de ETo, mientras para el mes de setiembre 0.93% la demanda mínima de agua de los cultivos, y 8.31% de ETo.

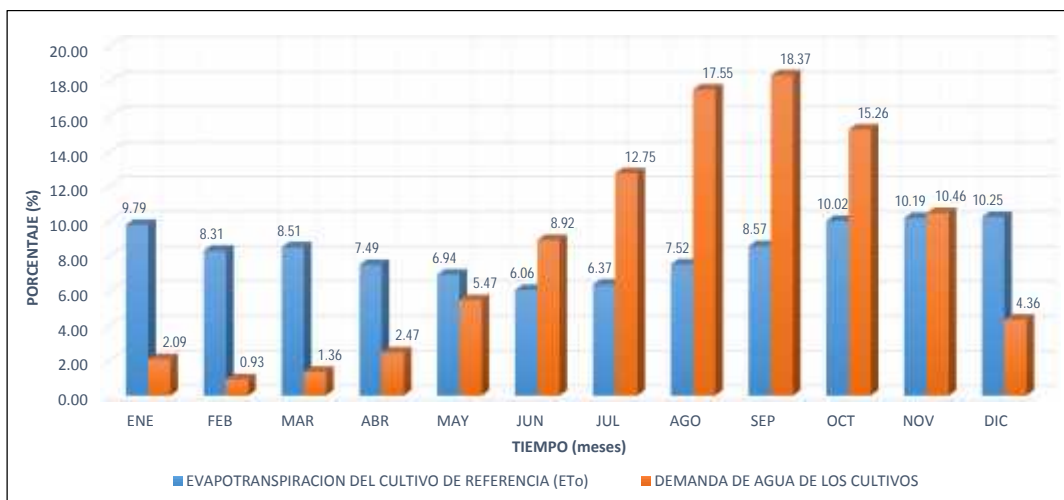


Figura 8.5. Comparación de los resultados de demanda de agua y la evapotranspiración de cultivos de referencia (ETo) en porcentaje (%).

V. CONCLUSIONES

- Se logró obtener la intención de siembra para cada comité de riego, de los cultivos de: papa (1765.58 Has.), cebada (16.359has.), trigo (7.574has.), maíz (381.077has.), arveja (117.3465has.), haba (103.89has.), quinua (534.332has.), hortaliza (25.152has.), pastos asociados (165.185has.), alfalfa (398.016has.) y frutales (12.603has.), donde la mayor intención de siembra es el cultivo de papa con 50.06% respecto al total de los cultivos, y el menor porcentaje es el cultivo de trigo

con 0.21% de la intención de siembra respecto al total de los cultivos. De la figura 3.19, se concluye que a mayor intención de siembra, mayor es la demanda de agua de los cultivos y a menor intención de siembra menor es la demanda de agua de los cultivos, por lo tanto la intención del cultivo influye en el volumen de demanda de agua mensual que varía en todo el periodo vegetativo de los cultivos, en el sector del sistema hidráulico Menor Cachi Zona Baja.

- De la figura 3.3 al 3.6 del resultado de Análisis Gráfico de las variables climatológicas temperatura media, humedad relativa, velocidad de viento, evaporación y precipitación, de las estaciones meteorológicas: San Pedro de Quicato, Huanta, Pampacangallo, Pucalloma y Tambillo, se concluye que la tendencia es similar, sin saltos significativos para el periodo de análisis, y por otro lado, los registros históricos de la precipitación analizado para los periodos dudosos de los años 1992 al 2000 y 2001 al 2014 de la estación meteorológica de San Pedro de Quicato, estadísticamente son iguales y no requieren ninguna corrección, por lo tanto estas informaciones de datos meteorológicos tomados para el cálculo de la demanda de agua de los cultivos para el riego, son completas y consistentes, en el sector del sistema hidráulico Menor Cachi Zona Baja – Ayacucho.

- Se logró determinar la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) utilizando los métodos: Hargreaves (en función de la humedad relativa y temperatura), Hargreaves (en función de la temperatura), Penman Monteith – FAO, Blaney y Criddle, de los cuales según la Tabla 3.3, se selecciona el método Penman Monteith – FAO, que aproxima mejor con 8.76 % a 11.76% de error al valor promedio de los 05 métodos aplicados. Así mismo la ET_o distribuido a tres pisos altitudinales: alta, media y baja. El método Penman Monteith – FAO utiliza las siguientes variables climatológicas: temperatura media, humedad relativa, velocidad de viento, radiación, por tanto el método de estimación de ET_o influye en

el cálculo de la demanda de agua de los cultivos por la disponibilidad y consistencia de información de datos meteorológicos, en el sector del sistema hidráulico Menor Cachi Zona Baja – Ayacucho.

- Se logró determinar la demanda neta del agua de los cultivos del sistema hidráulico Menor Cachi Zona Baja, para el periodo vegetativo de los cultivos de la campaña chica, obteniendo la máxima demanda alcanza a 3 834 581.52 m³/mes para el mes de septiembre y la mínima es de 194 663.02 m³/mes para el mes de febrero y un total de 20 874 779.03 m³/campaña. Así mismo a nivel de las comisiones de riego, donde la máxima demanda es de 3132.36 mil m³/campaña, que corresponde a la comisión de riego Tambillo y la mínima demanda es de 42.82 mil m³/campaña, que corresponde a la comisión de riego Maucallaccta Cedro. De igual manera a nivel de los comités de riego, donde la máxima demanda es de 962.90 mil m³/campaña, que corresponde al comité de riego Casaorcco y la mínima demanda es de 17.80 mil m³/campaña, que corresponde al comité de riego Laranpuquio.

VI. RECOMENDACIONES

- De la intención de siembra de los cultivos obtenido en el presente trabajo de investigación, se recomienda a posteriores investigaciones realizar estudios sobre la demanda de agua por tipos de cultivo principalmente de la papa y quinua por ser estas la mayor intención de siembra de todos los cultivos para la campaña chica periodo 2016.

- De la información de datos meteorológicos para la determinación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o), se recomienda utilizar información de estaciones meteorológicas que tienen como mínimas las siguientes variables: temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y radiación. Las mismas deben estar completas, consistentes y con suficiente periodo de registro.
- Para la determinación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o), se recomienda utilizar el método Penman Monteith – FAO, dentro del margen de la cuenca estudiado, sin embargo es necesario realizar estudios de ajuste, con métodos de mediciones directas.
- Antes de realizar la distribución del recurso hídrico, se recomienda proyectar la demanda neta de los cultivos para realizar balances hídricos y reajustar la intención de siembra para evitar los futuros conflictos sociales, por exceso de la demanda de agua de los cultivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALA AYACUCHO. (2014). Propuesta de la subsectorización del Sistema Hidráulico Cachi - Zona Baja. Ayacucho.

ALLEN, R. G., PEREIRA, L. S., RAES, D., & SMITH, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO de Riego y Drenaje N° 56. Roma.

BENITES, C. A. (2001). Sistemas hidráulicos de riego. Arequipa - Perú.

CARRAZÓN, J. (2007). Manual práctico para el diseño de sistemas de miniriego. Honduras.

CHOW, V. T., MAIDMENT, D. R., & MAYS, L. W. (1994). Hidrología aplicada. Bogotá.

CISNEROS, R. (2003). Apuntes de la materia de riego y drenaje. México.

DOOREMBOS, J., & PRUITT, W. O. (1976). Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio FAO de Riego y Drenaje N° 24. Roma.

FUENTES, J. L., & GARCÍA, G. (1999). Técnicas de riego. Sistemas de riego en la agricultura. México.

GARCIA, E. (2009). Manual práctico de pequeñas irrigaciones. Lima - Perú.

GONZÁLEZ, F., HERRERA, J., HERNÁNDEZ, O., LÓPEZ, T., & CID, G. (2012). Base de datos sobre necesidades hídricas. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 21(2), 42–47. Retrieved from http://scielo.php?script=sci_arttext&pid=&lang=pt.

ÍÑIGUEZ, M., OJEDA, W., & ROJANO, A. (2011). Metodología para la determinación de la evapotranspiración integrada y la capacidad de canales en una zona de riego. Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo, 43(2), 175–191.

LINSLEY, R. K., KOHLER, M. A., & PAULUS, J. L. H. (1977). Hidrología para ingenieros (Segunda ed). Colombia.

OLARTE, W. (1987). Manual de riego por gravedad. Lima - Perú.

PIZARRO, F. (1996). Riegos localizados de alta frecuencia. España.

SANTIAGO, S., ARTEAGA, R., SANGERMAN, D. M., CERVANTES, R., & NAVARRO, A. (2012). Evapotranspiración de referencia estimada con

Fao-Penman-Monteith, Priestley-Taylor, Hargreaves y RNA. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 3(8), 1535–1549. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000800005&lng=es&tlng=es.

