

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(Creada por Ley N° 25265)



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA TESIS

**“Evapotranspiración Potencial (ETP), del Cultivo de Arveja
(*Pisum sativum* L.), con tres niveles de capa freática en
Acobamba Huancavelica.”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

TECNOLOGÍA DE RIEGO

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

MARVIN JHONN CORDERO EGOAVIL

ACOBAMBA - HUANCAMELICA

2017

ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad Universitaria "COMUN ERA" auditorio de la Facultad de Ciencia Agrarias a los 27 días del mes de Enero del año 2017, a horas 02:00 pm. Se reunieron; los miembros del Jurado Calificador conformado de la siguiente manera.

PRESIDENTE : Ph. D. Agustín PERALES ANGOMA

SECRETARIO : Mg. Marino BAUTISTA VARGAS

VOCAL : M. Sc. Julián Leonardo MANTARI MALLQUI

ACCESITARIO : Dr. Gregorio José ARONE GASPAS

Designados con la **Resolución N°003 – 2017 – D – FCA – UNH**; del: proyecto de investigación o examen de capacidad o informe técnico u otros. Titulado:

"EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (ETP), DEL CULTIVO DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.) CON TRES NIVELES DE CAPA FREÁTICA EN ACOBAMBA – HUANCVELICA".

Cuyo autor es el graduado:

BACHILLER : Marvin Jhonn CORDERO EGOAVIL

ASESORADO POR : M. C. Ing. Jesús Antonio JAIME PIÑAS

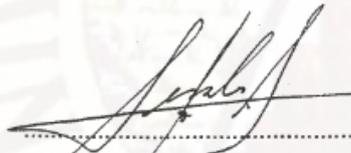
A fin de proceder con la evaluación y calificación de la sustentación del: proyecto de investigación o examen de capacidad o informe técnico u otros antes citado.

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

APROBADO POR UNANIMIDAD

DESAPROBADO

En conformidad a lo actuado firmamos al pie.


.....
Ph. D. Agustín PERALES ANGOMA

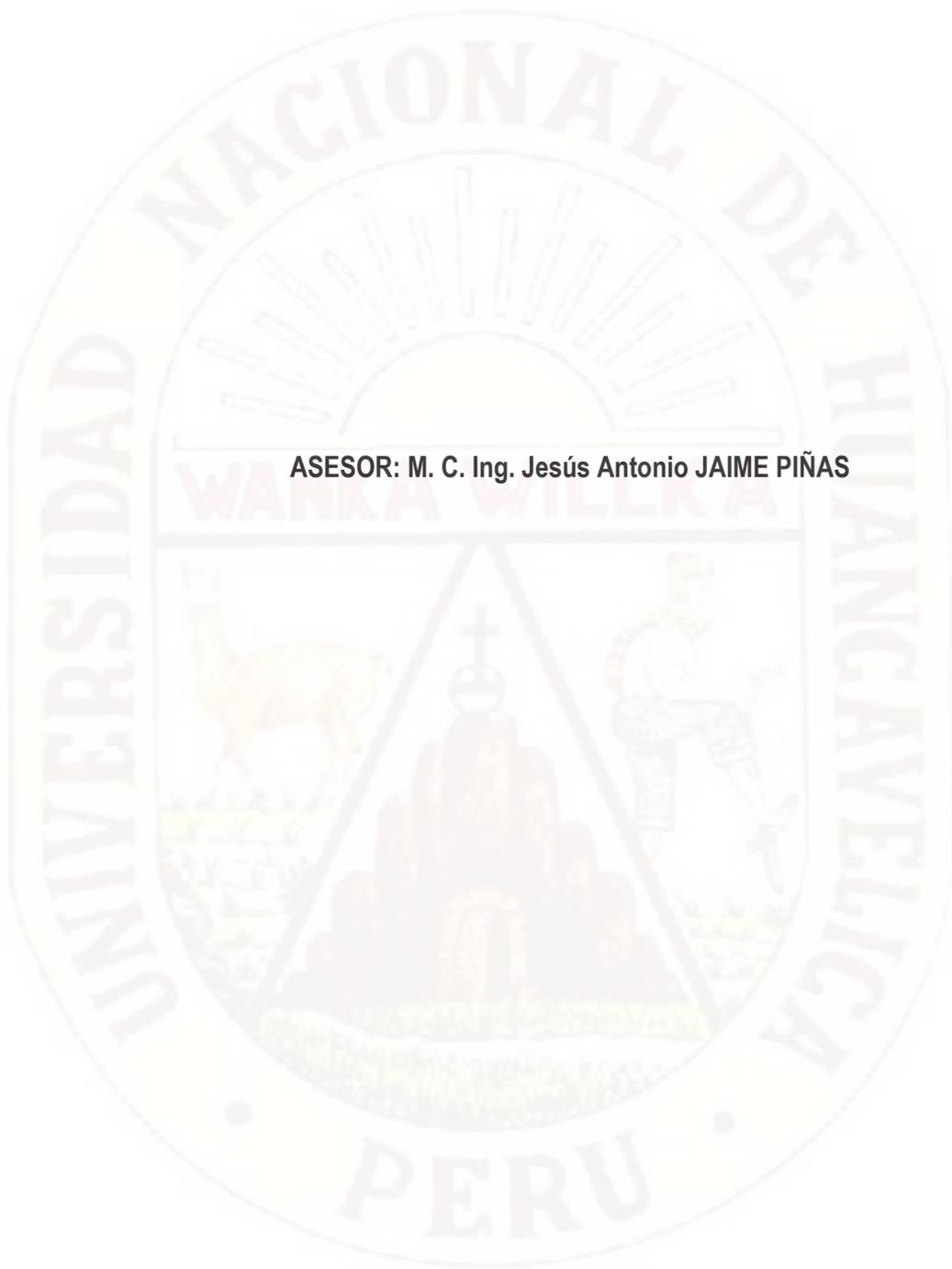
PRESIDENTE


.....
Mg. Marino BAUTISTA VARGAS

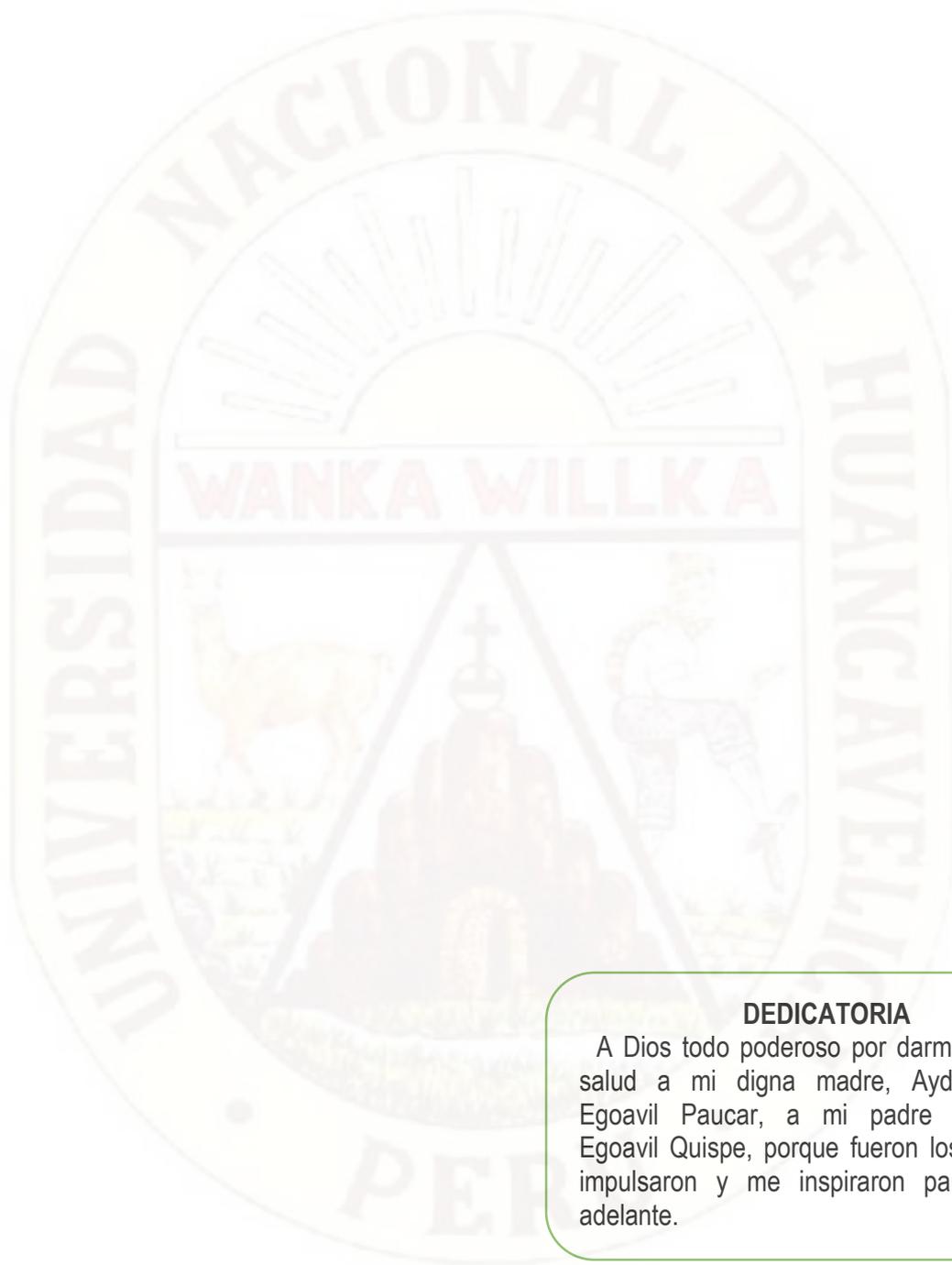
SECRETARIO


.....
M. Sc. Julián Leonardo MANTARI MALLQUI

VOCAL



ASESOR: M. C. Ing. Jesús Antonio JAIME PIÑAS



DEDICATORIA

A Dios todo poderoso por darme la vida, salud a mi digna madre, Ayda Liliana Egoavil Paucar, a mi padre Benjamín Egoavil Quispe, porque fueron los que me impulsaron y me inspiraron para seguir adelante.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	
CAPÍTULO I: PROBLEMA	
1.1. Planteamiento de problema	01
1.2. Formulación de problema	02
1.3. Objetivos: General y específicos	02
1.4. Justificación	03
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes	04
2.2. Bases Teóricas	05
2.2.1. Evapotranspiración	05
2.2.2. Lisímetro	07
2.2.3. Uso Consuntivo	07
2.2.4. Necesidad de agua de los cultivos	11
2.2.5. Cultivo de Arveja	15
A. Morfología de la arveja	16
B. Diversidad de planta	17
C. Altura de planta, tipo de follaje, diversidad de producto	17
D. Exigencias del cultivo	17
2.3. Hipótesis	18
2.4. Variables de estudio	18
2.4.1. Variables Independientes	18
2.4.2. Variables Dependientes	19
2.4.3. Variable Interviniente	19
2.4.4. Definición operativa de variables e indicadores	19
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	
3.1. Ámbito de estudio	20

3.2. Tipo de investigación	20
3.3. Nivel de investigación	21
3.4. Método de investigación	21
3.5. Diseño de investigación	22
3.5.1. Tratamientos y repeticiones del Estudio	22
3.5.2. Croquis Experimental y Distribución	22
3.5.3. Características del diseño Experimental	22
3.6. Población, Muestra y Muestreo	23
3.7. Técnica e instrumentos de recolección de datos	23
3.8. Procedimiento de recolección de datos	24
3.9. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos	24
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	
4.1. Presentación de resultados	25
4.1.1. Análisis del suelo	25
4.1.2. Fórmulas de Abonamiento	26
4.1.3. Emergencia de Plantas de Arveja	26
4.1.4. Altura de Plantas de Arveja	29
4.1.5. Número de Vainas por Tratamiento	31
4.1.6. Rendimiento de Plantas por Tratamiento	34
4.1.7. Evapotranspiración Potencial de los Tratamientos	36
4.1.8. Evapotranspiración de los Tratamientos y repeticiones	39
4.1.9. Cálculos de Riego para el Cultivo de Arvejas	39
4.2. Discusión	42
Conclusiones	43
Recomendaciones	45
Referencia bibliográfica	46
Artículo científico	47
Anexos	54
Gráficos, cuadros, imágenes	55