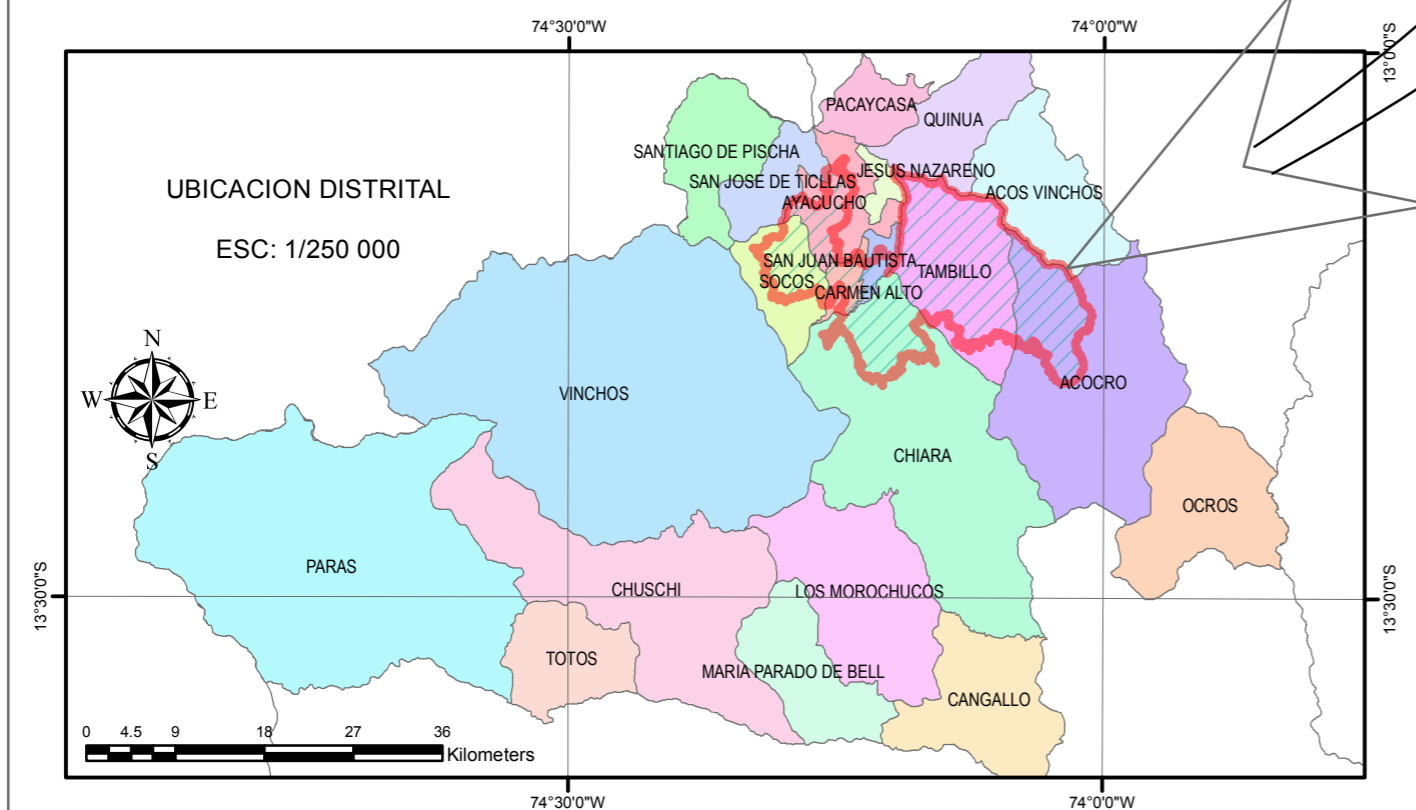
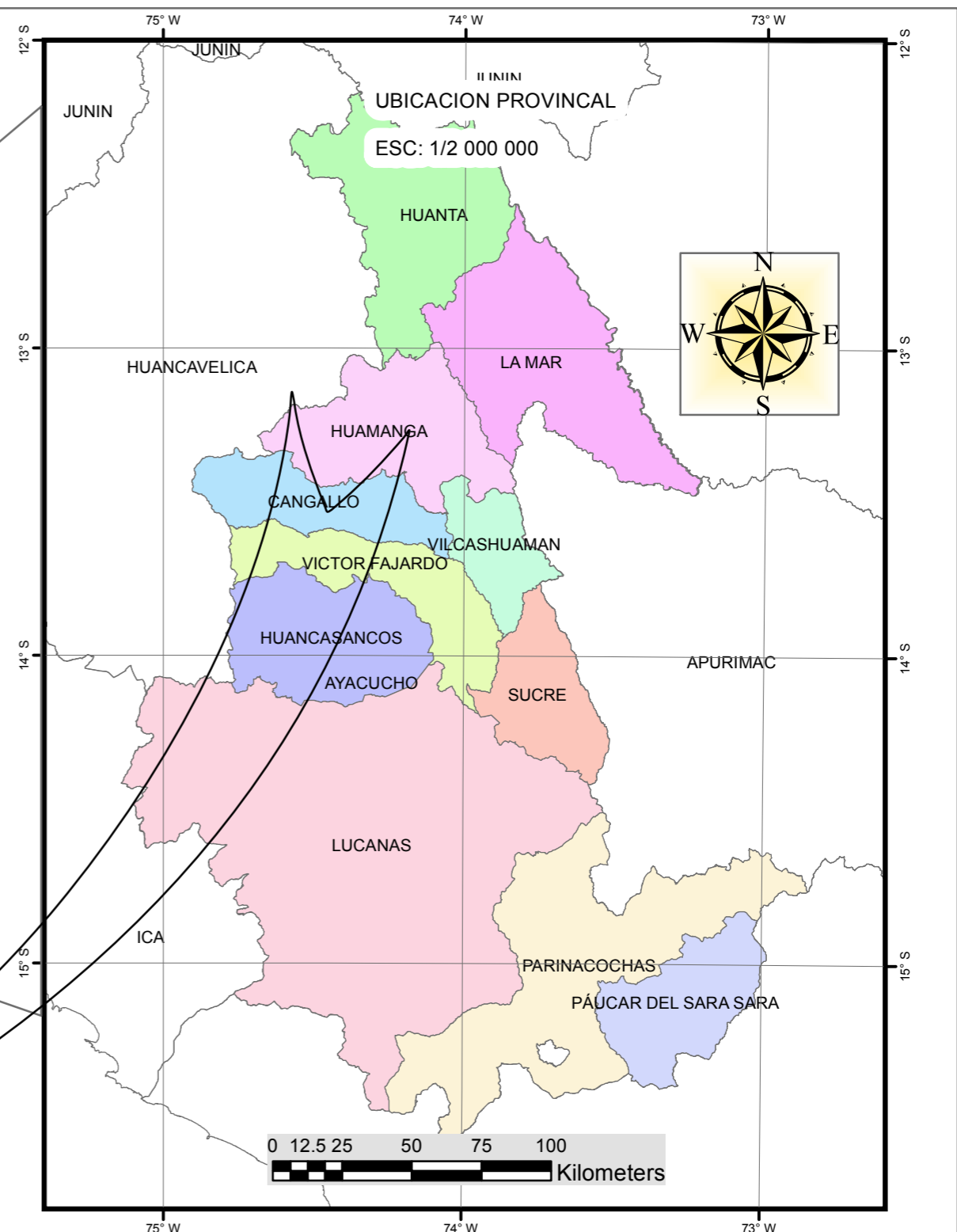
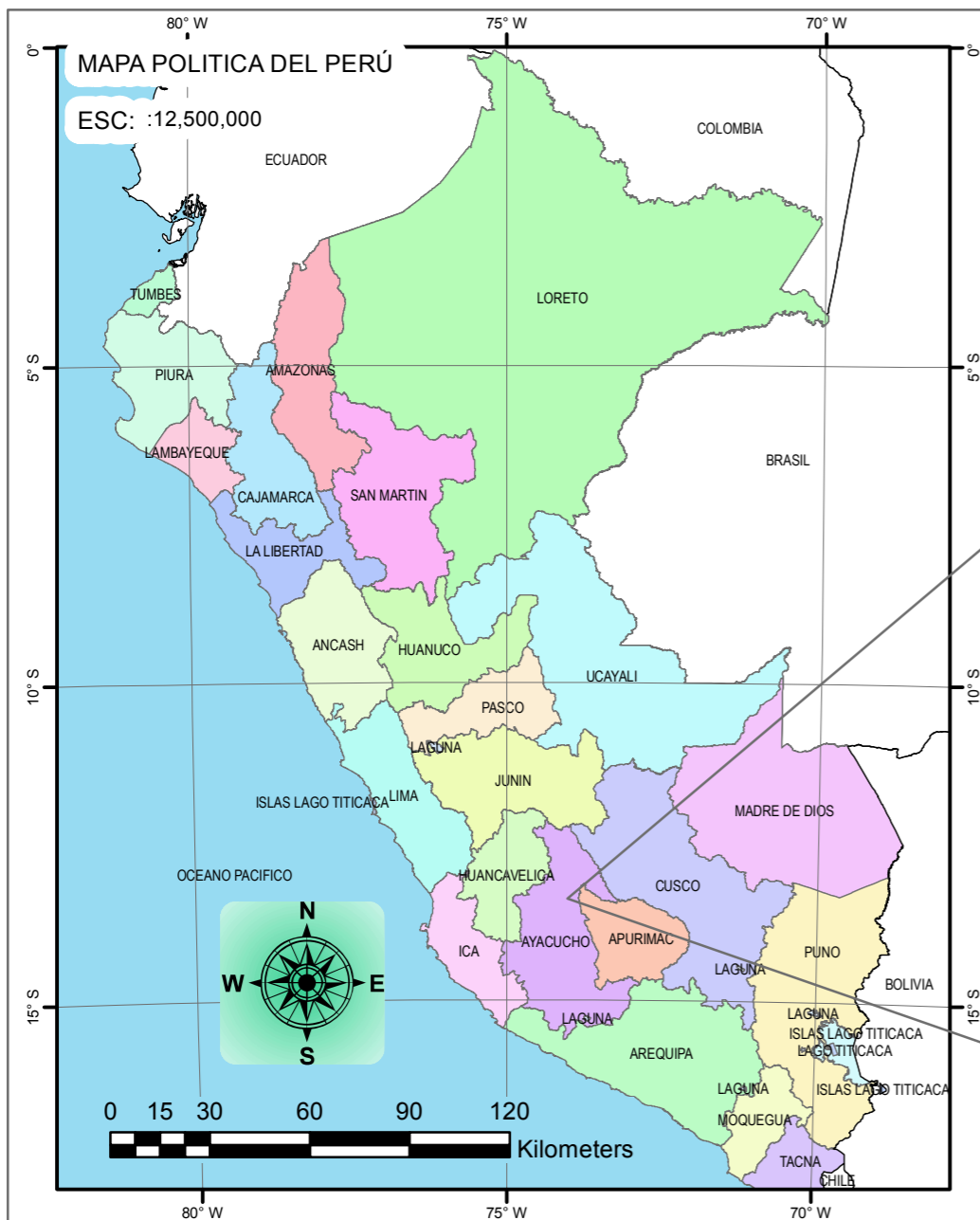
SOTO, J. F. (2002). Manual para el diseño y gestión de pequeños sistemas de riego por aspersión en laderas. Cusco- Perú.



STEDUTO, P., HSIAO, T., FERERES, E., & RAES, D. (2012). Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua. Estudio Fao. Riego y drenaje N°66. Roma.

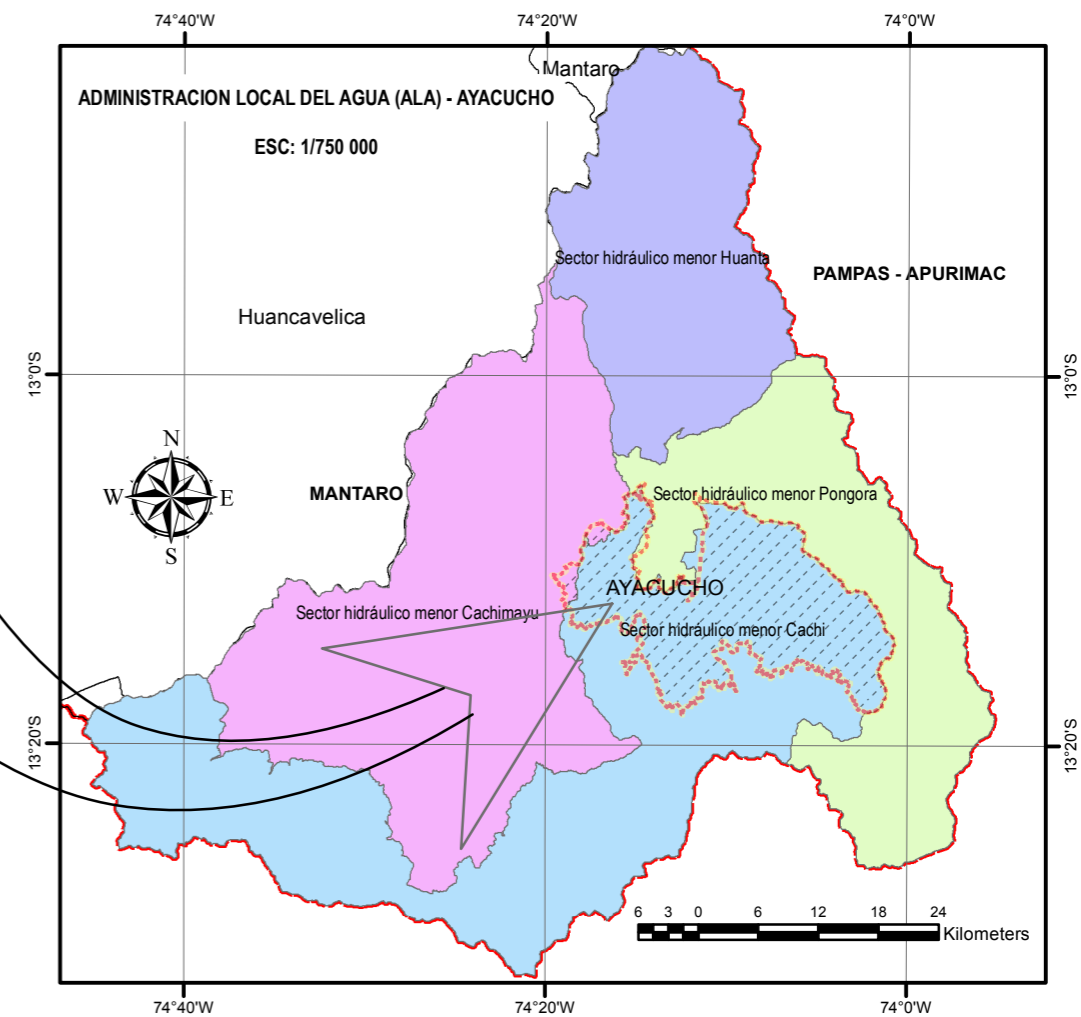
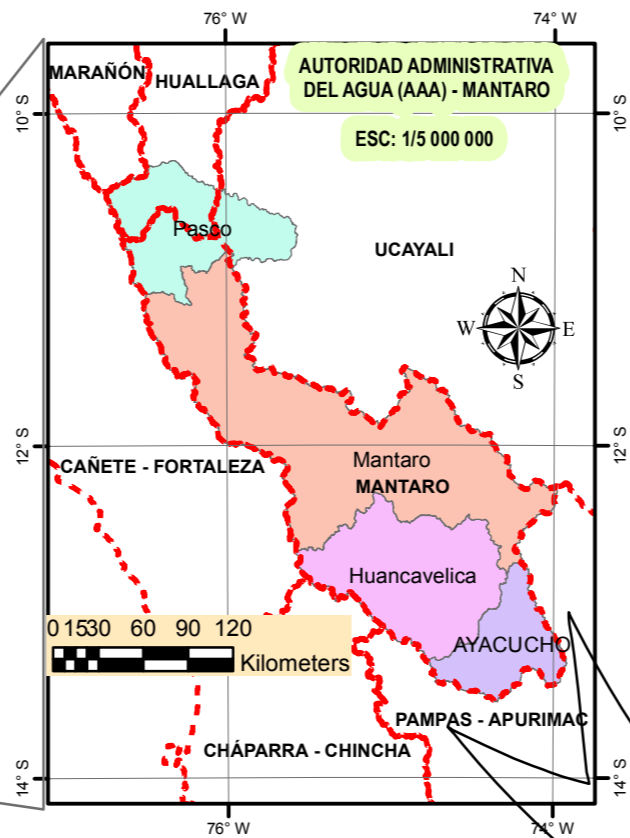
VAN, J., PRIETO, M., & VIEIRA, M. J. (2013). Captación y almacenamiento de agua de lluvia. Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. Chile.



VÁSQUEZ, A. (2000). Manejo de cuencas alto andinas. Tomo 01. Lima - Perú.

VILLÓN, M. (2011). Hidrología estadística. Lima - Perú.



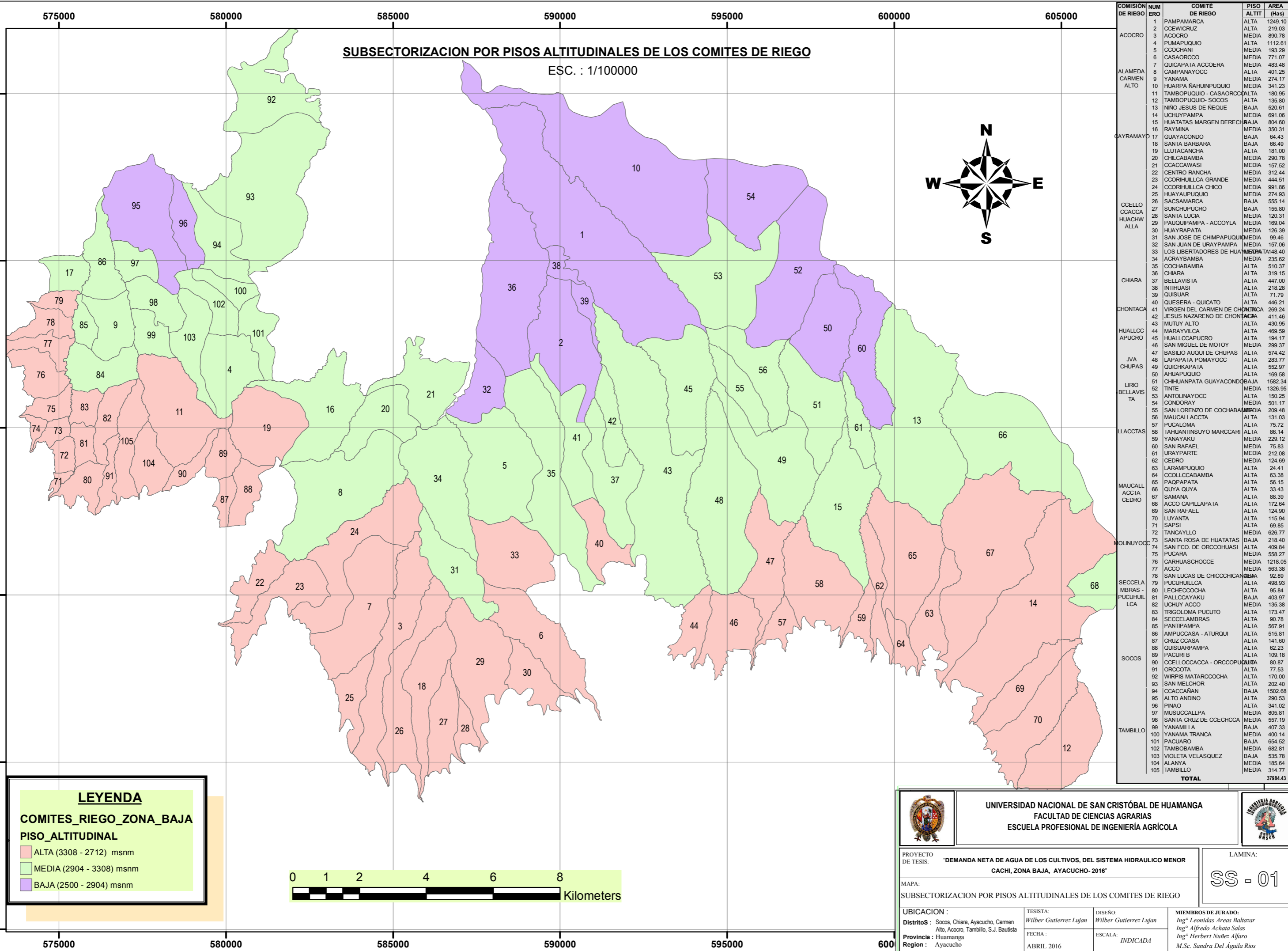
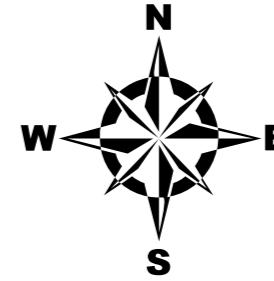
		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA			
PROYECTO DE TESIS: "DEMANDA NETA DE AGUA DE LOS CULTIVOS, DEL SISTEMA HIDRAULICO MENOR CACHI, ZONA BAJA, AYACUCHO- 2016"		DISEÑO: <i>Wilber Gutierrez Lujan</i>		MIEMBROS DE JURADO: <i>Ing° Leonidas Areas Baltazar</i> <i>Ing° Alfredo Achata Salas</i> <i>Ing° Herbert Nuñez Alfaro</i> <i>M.Sc. Sandra Del Águila Ríos</i>	
MAPA: UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN POLÍTICA DEL PROYECTO		TESISISTA: <i>Wilber Gutierrez Lujan</i>		ESCALA: INDICADA	
UBICACION : Districtos : Socos, Chiara, Ayacucho, Carmen Alto, Acocro, Tambillo, S.J. Bautista Provincia : Huamanga Region : Ayacucho		FECHA : ABRIL 2016		LAMINA: UL - 01	