ÍNDICE DE TABLA

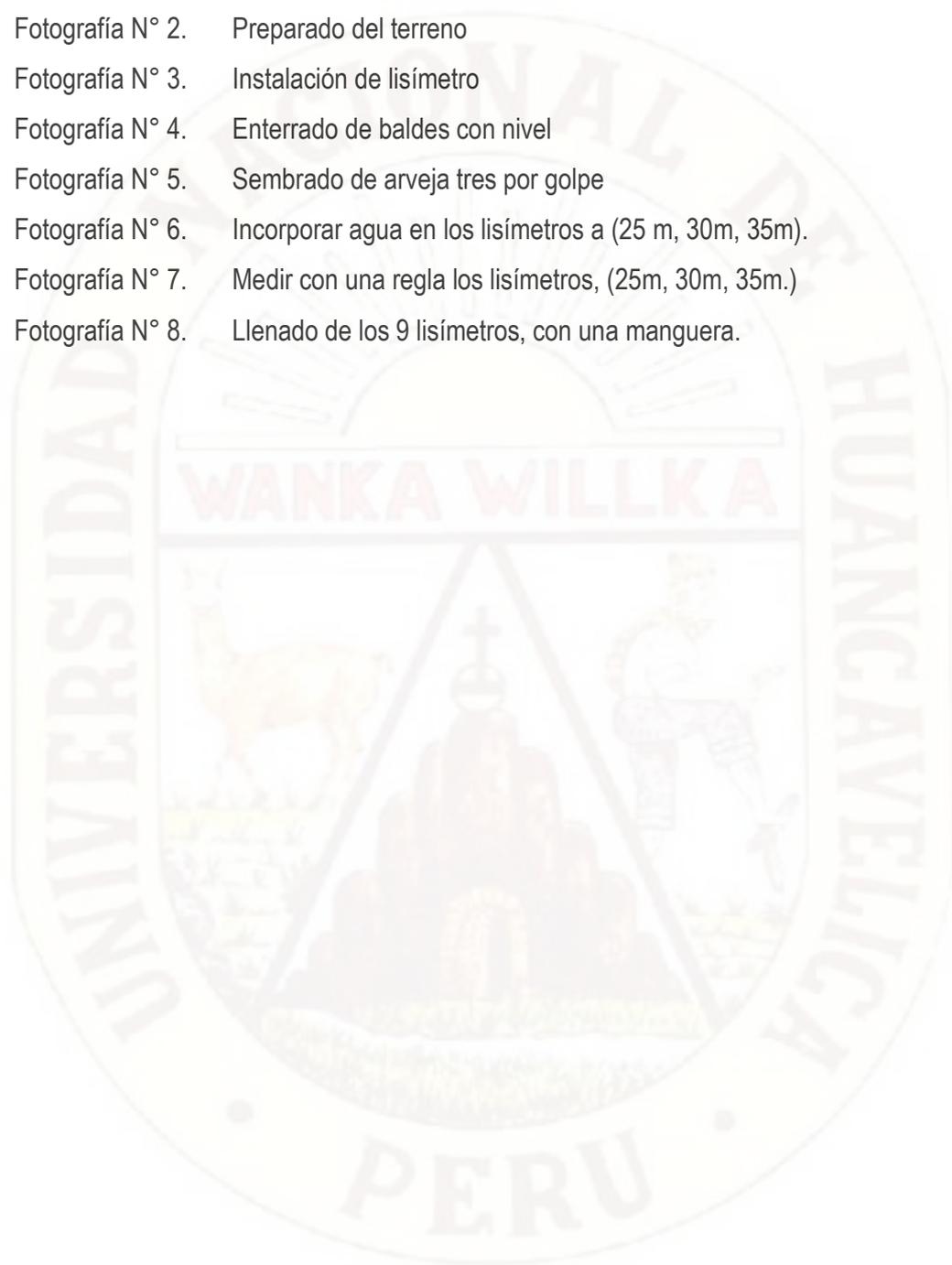
	Pág.
Tabla 1. Coeficientes de uso consuntivo (kc^*) de los cultivos.	10
Tabla 2 Análisis mecánico.	25
Tabla 3 Análisis químico.	26
Tabla 4 Emergencia de la planta de arveja.	26
Tabla 5 Análisis de varianza del tratamiento, emergencia.	27
Tabla 6 Prueba de significación de Tukey, emergencia.	27
Tabla 7 Altura de planta.	29
Tabla 8 Análisis de altura de planta.	29
Tabla 9 Prueba de significación de Tukey para altura de planta	30
Tabla 10 Prueba de significación de Tukey para altura de planta.	30
Tabla 11 Análisis de varianza número de vainas.	32
Tabla 12 Prueba de significación de Tukey, numero de vainas.	32
Tabla 13 Rendimiento de plantas de arveja.	34
Tabla 14 Análisis de varianza del rendimiento.	34
Tabla 15 Prueba de significación de Tukey, rendimiento.	35
Tabla 16 Evapotranspiración de planta de arveja.	36
Tabla 17 Análisis de varianza de evapotranspiración.	37
Tabla 18 Prueba de significación de Tukey, evapotranspiración	37
Tabla 19 Perdida de agua por evapotranspiración.	39
Tabla 20 Cálculos de la demanda de agua total en la investigación.	39
Tabla 21 Cálculos de la demanda de agua total en m^3 / ha^{-1} .	40

ÍNDICE DE FIGURA

	Pág.
Figura 1. Distribución de los tratamientos en el campo experimental	22
Figura 2. Representación gráfica de la emergencia en días/ tratamiento	28
Figura 3. Representación gráfica de la emergencia de plantas de arveja	28
Figura 4. Representación gráfica, altura de planta en m/tratamiento	31
Figura 5. Promedio de alturas de plantas en m/tratamiento	31
Figura 6. Representación gráfica del número de vainas por tratamiento	33
Figura 7. Número de vainas en promedio por/tratamiento	33
Figura 8. Representación gráfica del rendimiento en kg / tratamiento	35
Figura 9. Promedio del rendimiento en kg/tratamiento	36
Figura 10. Evapotranspiración en litros por tratamiento	38
Figura 11. Evapotranspiración en litros por tratamiento en promedio	38
Figura 12. Demanda de agua en m^3/ha^{-1} calculados por la investigación.	41

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía N° 1. Preparado del terreno	55
Fotografía N° 2. Preparado del terreno	55
Fotografía N° 3. Instalación de lisímetro	56
Fotografía N° 4. Enterrado de baldes con nivel	56
Fotografía N° 5. Sembrado de arveja tres por golpe	57
Fotografía N° 6. Incorporar agua en los lisímetros a (25 m, 30m, 35m).	57
Fotografía N° 7. Medir con una regla los lisímetros, (25m, 30m, 35m.)	58
Fotografía N° 8. Llenado de los 9 lisímetros, con una manguera.	58



RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en “Vista Hermosa Casa Blanca” Acobamba – Huancavelica, con el objetivo de estudiar la evapotranspiración potencial del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.), establecer el canon de evapotranspiración potencial para las condiciones locales de Acobamba, establecer el nivel óptimo de capa freática y comparar las necesidades de agua, para establecer las demandas de riego en periodos de mayor necesidad del cultivo de arveja. Se utilizó el Diseño Experimental de Bloques Completamente Randomizados, con tres tratamientos, tres repeticiones, empleando para el estudio lisímetros para cada uno de ellos, para disminuir el efecto borde se sembró plantas de Arveja alrededor del área experimental, durante todo el proceso se realizó pruebas de confrontación de datos referidos a las cantidades de agua agregados en cada lisímetro según las distintas capas freáticas en estudio. Los resultados indican que el nivel óptimo de capa freática para el cultivo de arveja en las condiciones de Acobamba para cálculos de riego se presenta a una profundidad de 0.25 m de capa freática, la tasa de la evapotranspiración potencial fue: Fase inicial 107.78 m³/ha⁻¹; Fase de desarrollo: 323.48 m³ / ha⁻¹; Fase de fructificación: 574.92 m³ / ha⁻¹; Fase de madurez: 574.92 m³ / ha⁻¹. Los coeficientes de cultivo calculados para la zona de Acobamba fueron: Fase inicial: Kc = 0.536; Fase de desarrollo: Kc= 1.442; Fase de fructificación: Kc= 1.642; Fase de madurez: Kc= 0.692. Por otro lado, la demanda de agua para riego del cultivo de arveja variedad (Usui) en Acobamba Huancavelica es: Fase inicial: 121.43 m³/ha⁻¹; Fase de desarrollo: 285.88 m³/ha⁻¹; Fase de fructificación: 348.07 m³/ha⁻¹; Fase de madurez: 169.17 m³/ha⁻¹. Los resultados obtenidos permitirán adaptarse en los cálculos de necesidad hídrica del cultivo de arveja en sus “distintas etapas fenológicas” así como para el cálculo de la demanda de agua con fines de formular proyectos de riego.

Palabras claves: Riego, evapotranspiración, arveja.