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA		
PROYECTO DE TESIS: "DEMANDA NETA DE AGUA DE LOS CULTIVOS, DEL SISTEMA HIDRAULICO MENOR CACHI, ZONA BAJA, AYACUCHO- 2016"		LAMINA: UL - 02
MAPA: UBICACION Y LOCALIZACIÓN ADMINISTRATIVO DEL PROYECTO		
UBICACION : Districtos : Socos, Chiara, Ayacucho, Carmen Alto, Acocro, Tambillo, S.J. Baulista Provincia : Huamanga Region : Ayacucho	TESISISTA: <i>Wilber Gutierrez Lujan</i> FECHA : ABRIL 2016	DISEÑO: <i>Wilber Gutierrez Lujan</i> ESCALA: INDICADA
MIEMBROS DE JURADO: <i>Ing° Leonidas Areas Baltazar</i> <i>Ing° Alfredo Achata Salas</i> <i>Ing° Herbert Nuñez Alfaro</i> <i>M.Sc. Sandra Del Aguila Rios</i>		

SUBSECTORIZACION POR PISOS ALTITUDINALES DE LOS COMITES DE RIEGO

ESC. : 1/100000



COMISION DE RIEGO	NUMERO	COMITE DE RIEGO	PISO ALTITUDINAL	AREA (Has)
ACOCRO	1	PAMPAMARCA	ALTA	1249.10
	2	CCEVICRUZ	ALTA	219.03
	3	ACOCRO	MEDIA	890.78
	4	PUMAPUQUIO	ALTA	1112.61
	5	CCOCHANI	MEDIA	193.29
ALAMEDA CARMEN ALTO	6	CASAORCOO	MEDIA	771.07
	7	QUICAPATA ACCOERA	MEDIA	483.48
	8	CAMPANAYOCC	ALTA	401.25
	9	YANAMA	MEDIA	274.17
	10	HUARPA RAHUINPUQUIO	MEDIA	341.23
	11	TAMPOPUQUIO - CASAORCOO	ALTA	180.95
	12	TAMPOPUQUIO - SOCOS	ALTA	135.80
	13	NIÑO JESUS DE NEQUE	BAJA	520.61
	14	UCHUYPAMPA	MEDIA	691.06
	15	HUATATAS MARGEN DERECHA	BAJA	804.60
GAYRAMAYO	16	RAYMINA	MEDIA	350.31
	17	GUAYACONDO	BAJA	64.43
	18	SANTA BARBARA	BAJA	66.49
	19	LLUTACANCHA	ALTA	181.00
	20	CHILCABAMBA	MEDIA	290.78
	21	CCACCAWASI	MEDIA	157.52
	22	CENTRO RANCHA	MEDIA	312.44
	23	CCORIHUILCA GRANDE	MEDIA	444.51
	24	CCORIHUILCA CHICO	MEDIA	991.86
	25	HUAYAPUQUIO	MEDIA	274.93
CCELLO CCACCA HUACHWALLA	26	SACSAMARCA	BAJA	555.14
	27	SUNCHUPUCRO	BAJA	155.80
	28	SANTA LUCIA	MEDIA	120.31
	29	PAUQUIPAMPA - ACCOYLA	MEDIA	169.04
	30	HUAYRAPATA	MEDIA	126.39
	31	SAN JOSE DE CHIMPAPUQUIO	MEDIA	99.46
	32	SAN JUAN DE URAYPAMPA	MEDIA	157.06
	33	LOS LIBERTADORES DE HUAYAPAMPA	MEDIA	148.40
	34	ACRYBAMBA	MEDIA	235.62
	35	COCHABAMBA	ALTA	510.37
CHIARA	36	CHIARA	ALTA	319.15
	37	BELLAVISTA	ALTA	447.00
	38	INTIHUASI	ALTA	218.28
	39	QUISUAR	ALTA	71.79
	40	QUESERA - QUICATO	ALTA	446.21
CHONTACA	41	VIRGEN DEL CARMEN DE CHONTACA	ALTA	269.24
	42	JESUS NAZARENO DE CHONTACA	ALTA	411.46
	43	MUTUY ALTO	ALTA	430.95
HUALLCCAPUCRO	44	MARAYVILCA	ALTA	469.59
	45	HUALLCCAPUCRO	ALTA	194.17
	46	SAN MIGUEL DE MOTOY	MEDIA	299.37
JVA CHUPAS	47	BASILIO AUQUI DE CHUPAS	ALTA	574.42
	48	LAPAPATA POMAYOCC	ALTA	283.77
	49	QUICHKAPATA	ALTA	552.97
LIRIO BELLAVISTA	50	AHUAPUQUIO	ALTA	169.58
	51	CHIHUANPATA GUAYACONDO	BAJA	1582.34
	52	TINTE	MEDIA	1326.95
	53	ANTOLINAYOCC	ALTA	150.25
	54	CONDORAY	MEDIA	501.17
	55	SAN LORENZO DE COCHABAMBA	MEDIA	209.48
	56	MAUCALLACCTA	ALTA	131.03
	57	PUCALOMA	ALTA	75.72
	58	TAHUANTINSUYO MARCCARI	ALTA	86.14
	59	YANAYAKU	MEDIA	229.12
LLACCTAS	60	SAN RAFAEL	MEDIA	75.83
	61	URAYPARTE	MEDIA	212.08
	62	CEDRO	MEDIA	124.69
	63	LARAMPUQUIO	ALTA	24.41
	64	CCOLCCABAMBA	ALTA	63.38
	65	PAQPAPATA	ALTA	56.15
	66	QUYA QUYA	ALTA	33.43
	67	SAMANA	ALTA	88.39
	68	ACCO CAPILLAPATA	ALTA	172.64
	69	SAN RAFAEL	ALTA	124.90
MAUCALLACCTA CEDRO	70	LUYANTA	ALTA	115.94
	71	SAPSI	ALTA	69.85
	72	TANCAYLLO	MEDIA	626.77
	73	SANTA ROSA DE HUATATAS	BAJA	218.40
	74	SAN FCO. DE ORCCOHUASI	ALTA	409.84
	75	PUCARA	MEDIA	558.27
	76	CARHUASCHOCCE	MEDIA	1218.05
	77	ACCO	MEDIA	563.38
	78	SAN LUCAS DE CHICCHICAMA	MEDIA	92.89
	79	PUCUHULLCA	ALTA	498.93
SECELAMBRAS - PUCUHULLCA	80	LECHECOCHA	ALTA	95.94
	81	PALLCCAYAKU	BAJA	403.97
	82	UCHUY ACCO	MEDIA	135.38
	83	TRIGLOMA PUCUTO	ALTA	173.47
	84	SECELAMBRAS	ALTA	90.78
	85	PANTIPAMPA	ALTA	567.91
	86	AMPUCCASA - ATURQUI	ALTA	515.81
	87	CRUZ CCASA	ALTA	141.60
	88	QUISUARPAMPA	ALTA	62.23
	89	PACURI B	ALTA	109.18
SOCOS	90	CCELLOCCACCA - ORCCOPUCUTO	ALTA	80.87
	91	ORCCOTA	ALTA	77.53
	92	WIRPIS MATARCCOCHA	ALTA	170.00
	93	SAN MELCHOR	ALTA	202.40
	94	CCACCAÑAN	BAJA	1502.68
	95	ALTO ANDINO	ALTA	290.53
	96	PINAO	ALTA	341.02
	97	MUSUCCALLPA	MEDIA	805.81
	98	SANTA CRUZ DE CCECHCCA	MEDIA	557.19
	99	YANAMILLA	BAJA	407.33
TAMBILLO	100	YANAMA TRANCA	MEDIA	400.14
	101	PACUARO	BAJA	654.52
	102	TAMBOBAMBA	MEDIA	682.81
	103	VIOLETA VELASQUEZ	BAJA	535.78
	104	ALANVA	MEDIA	185.64
	105	TAMBILLO	MEDIA	314.77
TOTAL				37984.43


LEYENDA

COMITES_RIEGO_ZONA_BAJA


PISO_ALTITUDINAL

- ALTA (3308 - 2712) msnm
- MEDIA (2904 - 3308) msnm
- BAJA (2500 - 2904) msnm





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



PROYECTO DE TESIS: **"DEMANDA NETA DE AGUA DE LOS CULTIVOS, DEL SISTEMA HIDRAULICO MENOR CACHI, ZONA BAJA, AYACUCHO- 2016"**

MAPA: **SUBSECTORIZACION POR PISOS ALTITUDINALES DE LOS COMITES DE RIEGO**

UBICACION:
Distritos: Socos, Chiara, Ayacucho, Carmen Alto, Acocro, Tambillo, S.J. Bautista
Provincia: Huamanga
Region: Ayacucho

TESISTA:
Wilber Gutierrez Lujan

FECHA:
ABRIL 2016

DISEÑO:
Wilber Gutierrez Lujan

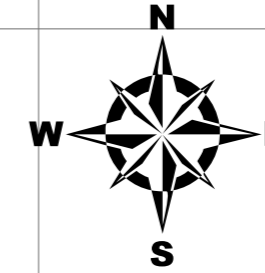
ESCALA:
INDICADA

MIEMBROS DE JURADO:
Ing° Leonidas Areas Baltazar
Ing° Alfredo Achaia Salas
Ing° Herbert Nuñez Alfaro
M.Sc. Sandra Del Aguila Rios

LAMINA:
SS - 01

MAPA DE INTENSION DE SIEMBRA

ESC. : 1/100000




LEYENDA

COMITES_RIEGO_ZONA_BAJA
INTENSION DE SIMBRA (Ha)


0.00 - 15.00
15.01 - 32.00
32.01 - 49.00
49.01 - 76.00
76.01 - 173.00



COMISION DE RIEGO	NUMERO	COMITÉ DE RIEGO	PISO ALTITUD	AREA DE INTENSION DE SIEMBRA (Ha)
ACOCRO	1	PAMPAMARCA	ALTA	54.75
	2	CCEWICRUZ	ALTA	42.25
	3	ACOCRO	MEDIA	48.25
	4	PUMAPUQUIO	ALTA	88.2
	5	COCHANI	MEDIA	7.75
ALAMEDA CARMEN ALTO	6	CASACORCO	MEDIA	172.75
	7	QUICAPATA ACCOERA	MEDIA	29.5
	8	CAMPANAYOCC	ALTA	48
	9	YANAMA	MEDIA	51
	10	HUARPA NAHINPUQUIO	MEDIA	28.5
GAYRAMAYO	11	TAMBOPUQUIO - CASAORCO	ALTA	53
	12	TAMBOPUQUIO- SOCOS	ALTA	0
	13	NIÑO JESUS DE ÑEQUE	BAJA	53.25
	14	UCHUYPAMPA	MEDIA	68
	15	HUATATAS MARGEN DERECHA	BAJA	22.33
	16	RAYMINA	MEDIA	54.5
	17	GUAYACONDO	BAJA	47.75
	18	SANTA BARBARA	BAJA	29
	19	LLUTACANCHA	ALTA	36.5
	20	CHILCABAMBA	MEDIA	65.5
	21	CCACCAWASI	MEDIA	13.25
	22	CENTRO RANCHA	MEDIA	9.5185
	23	CCORHULLCA GRANDE	MEDIA	14.5
	24	CCORHULLCA CHICO	MEDIA	23.5
	25	HUAYAPUQUIO	MEDIA	12.95
OCELLO CCACCA HUACHWALLA	26	SACAMARCA	BAJA	16.75
	27	SUNCHUPURO	BAJA	17.25
	28	SANTA LUCIA	MEDIA	18
	29	PAUQUIPAMPA - ACCOYLA	MEDIA	24.25
	30	HUAYRAPATA	MEDIA	8.75
CHIARA	31	SAN JOSE DE CHIMPAPUQUIO	MEDIA	11.86
	32	SAN JUAN DE URAYPAMPA	MEDIA	9.249
	33	LOS LIBERTADORES DE HUAYLAPATA	MEDIA	29.497
	34	ACRAYBAMBA	MEDIA	29.19
	35	COCHABAMBA	ALTA	44.5
	36	CHIARA	ALTA	42.25
	37	BELLAVISTA	ALTA	40.25
	38	INTIHUASI	ALTA	44.76
	39	QUISUAR	ALTA	10.77
	40	QUESERA - QUICATO	ALTA	48.75
CHONTACA	41	JESUS NAZARENO DE CHONTACA	ALTA	37
	42	MUTUY ALTO	ALTA	52.75
	43	MUTUY ALTO	ALTA	50.74
	44	MARAYVILCA	ALTA	43
	45	HUALLCAPUCRO	ALTA	16
HUALLOCA	46	SAN MIGUEL DE MOTUY	MEDIA	52.85
	47	BASILIO ALOQUI DE CHUPAS	ALTA	32.5
	48	LAPAPATA POMAYOCC	ALTA	33
	49	QUICKAPATA	ALTA	55
	50	AHUAPUQUIO	ALTA	13.5
LIRIO BELLAVISTA	51	CHIHUANPATA GUAYACONDO	BAJA	10.88
	52	TINTE	MEDIA	91.41
	53	ANTOLINAYOCC	ALTA	25.31
	54	CONDORAY	MEDIA	73.65
	55	SAN LORENZO DE COCHABAMBA	MEDIA	40.25
LLACCTAS	56	MAUCALLACCTA	ALTA	29.455
	57	PUCALOMA	ALTA	28.559
	58	TAHUANTINSUYO MARCCARI	ALTA	7.99
	59	YANAYAKU	MEDIA	57.091
	60	SAN RAFAEL	MEDIA	15.352
MAUCALLACCTA CEDRO	61	URAYPARTE	MEDIA	17.478
	62	CEDRO	MEDIA	0
	63	LARAMPUQUIO	ALTA	3.15
	64	COLLCCABAMBA	ALTA	3.51
	65	PAGAPATA	ALTA	0
	66	QUIYA QUTA	ALTA	0
	67	SAMANA	ALTA	0
	68	ACCO CAPILLAPATA	ALTA	0
	69	SAN RAFAEL	ALTA	0
	70	LUYANTA	ALTA	0
MOLINUYOCC	71	SAPSI	ALTA	0
	72	TANCAYLLO	MEDIA	20.5
	73	SANTA ROSA DE HUATATAS	BAJA	19.5
	74	SAN FCO. DE ORCCOHUASI	ALTA	17
	75	PUCARA	MEDIA	53.25
	76	CARHUASCHOCCE	MEDIA	73.13
	77	ACCO	MEDIA	41
	78	SAN LUCAS DE CHICCHICAN	ALTA	6.5
SECCELA MBRAS - PUCUHUILCA	79	PUCUHUILCA	ALTA	31.25
	80	LECHECCOCHA	ALTA	18.75
	81	PALLCCAYAKU	BAJA	0
	82	UCHUY ACCO	MEDIA	12.75
	83	TRIGOLOMA PUCUTO	ALTA	19
SOCOS	84	SECCELAMBRAS	ALTA	23.5
	85	PANTIPAMPA	ALTA	139.75
	86	AMPUCASA - ATURQUI	ALTA	18.275
	87	CRUZ CCASA	ALTA	24.13
	88	QUISUARPAMPA	ALTA	4.38
TAMBILLO	89	PACURI B	ALTA	31.82
	90	CCELLOCCACCA - ORCCOHUASI	ALTA	12.109
	91	ORCCOTA	ALTA	29.154
	92	WIRPIS MATARCCOCHA	ALTA	21.152
	93	SAN MELCHOR	ALTA	28.744
TOTAL	94	CCACCAÑAN	BAJA	11.25
	95	ALTO ANDINO	ALTA	43.5
	96	PINAO	ALTA	44.13
	97	MUSUCCALLPA	MEDIA	76.25
	98	SANTA CRUZ DE CCECHCCA	MEDIA	92.75
99	YANAMILLA	BAJA	58.25	
100	YANAMA TRANCA	MEDIA	61.5	
101	PACUARO	BAJA	33.76	
102	TAMBOBAMBA	MEDIA	38.25	
103	VIOLETA VELASQUEZ	BAJA	39	
104	ALANYA	MEDIA	41.5	
105	TAMBILLO	MEDIA	59.65	
TOTAL				3586.43



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



PROYECTO DE TESIS: **"DEMANDA NETA DE AGUA DE LOS CULTIVOS, DEL SISTEMA HIDRAULICO MENOR CACHI, ZONA BAJA, AYACUCHO- 2016"**

MAPA: **INTENSION DE SIEMBRA**

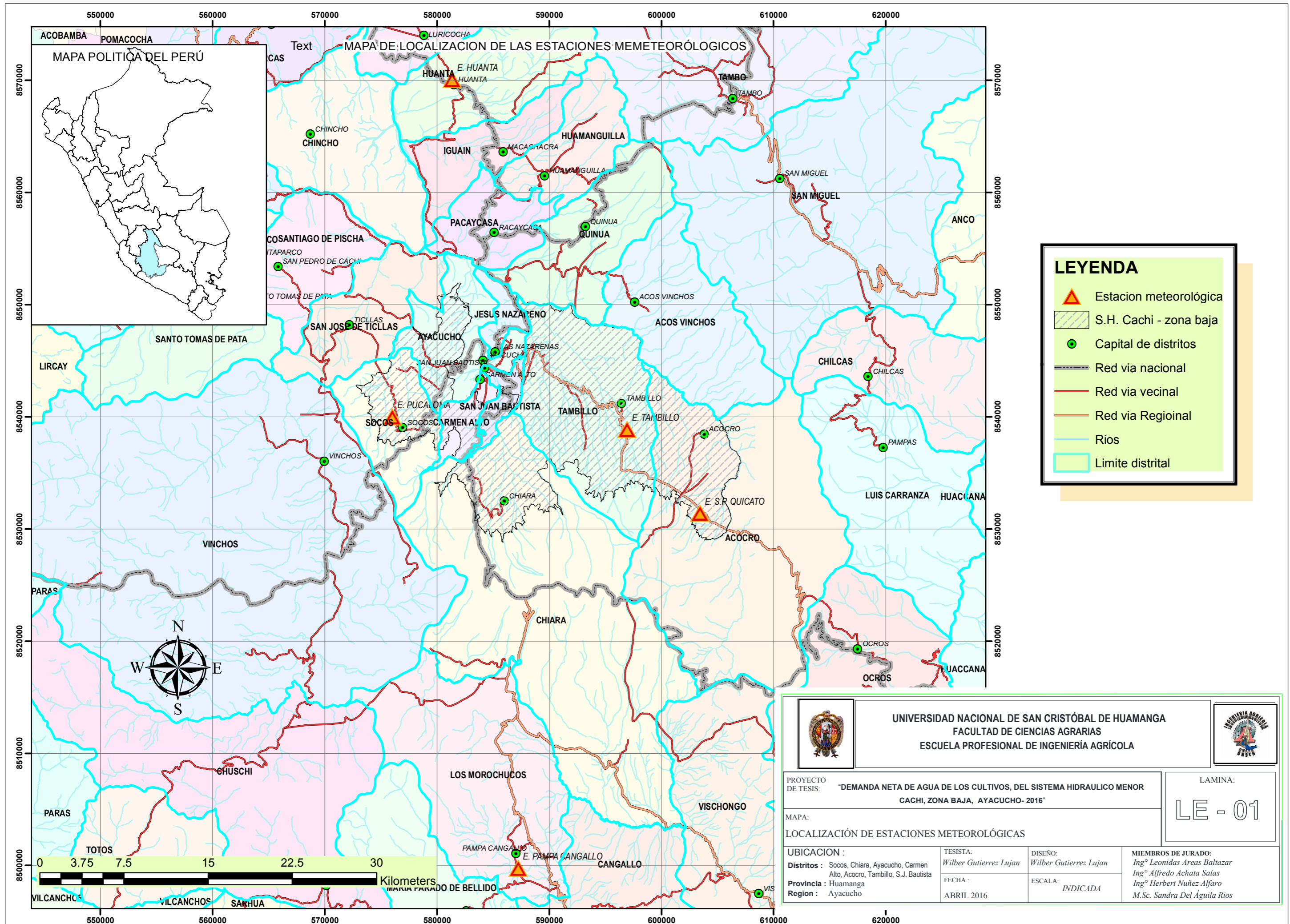
UBICACION :
 Distritos : Socos, Chiara, Ayacucho, Carmen Alto, Acocro, Tambillo, S.J. Bautista
 Provincia : Huamanga
 Region : Ayacucho