INTRODUCCIÓN

La producción agrícola en la provincia de Acobamba Huancavelica, al igual que en otras regiones de nuestro país es prioridad nacional teniendo en cuenta el crecimiento poblacional de los mismos, en Acobamba el abastecimiento del mercado con productos agrícolas mayormente proceden del Valle del Mantaro Junín u de otros lugares alejados, la producción obtenida por las unidades agrícolas en Acobamba manifiestan rendimientos pobres y distantes del promedio nacional, sin embargo estos podrían incrementarse con buenas prácticas agrícolas y mediante cálculos de requerimientos de demanda de agua de los cultivos realistas al plantearse proyectos de riego en esta parte del país. Los diferentes factores de la producción agrícola a fin de incrementar las cosechas son cada vez más estudiados y/o controlados por el hombre sin embargo a un son insuficientes tal es así que el incremento de la producción y productividad agrícola se ha convertido en la actualidad en una necesidad que se tiene que superar para que la población pueda satisfacer sus necesidades de alimentación y por ende alcanzar el desarrollo económico y social de sus localidades. Es por esta razón que conociendo que el cultivo de arveja es un producto bandera y más cultivada en esta zona y, no habiendo ningún estudio referido a la evapotranspiración de este, a pesar de ser de importancia para el cálculo del manejo de riego, la presente investigación trata de **“Evapotranspiración Potencial (ETP), del Cultivo de Arveja (*Pisum sativum* L.), con Tres Niveles de Capa Freática en Acobamba Huancavelica.”** Siendo el objetivo general: establecer la Evapotranspiración Potencial (ETP), del Cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.), en tres niveles de capa freática en Acobamba Huancavelica y, los objetivos específicos: Comparar entre sí, para las condiciones locales, las tasas de evapotranspiración potencial (ETP) a partir de diferentes niveles de capa freática, obtener los coeficientes de cultivo (Kc) de arveja a través de la relación ETA / ETP ., determinar la lámina de riego a aplicar durante el ciclo vegetativo para el cultivo de arveja en las condiciones de Acobamba Huancavelica, establecer la demanda de agua para el riego de arveja en Acobamba Huancavelica, comprobar la relación existente entre la producción de arveja y el volumen de agua consumida y, finalmente llegar a otros resultados que puestos en práctica contribuyan a incrementar la producción de los cultivos y, sea útil al sector especializado de investigadores, ingenieros agrónomos, estudiantes y agricultores.

CAPÍTULO I

PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El manejo de agua para riego requiere adecuadas estimaciones de los requerimientos de riego de los cultivos, lo cual significa conocer con precisión el uso de agua de estos. A pesar de la baja disponibilidad de recursos hídricos en Acobamba, poca investigación se ha llevado adelante relacionada a la determinación de los requerimientos de riego bajo las condiciones prevalentes de clima y suelo. Esto hace difícil el dimensionamiento de los sistemas de riego, lo cual resulta en errores significativos en el cálculo de los requerimientos de agua para esas condiciones, especialmente en el caso de arvejas andinos ya que ellos presentan singulares dinámicas relacionadas al sistema agua, suelo, planta, atmósfera. Adicionalmente, el coeficiente de cultivo (K_c) de arveja son raramente disponibles a nivel de estudios en pisos ecológicos similares de la sierra peruana y, su sensibilidad y respuesta a la adición de agua no ha sido numéricamente definida.

La Arveja (*Pisum sativum* L.), cultivo de mayor importancia económica para los agricultores de Acobamba que en las condiciones locales indica un cultivo bien adaptado a ambientes de baja disponibilidad de agua y a variaciones intensas de la temperatura. Sin embargo, las necesidades de riego de este cultivo no han sido completamente determinadas ni tampoco su curva de sensibilidad al déficit hídrico, lo cual podría dar luces sobre el mejor manejo de los limitados recursos hídricos disponibles orientados al riego.

Para calcular los requerimientos de riego de cualquier cultivo bajo las condiciones prevalentes de lluvia de una localidad dada, se debe: determinar la demanda de agua mantenido a niveles óptimos (ETA) y, la demanda del cultivo de referencia (ETP) con la finalidad de calcular el coeficiente de uso consuntivo in situ y no utilizar información obtenida en otras latitudes que conlleva a crasos errores para calcular la evapotranspiración cultivo (ETA) que relacionados con la precipitación confiable o dependiente (PD), no permite obtener los requerimientos netos de riego del cultivo; la inexactitud del cálculo con estos pasos hace que los valores determinados de la demanda de agua de riego sean deficientes,

resultando en un sobre o sub dimensionamiento de los sistemas de riego. Por ello, se percibe la necesidad de contar con un método aceptable de cálculo de necesidades de riego de arveja bajo las condiciones locales de poca disponibilidad de datos meteorológicos y tomando en cuenta la especificidad del cultivo.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuánto es la evapotranspiración Potencial (ETP), del Cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.), en tres niveles de capa freática en Acobamba Huancavelica?

1.3. OBJETIVOS:

General.

- ✓ Establecer la Evapotranspiración Potencial (ETP), del Cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.), en tres niveles de capa freática en Acobamba Huancavelica.

Específicos:

- ✓ Registrar el periodo de emergencia, comparar entre si la emergencia en los diferentes tratamientos
- ✓ Medir la altura de las plantas de arveja, comparar entres sí; la altura de la planta en los diferentes tratamientos.
- ✓ Contabilizar y comparar el número de vainas, entre si. los números de vainas en los diferentes tratamientos en grano verde (peso)
- ✓ Determinar el rendimiento/ planta. comparar entre si los diferentes tratamientos para el rendimiento del cultivo en la variedad (usui)
- ✓ Estimar (ETP), Comparar entre sí, para las condiciones locales, las tasas de evapotranspiración potencial (ETP) a partir de diferentes niveles de capa freática.
- ✓ Calcular (Kc) y obtener los coeficientes de cultivo (Kc) de arveja a través de la relación ETA / ETP .
- ✓ Establecer la demanda de agua para el riego de arveja en Acobamba Huancavelica.
- ✓ Comprobar la relación existente entre la producción de arveja y el volumen de agua consumida.

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Científico: La investigación fue orientada de forma íntegra a solucionar problemas directos de las necesidades hídricas de los cultivos en la formulación de proyectos de riego los que actualmente, toman como referencia información de otras latitudes y, longitudes de nuestro planeta lo cual, conlleva crasos errores que al plantear cédulas de cultivo en doble campaña de producción La tesis realizada corresponde un trabajo de investigación científico, que nos permitió obtener datos de evapotranspiración potencial y coeficientes de cultivo (K_c), verídicos para ser utilizados en lugares parecidos a la propuesta, ésta información obtenida permitirá el diseño agronómico de los sistemas de riego de manera adecuada, confiable, validada.

Social: El presente trabajo de investigación busco mediante una tecnología productiva sencilla en un lisímetro determinar el Uso Consuntivo del cultivo (K_c) in situ, información que en el futuro se constituya en una importante fuente del saber científico que debe ser incentivado, validado y sistematizado para su difusión en el planteamiento correcto de proyectos de riego. y, con ello brindando estabilidad, bienestar individual, familiar; mayor participación social y comunitaria de las organizaciones de regantes, resurgiendo los valores ancestrales, finalmente, garantiza promover la capacitación y la creatividad del agricultor en las actividades agrícolas y especialmente tecnología de riego.

Económico: El conocimiento adecuado de la evapotranspiración potencial a nivel local nos ofrece información real para estimar el uso consuntivo del cultivo información que, a su vez, asentirá planificar una programación adecuada de riego del cultivo de arveja, consecuentemente se obtendrán mejores cosechas y réditos económicos en beneficio del productor en el futuro.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

La **Evapotranspiración** depende de condiciones climáticas, condiciones de humedad del suelo y, del desarrollo fisiológico de un cultivo; sin embargo, las demandas de evapotranspiración potencial para un proyecto, generalmente se pueden estimar si se sabe la evapotranspiración potencial (ETP) para el cultivo de referencia y, aplicándoles a esta evapotranspiración un coeficiente K_c que relaciona la demanda de agua de un cultivo con (ETP). En cualquier etapa de desarrollo desde la siembra hasta la cosecha. La evapotranspiración (ETA) de un cultivo se puede tasar como $ETA = K_c \times ETP$, donde (ETA) generalmente tiene unidades de lámina / tiempo. Sabiendo luego, la extensión de área de cada cultivo se puede estimar la demanda total de agua por los cultivos¹.