LAMINA: **IS - 01**

TESISTA: *Wilber Gutierrez Lujan*
 DISEÑO: *Wilber Gutierrez Lujan*
 MIEMBROS DE JURADO:
Ing° Leonidas Areas Baltazar
Ing° Alfredo Achata Salas
Ing° Herbert Nuñez Alfaro
M.Sc. Sandra Del Águila Ríos



FECHA : **ABRIL 2016**

ESCALA: **INDICADA**



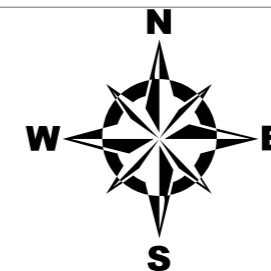
LEYENDA

- Estacion meteorológica
- S.H. Cachi - zona baja
- Capital de distritos
- Red via nacional
- Red via vecinal
- Red via Regional
- Rios
- Limite distrital

 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA</p>			
PROYECTO DE TESIS: "DEMANDA NETA DE AGUA DE LOS CULTIVOS, DEL SISTEMA HIDRAULICO MENOR CACHI, ZONA BAJA, AYACUCHO- 2016"		LAMINA: LE - 01	
MAPA: LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS			
UBICACION : Distritos : Socos, Chiara, Ayacucho, Carmen Alto, Acocro, Tambillo, S.J. Bautista Provincia : Huamanga Region : Ayacucho		TESISISTA: Wilber Gutierrez Lujan FECHA : ABRIL 2016	DISEÑO: Wilber Gutierrez Lujan ESCALA: INDICADA
MIEMBROS DE JURADO: Ing° Leonidas Areas Baltazar Ing° Alfredo Achata Salas Ing° Herbert Nuñez Alfaro M.Sc. Sandra Del Águila Rios			

DEMANDA NETA DE AGUA DE LOS CULTIVOS, DEL SISTEMA HIDRAULICO MENOR CACHI, ZONA BAJA

ESC. : 1/100000



COMISION DE RIEGO	NUMERO	COMITE DE RIEGO	PISO ALTIT	DEMANDA 10 ³ m ³ /camp
ACOCRO	1	PAMPAMARCA	ALTA	315.716
	2	CCEWICRUZ	ALTA	207.713
	3	ACOCRO	MEDIA	323.011
	4	PUMAPUQUIO	ALTA	509.124
	5	CCOCHANI	MEDIA	39.269
ALAMEDA CARMEN ALTO	6	CASAORCCO	MEDIA	962.903
	7	QUICAPATA ACCOERA	MEDIA	212.139
	8	CAMPANAYOCC	ALTA	219.309
	9	YANAMA	MEDIA	353.725
	10	HUARPA NAHUINPUQUIO	MEDIA	228.708
GAYRAMAYO	11	TAMBOPUQUIO - CASAORCCO	ALTA	306.606
	12	TAMBOPUQUIO - SOCOS	ALTA	0.000
	13	NIÑO JESUS DE NEQUE	BAJA	354.635
	14	UCHUYPAMPA	MEDIA	398.518
	15	HUATATAS MARGEN DERECHA	BAJA	138.186
	16	RAYMINA	MEDIA	281.233
	17	GUAYACONDO	BAJA	562.936
	18	SANTA BARBARA	BAJA	228.851
	19	LLUTACANCHA	ALTA	207.437
	20	CHILCABAMBA	MEDIA	334.371
CCELLO CCACCA HUACHWALLA	21	CCACCAWASI	MEDIA	70.607
	22	CENTRO RANCHA	MEDIA	62.497
	23	CCORHULLCA GRANDE	MEDIA	111.572
	24	CCORHULLCA CHICO	MEDIA	166.185
	25	HUAYUPUQUIO	MEDIA	123.640
	26	SACSAMARCA	BAJA	123.550
	27	SUNCHUPUCRO	BAJA	114.199
	28	SANTA LUCIA	MEDIA	161.004
	29	PAUQUIPAMPA - ACCOYLA	MEDIA	218.363
	30	HUAYRAPATA	MEDIA	66.326
CHIARA	31	SAN JOSE DE CHIMPAPUQUIO	MEDIA	82.413
	32	SAN JUAN DE URAYPAMPA	MEDIA	61.010
	33	LOS LIBERTADORES DE HUAYRAPATA	MEDIA	227.133
	34	ACRAYBAMBA	MEDIA	209.570
	35	COCHABAMBA	ALTA	236.962
	36	CHIARA	ALTA	212.124
	37	BELLAVISTA	ALTA	216.758
	38	INTIHUASI	ALTA	248.194
	39	QUISUAR	ALTA	46.309
	40	QUESERA - QUICATO	ALTA	232.902
CHONTACA	41	VIRGEN DEL CARMEN DE CHONTACA	ALTA	176.580
	42	JESUS NAZARENO DE CHONTACA	ALTA	316.154
	43	MUTUY ALTO	ALTA	288.023
	44	MARAYVILCA	ALTA	240.170
	45	HUALLCCAPUCRO	ALTA	105.799
HUALLCCAPUCRO	46	SAN MIGUEL DE MOTOY	MEDIA	259.403
	47	BASILIO AUQUI DE CHUPAS	ALTA	534.151
	48	LAPAPATA POMAYOCC	ALTA	122.636
	49	QUICKAPATA	ALTA	295.447
	50	AHUAPUQUIO	ALTA	73.600
JVA CHUPAS	51	CHIHUANPATA GUAYACONDO	BAJA	109.294
	52	TINTE	MEDIA	487.415
	53	ANTOLINAYOCC	ALTA	142.824
	54	CONDORAY	MEDIA	380.935
	55	SAN LORENZO DE COCHABAMBA	MEDIA	260.722
LIRIO BELLAVISTA	56	MAUCALLACCTA	ALTA	177.217
	57	PUCALOMA	ALTA	168.854
	58	TAHUANTINSUYO MARCCARI	ALTA	42.676
	59	YANAYAKU	MEDIA	388.174
	60	SAN RAFAEL	MEDIA	127.209
LLACCTAS	61	URAYPARTE	MEDIA	154.190
	62	CEDRO	MEDIA	0.000
	63	LARAMPUQUIO	ALTA	17.800
	64	COOLCCABAMBA	ALTA	25.021
	65	PAQAPATA	ALTA	0.000
MAUCALLACCTA	66	OLYA OLYA	ALTA	0.000
	67	SAMANA	ALTA	0.000
	68	ACCO CAPILLAPATA	ALTA	0.000
	69	SAN RAFAEL	ALTA	0.000
	70	LUYANTA	ALTA	0.000
MOLINUYOCC	71	SAPSI	ALTA	0.000
	72	TANCAYLLO	MEDIA	114.281
	73	SANTA ROSA DE HUATATAS	BAJA	151.574
	74	SAN FCO. DE ORCCOHUASI	ALTA	97.294
	75	PUCARA	MEDIA	287.109
SECCELAMBRAS - PUCUHUILCA	76	CARHUASCHOCE	MEDIA	418.947
	77	ACCO	MEDIA	233.753
	78	SAN LUCAS DE CHICCCHICAN	ALTA	34.784
	79	PUCUHUILCA	ALTA	173.404
	80	LECHECOCHA	ALTA	102.576
SOCOS	81	PALLCCAYAKU	BAJA	0.000
	82	UCHUY ACCO	MEDIA	70.807
	83	TRIGOLOMA PUCUTO	ALTA	93.693
	84	SECCELAMBRAS	ALTA	123.370
	85	PANTIPAMPA	ALTA	797.012
TAMBILLO	86	AMPUCASA - ATURQUI	ALTA	97.692
	87	CRUZ CCASA	ALTA	129.942
	88	QUISUARPAMPA	ALTA	27.412
	89	PACURI B	ALTA	191.686
	90	CCELLCCACCA - ORCCOPU	ALTA	67.191
TAMBILLO	91	ORCCOTA	ALTA	168.303
	92	WIRPIS MATARCCOCHA	ALTA	132.825
	93	SAN MELCHOR	ALTA	158.755
	94	CCACCARIAN	BAJA	56.412
	95	ALTO ANDINO	ALTA	207.464
TAMBILLO	96	PINAO	ALTA	246.247
	97	MUSUCALLPA	MEDIA	422.298
	98	SANTA CRUZ DE CCECHCCA	MEDIA	489.697
	99	YANAMILLA	BAJA	264.998
	100	YANAMA TRANCA	MEDIA	323.976
TAMBILLO	101	PACUARO	BAJA	188.982
	102	TAMBOBAMBA	MEDIA	198.651
	103	VIOLETA VELASQUEZ	BAJA	199.166
	104	ALANYA	MEDIA	220.063
	105	TAMBILLO	MEDIA	314.413
TOTAL				20874.78

LEYENDA

COMITES_RIEGO_ZONA_BAJA

DEMANDA NETA (mil m³/campaña)

- 0.00 - 114.00
- 114.01 - 248.00
- 248.01 - 422.00
- 422.01 - 963.00



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

PROYECTO DE TESIS: **"DEMANDA NETA DE AGUA DE LOS CULTIVOS, DEL SISTEMA HIDRAULICO MENOR CACHI, ZONA BAJA, AYACUCHO-2016"**

MAPA: **DEMANDA DE AGUA DE LOS CULTIVOS**

UBICACION: **Distritos : Socos, Chiara, Ayacucho, Carmen Alto, Acocro, Tambillo, S.J. Bautista**
Provincia : Huamanga
Region : Ayacucho

TESISTA: **Wilber Gutierrez Lujan**

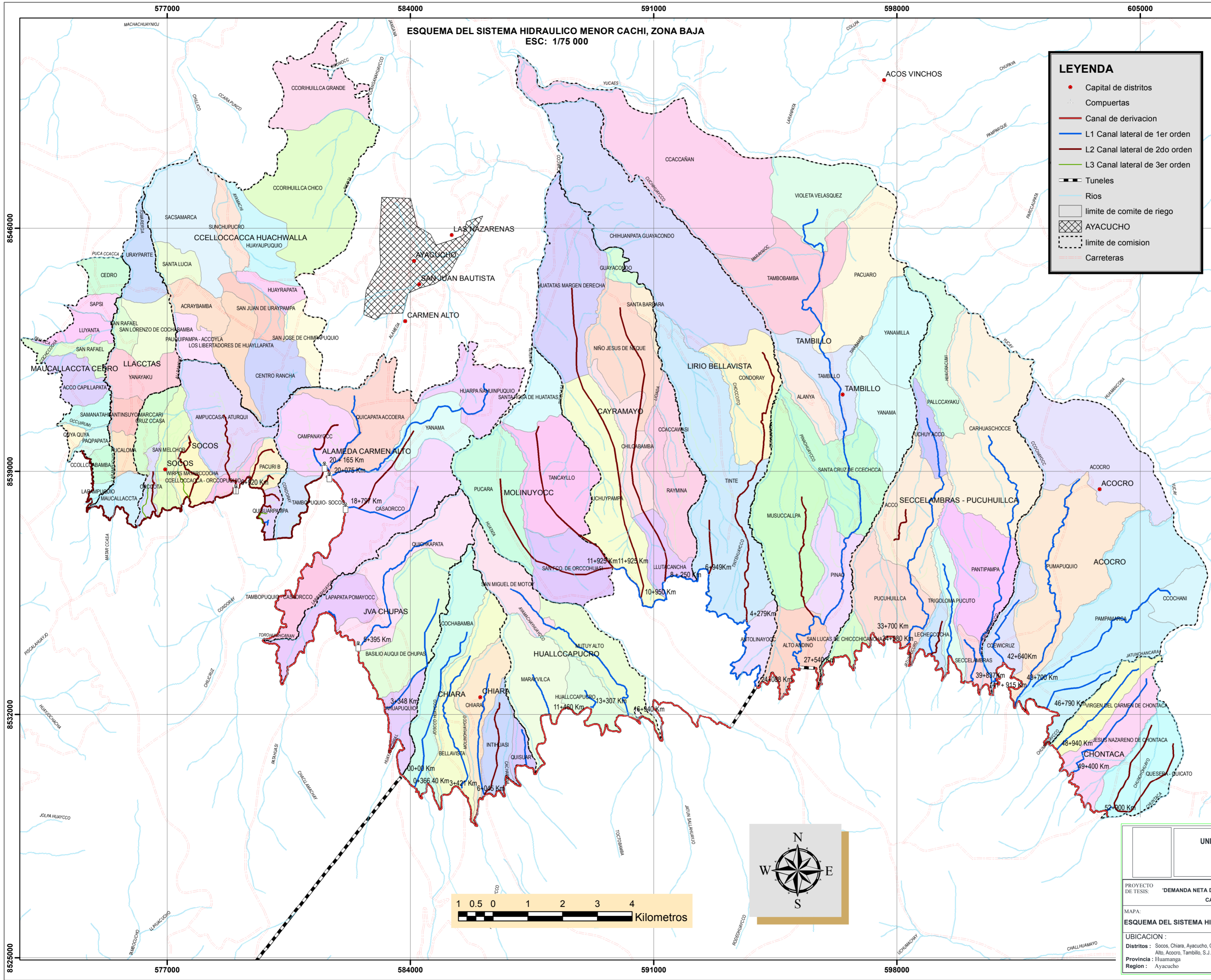
DISEÑO: **Wilber Gutierrez Lujan**

FECHA: **ABRIL 2016**

ESCALA: **INDICADA**

MEMBROS DE JURADO: **Ing° Leonidas Areas Baltazar**
Ing° Alfredo Achata Salas
Ing° Herbert Nuñez Alfaro
M.Sc. Sandra Del Aguila Rios

LAMINA: **DA - 01**



ORD EN	COMISIONES	AREA (Has)	ORD EN	COMITES	AREA (Has)	N° USUARIO	A_BR (Has)
1	ACOCRO	3664.818	1	PAMPAMARCA	1249.100	104	68.25
			2	CCEWICRUZ	219.025	29	28
			3	ACOCRO	890.785	113	251.7
			4	PUMAPUQUIO	1112.614	100	96.5
			5	COOCHANI	193.294	34	64
2	ALAMEDA CARMEN ALTO	2587.955	1	CASACOROCO	771.074	104	84.68
			2	QUICAPATA ACCOERA	483.480	32	25.25
			3	CAMPANAYOCC	401.251	35	17.6
			4	YANAMA	274.167	31	51.2
			5	HUARPA NAHINPUQUIO	341.227	22	35.11
			6	TAMBOPUQUIO - CASACOROCO	180.951	0	0
			7	TAMBOPUQUIO - SOCOS	135.804	49	81.25
3	CAYRAMAYO	3128.796	1	NIÑO JESUS DE NEQUE	520.612	36	88.75
			2	UCHUYPAMPA	691.057	54	132.1
			3	HUATAS MARGEN DERECHA	804.604	25	35
			4	RAYMINA	350.306	32	136.77
			5	IGUAYACONDO	64.432	48	25
			6	SANTA BARBARA	66.486	45	20.56
			7	LLUTACANGCHA	180.999	16	34.5
4	CELLOCCACCA HUACHWALLA	3790.949	8	CHILCABAMBA	290.777	30	48
			9	COCCAWASI	157.523	62	15.4
			1	CENTRO RANCHA	312.438	117	124.01
			2	CCORHULLCA GRANDE	444.505	76	231.91
			3	CCORHULLCA CHICO	991.855	66	264.58
			4	HUAYALPUQUIO	274.935	44	76
			5	ISACSAMARCA	555.141	33	55.5
			6	SUNCHUPUCRO	155.799	34	62
			7	SANTA LUCIA	120.305	16	85.49
			8	ACRAYBAMBA	169.040	38	132.22
			9	PAUQUIPAMPA - ACCOYLA	126.362	35	100.98
			10	HUAYRAPATA	99.459	51	43.38
			11	SAN JOSE DE CHIMPAPUQUIO	161.059	58	41.02
5	CHIARA	1566.589	1	COCHABAMBA	510.370	12	67
			2	CHIARA	139.149	97	97.67
			3	BELLAVISTA	447.002	26	157.55
			4	INTIHUASI	218.278	29	55
			5	QUISUAR	71.769	41	53
			6	QUESERA - QUICATO	446.207	0	0
			7	VIRGEN DEL CARMEN DE CHONTACA	269.239	0	0
			8	JESUS NAZARENO DE CHONTACA	411.455	0	0
			9	MUTUY ALTO	430.950	51	130.85
			10	MARAYVILCA	499.589	28	57.25
			11	HUALLCAPUCRO	194.174	18	29.25
			12	SAN MIGUEL DE MOTUY	299.369	31	33
			6	CHONTACA	1126.901	1	BASILIO AQUI DE CHUPAS
2	LAPAPATA POMAYOCC	283.713				18	137.29
3	QUICAPATA	552.974				30	117.59
4	HUAYRAPATA	169.579				7	52.99
7	HUALLCAPUCRO	1394.082	1	CHIHIJAPATA GUAYACONDO	1562.337	43	84.75
			2	TINTE	1326.950	60	242.54
			3	ANTOLINAYOCC	150.255	43	84.75
			4	CONDORAY	501.171	63	169.9
			5	SAN LORENZO DE COCHABAMBA	86.145	17	8.29
			6	MAUCCALACCTA	229.115	130	151.3
			7	PUCALOMA	75.719	70	83
			8	SAHIANINSUYO MARCCARI	86.745	37	8.29
			9	YANAYAKU	229.115	130	151.3
			10	SAN RAFAEL	75.833	73	39.88
			11	URAYPARTE	212.079	57	108.29
			12	CEURO	124.686	0	0
			13	LARAMPUQUIO	24.407	0	0
8	JVA CHUPAS	1580.744	1	COCCOCABAMBA	63.381	0	0
			2	PAQAPAPATA	56.145	0	0
			3	COCCOCABAMBA	63.381	0	0
			4	PAQAPAPATA	56.145	0	0
			5	QUIYA QUIYA	33.432	0	0
			6	SAMANA	88.388	0	0
			7	ACCO CAPILLAPATA	172.636	0	0
			8	SAN RAFAEL	124.901	0	0
			9	LUYANTA	115.941	0	0
			10	SAPSI	69.847	0	0
9	LIRIO BELLAVISTA	3560.713	1	TANCAYLLO	626.767	31	28.95
			2	SANTA ROSA DE HUATATAS	218.400	25	20.5
			3	SAN FCO. DE ORCOCHUASI	499.838	20	32
			4	PUCARA	558.266	23	53.95
			5	CARHUASCHOCE	1218.045	119	90.56
			6	ACCO	563.379	85	206.5
			7	PUCUILLCA	498.933	25	57.25
			8	LECHECOCHA	95.839	27	20.5
			9	PALLCCAYAKU	403.973	23	12
			10	UCHUY ACCO	135.380	21	16.25
10	LLACTAS	1019.401	1	TRIGOLOMA PUCUTO	173.467	34	37
			2	SECELAMBRAS	90.778	36	44.4
			3	QUILUAPAMPA	62.226	18	13.21
			4	PANTIPAMPA	567.910	65	156.52
			5	AMPUCCASA - ATURQUI	515.814	157	85.08
			6	CRUZ OCASA	141.599	137	84.9
			7	QUILUAPAMPA	62.226	18	13.21
			8	PAQUI B	109.184	33	42.46
			9	CELLOCCACCA - ORCCOPUQUIO	80.873	57	23.71
			10	ORCOCOTA	77.534	136	57.35
			11	WIRPIS MARCCOCHA	170.022	65	17.05
			12	SAN MELCHOR	202.401	260	113.8
			13	CCACCAÑAN	1502.883	0	0
11	MAUCCALACCTA CEDRO	873.765	1	ALTO ANDINO	290.531	39	39.13
			2	PINAO	341.023	43	68
			3	MUSUCCALLPA	805.810	44	95.75
			4	SANTA CRUZ DE CCECHCCA	557.195	68	144.86
			5	YANAMILLA	407.325	33	42.79
			6	YANAMA	400.135	34	81.75
			7	PACUARO	654.516	33	46.02
			8	TAMBOBAMBA	682.814	21	95
			9	VIOLETA VELASQUEZ	535.777	23	70.13
			10	ALANYA	185.637	38	35.08
			11	TAMBILLO	314.768	55	91.75
			12	MOLINUYOCC	1813.272	1	TANCAYLLO
2	SANTA ROSA DE HUATATAS	218.400				25	20.5
3	SAN FCO. DE ORCOCHUASI	499.838				20	32
4	PUCARA	558.266				23	53.95
5	CARHUASCHOCE	1218.045				119	90.56
6	ACCO	563.379				85	206.5
7	PUCUILLCA	498.933				25	57.25
8	LECHECOCHA	95.839				27	20.5
9	PALLCCAYAKU	403.973				23	12
10	UCHUY ACCO	135.380				21	16.25
11	TRIGOLOMA PUCUTO	173.467				34	37
13	SECELAMBRAS - PUCUILLCA	3840.598				1	SECELAMBRAS
			2	QUILUAPAMPA	62.226	18	13.21
			3	PANTIPAMPA	567.910	65	156.52
			4	AMPUCCASA - ATURQUI	515.814	157	85.08
			5	CRUZ OCASA	141.599	137	84.9
			6	QUILUAPAMPA	62.226	18	13.21
			7	PAQUI B	109.184	33	42.46
			8	CELLOCCACCA - ORCCOPUQUIO	80.873	57	23.71
			9	ORCOCOTA	77.534	136	57.35
			10	WIRPIS MARCCOCHA	170.022	65	17.05
			11	SAN MELCHOR	202.401	260	113.8
			14	SOCOS	1359.631	1	CCACCAÑAN
2	ALTO ANDINO	290.531				39	39.13
3	PINAO	341.023				43	68
4	MUSUCCALLPA	805.810				44	95.75
5	SANTA CRUZ DE CCECHCCA	557.195				68	144.86
6	YANAMILLA	407.325				33	42.79
7	YANAMA	400.135				34	81.75
8	PACUARO	654.516				33	46.02
9	TAMBOBAMBA	682.814				21	95
10	VIOLETA VELASQUEZ	535.777				23	70.13
11	ALANYA	185.637				38	35.08
15	TAMBILLO	6678.215				1	CCACCAÑAN
			2	ALTO ANDINO	290.531	39	39.13
			3	PINAO	341.023	43	68
			4	MUSUCCALLPA	805.810	44	95.75
			5	SANTA CRUZ DE CCECHCCA	557.195	68	144.86
			6	YANAMILLA	407.325	33	42.79
			7	YANAMA	400.135	34	81.75
			8	PACUARO	654.516	33	46.02
			9	TAMBOBAMBA	682.814	21	95
			10	VIOLETA VELASQUEZ	535.777	23	70.13
			11	ALANYA	185.637	38	35.08
			12	TAMBILLO	314.768	55	91.75