El Perú cuenta con 5'475.976 Has⁻¹ (INEI, 1994) cultivables, de las cuales 2'833.817 se ubican en la sierra (69% en secano y 31% bajo riego), áreas en las que el agua de riego se maneja con una eficiencia que varía del 20 al 30%. Entre los años de 1980 y 1986, y en el marco de las acciones del Convenio Instituto de Investigación y Promoción Agraria – Proyecto Especial de Pequeñas y Medianas Irrigaciones (INIPA-PEPMI), se desarrolló un programa de investigación que buscó contribuir al mejoramiento de la práctica de riego en el país, principalmente en la sierra, mejorar la planificación agrícola, apoyar el desarrollo eficiente de las infraestructuras de riego y la planificación de sistemas mejorados (goteo, aspersión, etc.), tanto a nivel de fundos como de parcelas. Uno de los objetivos específicos del programa fue determinar el coeficiente de uso consuntivo (K_c) de los principales cultivos de la sierra: papa, maíz, trigo, arvejas, arvejas y hortalizas. Los trabajos se efectuaron bajo condiciones del valle del Mantaro, cuya ejecución estuvo a cargo del CIPA XII (hoy INIA) Estación Experimental Huancayo y el Plan MERIS I (institución desactivada)².

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Evapotranspiración

Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos referido a la Evapotranspiración del cultivo menciona que la evapotranspiración (ET) es una combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo, complementa que la evaporación y la transpiración ocurren simultáneamente y no hay una manera sencilla de distinguir entre estos dos procesos. Aparte de la disponibilidad de agua en los horizontes superficiales, la evaporación de un suelo cultivado es determinada principalmente por la fracción de radiación solar que llega a la superficie del suelo. Esta fracción disminuye a lo largo del ciclo del cultivo a medida que el cultivo proyecta más y más sombra sobre el suelo. En las primeras etapas del cultivo, el agua se pierde principalmente por evaporación directa del suelo, pero con el desarrollo del cultivo y finalmente cuando este cubre totalmente el suelo, la transpiración se convierte en el proceso principal³.

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. Para cambiar el estado de las moléculas del agua de líquido a vapor se requiere energía. La radiación solar directa y, en menor grado, la temperatura ambiente del aire, proporcionan esta energía. La fuerza impulsora para retirar el vapor de agua de una superficie evaporante es la diferencia entre la presión del vapor de agua en la superficie evaporante y la presión de vapor de agua de la atmósfera circundante. A medida que ocurre la evaporación, el aire circundante se satura gradualmente y el proceso se vuelve cada vez más lento hasta detenerse completamente si el aire mojado circundante no se transfiere a la atmósfera o en otras palabras no se retira de alrededor de la hoja. El reemplazo del aire saturado por un aire más seco depende grandemente de la velocidad del viento. Por lo tanto, la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento son parámetros climatológicos a considerar al evaluar el proceso de la evaporación. Cuando la superficie evaporante es la superficie del suelo, el grado de cobertura del suelo por parte del cultivo y la cantidad de agua disponibles en la superficie evaporante son otros factores que afectan el proceso de la evaporación. Lluvias frecuentes, el riego y el ascenso capilar en un suelo con manto freático poco profundo, mantienen mojada la superficie del suelo. En zonas en las que el suelo es capaz de proveer agua con velocidad suficiente para satisfacer la demanda de la

evaporación del suelo, este proceso está determinado solamente por las condiciones meteorológicas³.

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. El agua, junto con algunos nutrientes, es absorbida por las raíces y transportada a través de la planta. La vaporización ocurre dentro de la hoja, en los espacios intercelulares, y el intercambio del vapor con la atmósfera es controlado por la abertura estomática. Casi toda el agua absorbida del suelo se pierde por transpiración y solamente una pequeña fracción se convierte en parte de los tejidos vegetales. La transpiración, igual que la evaporación directa, depende del aporte de energía, del gradiente de presión del vapor y de la velocidad del viento. Por lo tanto, la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y el viento también deben ser considerados en su determinación. El contenido de agua del suelo y la capacidad del suelo de conducir el agua a las raíces también determinan la tasa de transpiración, así como la salinidad del suelo y del agua de riego. La tasa de transpiración también es influenciada por las características del cultivo, el medio donde se produce y las prácticas de cultivo. Diversas clases de plantas pueden tener diversas tasas de transpiración. Por otra parte, no solamente el tipo de cultivo, sino también su estado de desarrollo, el medio donde se produce y su manejo, deben ser considerados al evaluar la transpiración³.

2.2.2.- Lisímetro.

Lisímetros son aparatos que permiten medir la evapotranspiración de los cultivos que están dentro de ellos. Estos consisten en un sistema de suelo aislado con un cultivo en este sistema, incide aún más al mencionar que “Los lisímetros son los métodos más adecuados para medir directamente el ritmo de evapotranspiración”, con relación a lisímetros de nivel freático constante refiere que este consiste en un tanque con suelo en el que se mantiene el nivel freático constante en el suelo por medio de un reservorio que provee el agua a este tanque, al ritmo que se va utilizando por evapotranspiración¹.

2.2.3.- Uso consuntivo (Kc)

Se distingue ya una resistencia del cultivo, denominada resistencia estomática, y una resistencia aerodinámica que corresponde a las condiciones aerodinámicas de la superficie para la transferencia del agua entre el aire y la superficie. La resistencia estomática es debida a la respuesta de los estomas, que son los orificios por donde sale el vapor de agua de las hojas de las plantas, y que responden a procesos fisiológicos

como la regulación térmica, principalmente, y mantienen el flujo de agua en el interior de la planta, que es el único mecanismo de entrada de nutrientes del suelo a través de las raíces. Tras la definición de Penman - Monteith, conocida también como el método de Penman modificado, surgieron diversas modificaciones, basadas en definir esas resistencias estomática y aerodinámica, que se suelen agrupar en un único término conocido como coeficiente de cultivo. La mayoría de las investigaciones han tratado de definir las variables aerodinámicas para diferentes superficies de cultivos. Ya en esta década se ha visto la gran dificultad de definir coeficientes de cultivo que sean aplicables a cualquier zona del planeta, debido, sobre todo, a la dificultad de obtener datos meteorológicos suficientes para definir bien esas condiciones aerodinámicas, así como la dificultad de tener una misma especie de referencia, cuyas características de superficie sean aplicables en otras regiones⁴.

Referido a estudios de uso consuntivo menciona que entre los años de 1980 y 1986, y en el marco de las acciones del Convenio Instituto de Investigación y Promoción Agraria – Proyecto Especial de Pequeñas y Medianas Irrigaciones (INIPA-PEPENMAN - MONTEITHI), se desarrolló un programa de investigación que buscó contribuir al mejoramiento de la práctica de riego en el país, principalmente en la sierra, mejorar la planificación agrícola, apoyar el desarrollo eficiente de las infraestructuras de riego y la planificación de sistemas mejorados (goteo, aspersión, etc.), tanto a nivel de fundos como de parcelas. Uno de los objetivos específicos del programa fue determinar el coeficiente de uso consuntivo (Kc) de los principales cultivos de la sierra: papa, maíz, trigo, arvejas, arvejas y hortalizas⁹.