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA

PROYECTO DE TESIS: **DEMANDA NETA DE AGUA DE LOS CULTIVOS, DEL SISTEMA HIDRAULICO MENOR CACHI, ZONA BAJA, AYACUCHO-2016**

MAPA: **ESQUEMA DEL SISTEMA HIDRAULICO MENOR CACHI, ZONA BAJA**

UBICACION: **Districtos:** Socos, Chiara, Ayacucho, Carmen Alto, Acocro, Tambillo, S.J. Bautista
Provincia: Huamanga
Region: Ayacucho

TESISTA: **Wilber Gutierrez Lujan**

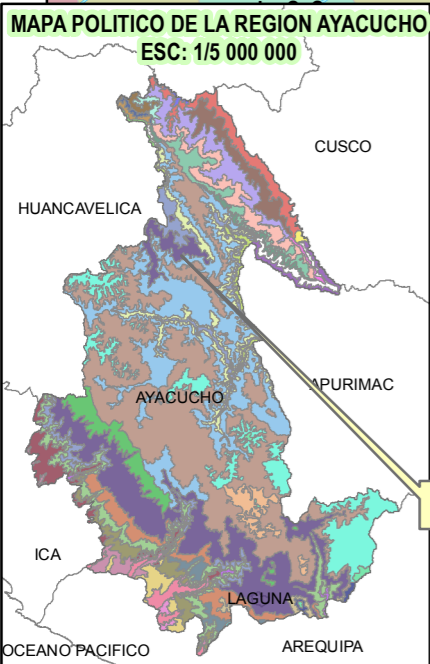
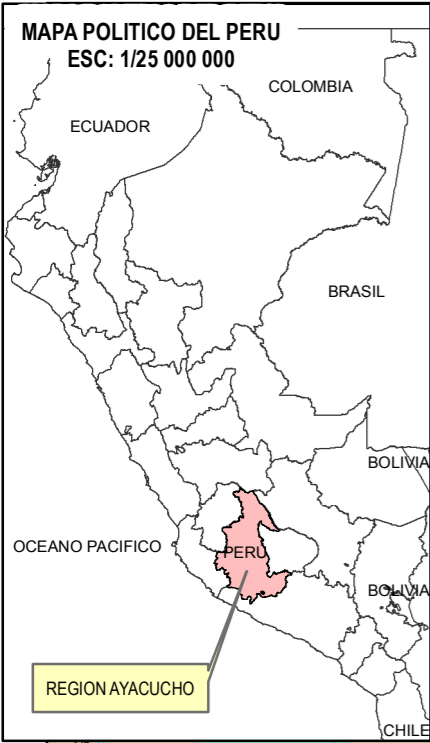
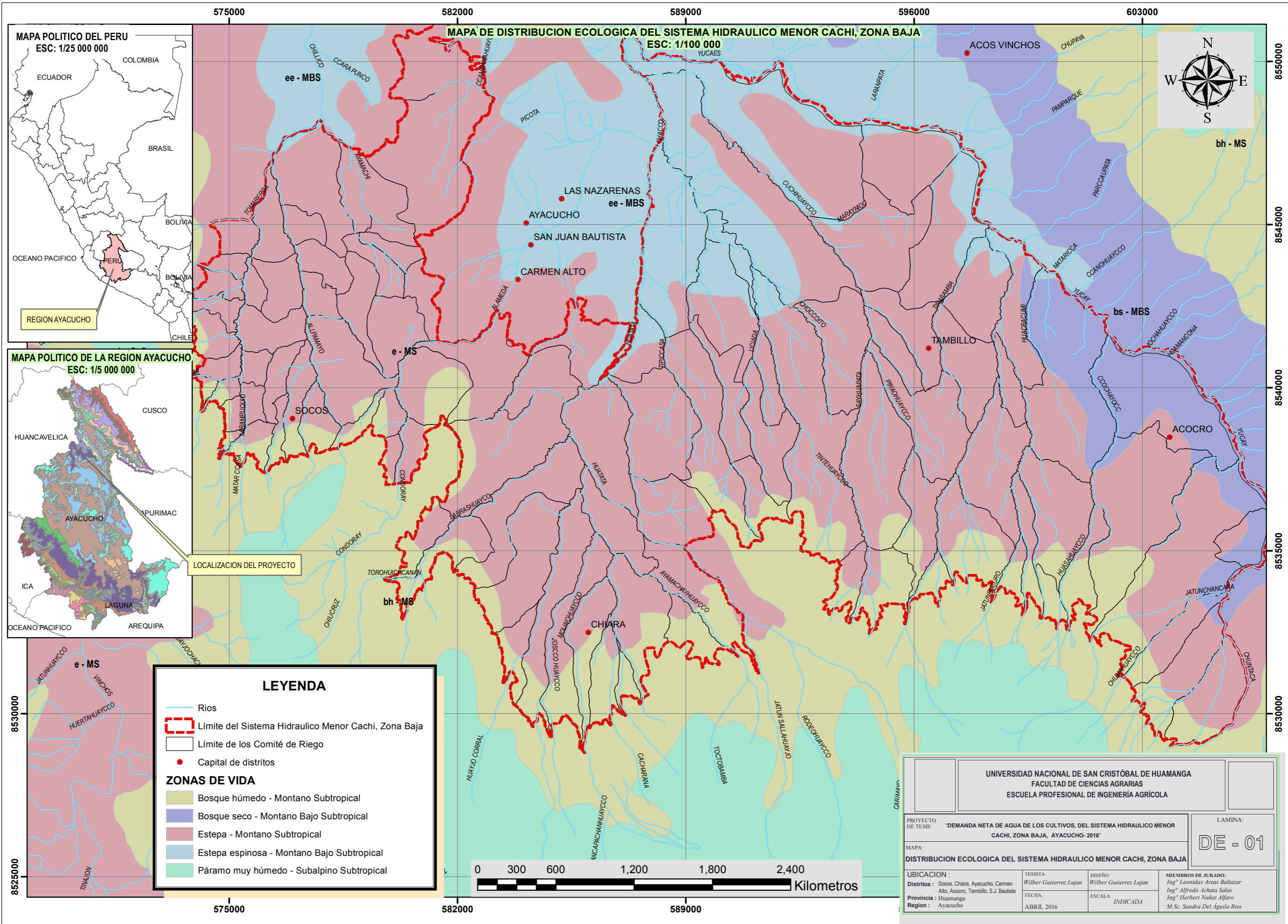
FECHA: **ABRIL 2016**

DISEÑO: **Wilber Gutierrez Lujan**

ESCALA: **INDICADA**

MIEMBROS DE JURADO:
Ing° Leonidas Areas Balazar
Ing° Alfredo Achata Salas
Ing° Herbert Nunez Alfaro
M.Sc. Sandra Del Aguila Rios

LAMINA: **SH - 01**



LEYENDA

- Rios
- Límite del Sistema Hidraulico Menor Cachi, Zona Baja
- Límite de los Comité de Riego
- Capital de distritos

ZONAS DE VIDA

- Bosque húmedo - Montano Subtropical
- Bosque seco - Montano Bajo Subtropical
- Estepa - Montano Subtropical
- Estepa espinosa - Montano Bajo Subtropical
- Páramo muy húmedo - Subalpino Subtropical

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRÍCOLA

PROYECTO DE TESIS: "DEMANDA NETA DE AGUA DE LOS CULTIVOS, DEL SISTEMA HIDRAULICO MENOR CACHI, ZONA BAJA, AYACUCHO- 2016"

MAPA: **DISTRIBUCION ECOLOGICA DEL SISTEMA HIDRAULICO MENOR CACHI, ZONA BAJA**

UBICACION:
Distritos: Socos, Chiara, Ayacucho, Carmen Alto, Acocro, Tambillo, S.J. Bautista
Provincia: Huamanga
Region: Ayacucho

TESISTA:
Wilber Gutierrez Lujan

DISEÑO:
Wilber Gutierrez Lujan

FECHA:
ABRIL 2016

ESCALA:
INDICADA

MIEMBROS DE JURADO:
Ing. Leonidas Areas Baltazar
Ing. Alfredo Achata Salas
Ing. Herbert Nuñez Alfaro
M.Sc. Sandra Del Aguila Rios

LAMINA:
DE - 01