Los trabajos se efectuaron bajo condiciones del valle del Mantaro, cuya ejecución estuvo a cargo del CIPA XII (hoy INIA) Estación Experimental Huancayo y el Plan MERIS I (institución desactivada), infiere así mismo que los coeficientes de Uso consuntivo (Kc), son datos muy valiosos que se usan para determinar la posible área de riego, de un proyecto, de una finca, etc. sobre la base de un volumen disponible de agua. Sus aplicaciones son múltiples, y se listan a continuación:

1. Permite elaborar calendarios de riego para los cultivos, fijar láminas e intervalos de riego en función de la eficiencia de riego. Esto permite apoyar la planificación de cultivos y riegos por cultivos.
2. En el caso de agua de riego con alto contenido de sales en solución, el uso consuntivo permite determinar las láminas de sobre riego, necesarias para prevenir problemas de salinización de los suelos.
3. Estimar los volúmenes adicionales de agua que serán necesarios aplicar a los cultivos en el caso que la lluvia no aporte la cantidad suficiente de agua.

4. Determinar en grandes áreas (cuencas) los posibles volúmenes de agua en exceso a drenar.
5. Determinar en forma general la eficiencia con la que se está aprovechando el agua y por lo mismo, planificar debidamente el mejoramiento y superación de todo el conjunto de elementos que intervienen en el desarrollo de un distrito de riego.

Con relación a trabajos de investigación sobre el mismo tema el autor describe que los trabajos de investigación necesarios para determinar el coeficiente de uso consuntivo del agua en los Andes Centrales Peruanos se realizaron durante siete años (1980 a 1986) y en tres campañas para cada cultivo; a excepción del trigo, espinaca y acelga, ya que dichos cultivos sólo se trabajaron durante dos campañas. Estos trabajos se llevaron a cabo en dos zonas específicas: los campos de la Estación Experimental Santa Ana, ubicados en la localidad de Hualaoyo, provincia de Huancayo, Departamento de Junín, y en el Centro Demostrativo del Sub-Proyecto "La Huaycha" MERIS-I (desactivado), ubicado en el mismo departamento. La estación Experimental, se encuentra a unos 5 kilómetros de la ciudad de Huancayo por la margen izquierda del río Mantaro, a una altitud de 3.313 msnm. Latitud de 12° 02' 18.1" S y Longitud de 75° 19' 22" W. El Centro Demostrativo se encuentra a 11 kilómetros de la ciudad de Huancayo por la margen derecha en el Distrito de Orcotuna, ubicado a una altitud de 3238 msnm. Latitud de 11°56'00"S y Longitud 75°20'00"W. Ambos lugares se caracterizan por presentar temperaturas que fluctúan desde -8° C hasta 20° C, con una media de 12° C, y vientos ligeros durante el día y calmados durante la noche. Las precipitaciones varían de 500 a 800 mm., anuales, concentrándose éstas en los meses de diciembre, enero y febrero. Esta zona presenta humedad relativa de 56 a 77%, alta insolación (7- 10 horas al día) y evaporación promedio de 5,7 mm/día. Finalmente, en la Tabla 1 se presentan los diferentes valores del coeficiente de uso consuntivo (Kc) determinados por el método lisímetro, para los cultivos propios del área de riego del valle del Mantaro. Todos los cultivos fueron manejados casi en un 90% en la campaña mayo- diciembre de cada año, evitando de esta manera la influencia que pudieron tener las lluvias, las mismas que se presentan en mayor intensidad durante los meses de diciembre a febrero⁵.

Tabla 1. Coeficientes de uso consuntivo (Kc^*) de los principales cultivos de los Andes Centrales de Perú, determinados para varias etapas de crecimiento.

Cultivos	Días desde siembra hasta cosecha														
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Papa	0.18	0.23	0.30	0.40	0.53	0.70	0.84	0.94	1.01	1.05	1.07	1.04	0.95	0.80	0.50
Maíz choclo	0.26	0.30	0.35	0.42	0.51	0.62	0.73	0.83	0.91	0.97	1.01	1.02	1.00	0.93	0.80
Arveja verde	0.24	0.30	0.36	0.44	0.54	0.67	0.77	0.86	0.93	0.96	0.99	1.00	0.96	0.88	0.76
Arveja verde	0.30	0.34	0.40	0.48	0.60	0.71	0.80	0.87	0.93	0.96	0.97	0.97	0.94	0.86	0.77
Trigo *	0.25	0.36	0.50	0.65	0.78	0.90	0.98	1.04	1.09	1.11	1.12	1.08	0.98	0.94	0.51
Col	0.18	0.23	0.31	0.41	0.53	0.66	0.76	0.85	0.93	0.96	0.98	0.97	0.94	0.85	0.72
Acelga (*)	0.17	0.21	0.28	0.38	0.51	0.64	0.82	0.91	0.97	1.01	1.02	0.99	0.91	0.78	
Cebolla	0.28	0.34	0.42	0.52	0.62	0.71	0.78	0.84	0.84	0.91	0.92	0.92	0.90	0.85	0.74
Espinaca(*)	0.18	0.22	0.32	0.48	0.71	0.92	1.04	1.06	1.06	0.94	0.73				
Lechuga	0.21	0.28	0.37	0.50	0.67	0.82	0.91	0.96	0.96	0.91	0.79				
Zanahoria	0.34	0.41	0.51	0.60	0.70	0.81	0.90	0.97	1.03	1.07	1.09	1.09	0.96	0.96	0.80

Papa	0.24	0.54	80	1.05	0.75
Maíz choclo	0.30	0.52	0.93	1.00	0.91
Arveja verde	0.30	0.55	0.82	0.98	0.87
Arveja verde	0.35	0.60	0.85	0.97	0.86

(Kc^*) obtenidos en base a dos campañas

La guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos referida a la Evapotranspiración del cultivo en el Capítulo 5. Introducción a la evapotranspiración del cultivo (ET_c); describe la metodología del coeficiente del cultivo para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ET_c). Las condiciones estándar de los cultivos son: que se desarrollen en campos extensos, bajo condiciones agronómicas excelentes y sin limitaciones de humedad en el suelo. La evapotranspiración de un cultivo será diferente a la del cultivo de referencia (ET_o) en la medida en que sus características de cobertura del suelo, propiedades de la vegetación y resistencia aerodinámica difieran de las correspondientes al pasto. Los efectos de las características que distinguen al cultivo del pasto están incorporados en el coeficiente del

cultivo (K_c). En la metodología del coeficiente del cultivo, la evapotranspiración del cultivo se calcula multiplicando (E_{To}) por (K_c)⁵.

2.2.4. Necesidad de agua de los cultivos

La aplicación para la programación de riegos en tiempo real; refiere que la programación de los riegos implica determinar cuándo se ha de regar y cuánta agua aplicar, para lo cual es imprescindible conocer las características del cultivo, las características físicas del suelo y las condiciones climáticas de la zona. Puede ser una herramienta para conseguir diversos objetivos, como conseguir la máxima producción, mejorar la calidad de los productos, desarrollar todo el potencial de la instalación del sistema de riego, ahorrar abonos, reducir la contaminación ambiental, etc. Además, en regiones como Andalucía, con recursos hídricos escasos, el uso eficiente del agua deberá ser siempre un objetivo a conseguir. Menciona así mismo que ya es conocido que la cantidad de agua que las plantas transpiran es mucho mayor que la que retienen y llega a formar parte de ellas (usada en procesos de crecimiento y fotosíntesis). La cantidad de agua que supone la transpiración y la evaporación suele considerarse de forma conjunta simplemente porque es muy difícil calcularla por separado. Por lo tanto, se considera que las necesidades de agua de los cultivos están representadas por la suma de la evaporación directa de agua desde el suelo más la transpiración de las plantas, en lo que se denomina evapotranspiración (ET). La evapotranspiración suele expresarse en milímetros de altura de agua evapotranspirada en cada día (mm/día) y es una cantidad que variará según el clima y el cultivo. Con relación a la Evapotranspiración de referencia expresa que para poder calcular la evapotranspiración (ET) se parte de un sistema ideado para este fin, consistente en medir el consumo de agua de una parcela de unas medidas concretas sembrada de hierba, con una altura de unos 10-15 centímetros, sin falta de agua y en pleno crecimiento, donde se ha colocado un instrumento de medida. Al dato obtenido se le denomina *Evapotranspiración de referencia* (E_{To}). Como el cultivo es siempre el mismo, será mayor o menor según sean las condiciones del clima (radiación solar, temperatura, humedad, viento, etc.) y del entorno (según se mida en el exterior o dentro de invernadero). Con frecuencia, la estimación de la evapotranspiración de referencia (E_{To}) no está dentro de las posibilidades del regante, que para obtenerla deberá recurrir a información proporcionada por entidades públicas o asociativas, centros de investigación y experimentación, etc. En relación a Programación y calendarios medios de riego infiere que las estrategias de riego son unos criterios generales, que se concretan elaborando un calendario medio de riegos en el que se precisa el momento del riego y la cantidad de agua que se aplica en cada uno de ellos. Contando con datos del cultivo, suelo y clima, se puede establecer un calendario medio de riegos asumiendo el caso más

simple, en el que se supone que la lluvia es nula durante el ciclo del cultivo y que los valores de evapotranspiración de referencia son los de la media de los últimos años, lo que suele producirse en cultivos de primavera - verano en zonas semiáridas. Para ello es preciso contar con datos de:

- Evapotranspiración de referencia (E_{To}) en la zona.
- Coeficiente de cultivo (K_c) del cultivo a regar en distintas fases de desarrollo de éste.
- Profundidad radicular media en distintas fases del cultivo.
- Intervalo de humedad disponible del suelo.
- Nivel de agotamiento permisible para el cultivo en cuestión.
- Datos diversos del sistema de riego como por ejemplo la eficiencia.

Deberá elegirse una estrategia para determinar el criterio con el cual se calculará el momento de efectuar el riego. Usando parte de los datos anteriormente citados se calcularán el Déficit de agua en el suelo y el Nivel de agotamiento permisible que indicarán el momento de riego, mientras que la cantidad de agua a aplicar dependerá del criterio elegido, aunque lo más frecuente es que se apliquen las necesidades brutas⁶.

Con relación a los métodos de determinación de la Evapotranspiración Potencial opina que la evapotranspiración es un fenómeno complejo debido a la diversidad de factores que lo afectan. Por una parte, se encuentran las condiciones ambientales imperantes en el momento en que se desea cuantificar su intensidad, las cuales se pueden agrupar bajo el concepto de factores climáticos, o meteorológicos según el caso; pero también son muy importantes las relativas a las características de la vegetación que cubre el suelo, dado que cada vegetal tiene requerimientos hídricos distintos, con lo cual la tasa de transpiración será diferente según la planta. Finalmente, la condición de humedad del suelo es un factor que también es decisivo en la magnitud del proceso, pues constituye la fuente de suministro hídrico, tanto para la transpiración vegetal como para la evaporación directa del agua del suelo. La distinta consideración de los factores que inciden en el proceso ha permitido el desarrollo de una serie de conceptos de gran importancia en el estudio y determinación de la evapotranspiración (Sánchez, 1999 y 2000). La noción de evapotranspiración potencial, (ETP), introducida por Ch. Thornthwaite en 1948, considera que el proceso sólo está controlado por las condiciones climáticas; en este caso, la (ETP) se define como la máxima cantidad de agua que puede evaporarse desde un suelo completamente cubierto de vegetación, que se desarrolla en óptimas condiciones y en el supuesto caso de no existir limitaciones en el suministro de agua. Más tarde se introdujo la idea de evapotranspiración del cultivo de referencia, (E_{To}), muy similar al anterior al depender exclusivamente de las condiciones climáticas o meteorológicas, según el caso, pero distinto en la medida en que se considera un cultivo específico, estándar o de

referencia, habitualmente gramínea o alfalfa (Doorenbos y Pruitt, 1990). Sin embargo, aclara que, la evapotranspiración que efectivamente ocurre es distinta a los límites máximos considerados en los conceptos anteriores, dado que en el proceso intervienen también las características de la vegetación y especialmente la humedad disponible en el suelo, factor que puede favorecer o limitar la intensidad, esta es la evapotranspiración que ocurre en las condiciones reales del terreno que se conoce como evapotranspiración real, (*ETR*). Menciona así mismo con relación a los métodos de estimación de evapotranspiración o métodos indirectos que a pesar de que los métodos directos son más precisos para determinar la evapotranspiración, éstos son difíciles de aplicar por las razones señaladas en el apartado inmediatamente anterior, por ello lo más común en estudios de grandes áreas (región o país en nuestro caso) es utilizar diversas fórmulas, ecuaciones o modelos basados en diferentes variables meteorológicas o climáticas de fácil disposición a partir de la red de estaciones meteorológicas convencionales. Los métodos *indirectos* son los más utilizados en los estudios geográficos y medioambientales. Se trata por lo general de simplificaciones de algunos de los métodos directos ya señalados, que a través de correlaciones entre medidas obtenidas por aquéllos y medidas de una o más variables climáticas o meteorológicas han permitido derivar fórmulas empíricas para estimar la capacidad evaporativa de un ambiente determinado. Generalmente la calibración de estos métodos se hace con mediciones realizadas con lisímetros o en parcelas experimentales. Se han propuesto cientos de ecuaciones empíricas, muy variables en cuanto a complejidad, lo que determina que los datos necesarios para aplicarlas sean de disposición también variable. Los datos requeridos son habitualmente proporcionados por estaciones meteorológicas completas. Los métodos indirectos se han empleado en todo el mundo para caracterizar grandes áreas. El período más habitual para el cual se realizan los cálculos de evapotranspiración con estos métodos ha sido tradicionalmente el anual y el mensual, en estudios geográficos o de carácter climático general; sin embargo, en la actualidad y con fines más bien agronómicos, forestales o hidrológicos aplicados, en términos generales de uso racional del agua, están ganando importancia los métodos aplicados a períodos diarios y horarios. Los métodos de estimación son empleados para determinar la evapotranspiración en sus límites máximos o potenciales, tal como es determinado por los conceptos de (*ETP*) o (*ETo*), antes definidos, pero también entregan una aproximación sobre la magnitud efectiva o real del proceso, lo cual es considerado por el concepto de (*ETR*). Para determinar la (*ETR*) con estos métodos, las características propias del cultivo y de humedad del suelo quedan incorporadas a través de la aplicación de *Coefficientes de cultivo* (*Kc*) con los cuales se ponderan los valores de (*ETP*) o (*ETo*) obtenidos. Concluye su investigación afirmando que los métodos utilizados en los

estudios consultados difieren según la disciplina que los realiza; en aquellos de carácter agronómico o forestal se emplean métodos de medición directa; mientras que los estudios que consideran áreas extensas utilizan métodos de estimación. Entregan datos menos precisos, comparados con los métodos anteriores, pero de mayores posibilidades de uso dado que requieren como datos básicos de entrada, los proporcionados por observatorios meteorológicos o agroclimáticos. Son en general muy simples de aplicar y han llegado a ser los más utilizados en estudios climáticos, geográficos e hidrológicos⁷.

2.2.5. Cultivo de arveja.

Menciona que el cultivo de arveja tiene valoración del efecto del ambiente en el desarrollo de los cultivos es importante para la determinación de zonas aptas y la planificación de la producción. En esta investigación se realizaron cuatro ensayos para evaluar el desarrollo de las plantas de arveja (*Pisum sativum* L.) variedad Santa Isabel en condiciones de la sabana de Bogotá, Colombia, (2640 msnm, 14°C, 80% H.R., 800 mm de lluvia anual), tema sobre el cual no hay información. Se realizaron dos ensayos bajo cubierta plástica (21°C ± 2,5°C, promedio ± DE) y dos a campo abierto (13,9°C ± 1,2°C). Se evaluó el tiempo de la siembra a la emergencia, la tasa de aparición de nudos en el tallo principal, el inicio de la floración, la duración del ciclo de la siembra hasta la cosecha, el número de nudos totales en la cosecha y el número de nudos con flor. Se encontró que la temperatura bajo cubierta plástica aceleró en 10 días la emergencia de las plantas y redujo el filocrón de 3,05 a 2,72 días/nudo, lo cual a su vez adelantó el momento de floración y cosecha entre 15 y 20 días. La tasa de aparición de nudos no varió significativamente por el cambio de la fase vegetativa a reproductiva. Los resultados contribuyeron a respaldar el modelo dentado de desarrollo vegetal en función de la temperatura para arveja, según el cual el crecimiento es máximo en un rango de temperatura óptima, que se sugiere está entre los 14 °C y 21 °C⁸.

Fundamentación teórica: La arveja tiene su origen en el oriente hacia aproximadamente unos 10000 años los primeros cultivos de estas plantas hay que situarlos en la misma zona sobre el séptimo y octavo milenio a.C. A partir de este punto se fue extendiendo hacia Europa y Asia. En el segundo milenio antes de Cristo hay referencia histórica de su cultivo en Europa e India. Los guisantes tradicionalmente no fueron utilizados para el consumo humano, sino que se utilizaban como alimento para el ganado, tomando en forma de planta tierna como por sus semillas secas, en el siglo XVI se empieza a utilizar esta planta como alimento para el hombre. Sin embargo, hemos de admitir que la mayor parte de los guisantes producidos en el mundo en la actualidad se destina a la fabricación de piensos para los animales y solamente una pequeña porción está destinada al consumo humano. La arveja se ubica en el tercer lugar dentro de la

superficie destinada a las legumbres secas en el mundo, siendo Rusia su principal país Productor, le Siguen China, India, Estados Unidos, Canadá y otros, la producción se hace por medio de semillas que conservan su poder de germinación durante 2 – 3 años para realizar este cultivo se hace un respectivo análisis del suelo antes de comenzar el cultivo de la leguminosa, para saber los requerimientos que necesita este guisantes. La planta de arveja es trepadora, posee un sistema vegetativo poco desarrollado aunque con una raíz pivotante que tiende a profundizar bastante. El tamaño de la planta bajo o enano cuando su altura es menor de 0,4 m; semi-trepador entre 0,8 a 1 m; trepador o enrame cuando es de 1,5 a 2 m. Las leguminosas (arvejas) generalmente son verdes que pueden ser lisas (utilizadas preferentemente en conservería) o rugosas (consumo directo). Cuando las arvejas son tiernas, tienen un sabor ligeramente dulce y se pueden consumir crudas; también se consumen cocidas, guisadas, como guarnición y pueden servir para conservas. Las semillas (*Pisum sativum*) germinarán en menos tiempo cuando mayor sea la temperatura ambiente; pueden hacerlo a los 5 días o bien demorar más de 15 días.

Morfología de la arveja

- **La raíz** posee un sistema poco desarrollado, aunque con una raíz pivotante que tiende a profundizar bastante.
- **Las hojas** están formadas por pares de folíolos terminados en zarcillos, este le permite sujetarse a cualquier superficie o planta para trepar.
- **Las inflorescencias** (flores) que pueden ser blancas, rosadas o violáceas, nacen arracimadas en brácteas foliáceas que se insertan en las axilas de las hojas. De la flor es de donde nace después la vaina que contiene los granos de arveja. Las vainas son alargadas.
- **Las semillas** (arvejas) se encuentran en dichas vainas, que contienen entre 4 y 10 unidades. Estas semillas son las que se utilizan para nuestra alimentación.

Diversidad de planta

La diversidad en arveja es muy amplia, con un gran número de cultivares que se han mejorado para diversos objetivos productivos, principalmente para rendimiento y sus características auxiliares, y para calidad del producto fresco o de la materia prima para la agroindustria. Algunas características que permiten clasificar el germoplasma existente son:

Altura de planta: se distinguen cultivares de plantas bajas, determinadas o enanas (0,5 a 0,7 m de altura), intermedias o semi determinadas (0,7 a 1,0 m), y altas, indeterminadas o guiadoras (más de 1,0 m, pudiendo llegar hasta 3 m).

Tipo de follaje: a partir de 1969 se introducen genes que modifican el follaje habitual de la arveja, distinguiéndose en la actualidad: planta tipo convencional (hojas con las características normales ya descritas), planta convencional de follaje reducido (folíolos y estípulas de tamaño reducido), planta áfila (sin folíolos debido al gen recesivo af, reemplazados por zarcillos y estípulas grandes), planta tipo "leafless" (sin folíolos y con estípulas como hilos debido a genes recesivos af y st), y otros tipos con otros genes recesivos modificantes.

Diversidad de producto

Tipo de vaina y de grano: las vainas pueden ser romas o puntudas y contener granos lisos (ricos en almidón) o granos arrugados (dulces), los que pueden ser de tamaño muy pequeño o "petit pois", pequeño, normal o grande, según su diámetro.

Precocidad de la planta: una forma habitual de medirla es el número del primer nudo reproductivo, y se distinguen cultivares precoces (nudo 8 o anterior), intermedios (entre nudo 9 y 13) y tardíos (nudo 14 o superiores). También es usual medir la precocidad en días-grado de siembra a cosecha.

Usos: Se consume cocida al estado frío en diversas ensaladas o cocida en diferentes guisos calientes. Tradicionalmente, ha sido un producto comercializado en vaina o enlatado de amplia aceptación por el público; sin embargo, en los últimos años ha crecido rápidamente el uso de producto congelado.

Exigencias del cultivo: La planta se comporta muy bien en clima templado y templado-frío, con buena adaptación a períodos de bajas temperaturas durante la germinación y primeros estados de la planta. Esto favorece su enraizamiento y macollaje. Su período crítico a bajas temperaturas ocurre, por lo general, a partir de la floración de las vainas. En estas condiciones pueden ocurrir daños por heladas de cierta intensidad. En general, las variedades de grano liso presentan mayor resistencia al frío que las rugosas. También, las de hojas verde oscuro tienen mayor tolerancia que las claras. La arveja es una especie que requiere suelos de buena estructura, profundos, bien drenados, ricos en nutrimentos asimilables y de reacción levemente ácida a neutra. Los mejores resultados se logran en suelos con buen drenaje, que aseguren una adecuada aireación, y, a su vez, tengan la suficiente capacidad de captación y almacenaje de agua para permitir su normal abastecimiento, en especial durante su fase crítica (período de floración y llenado de vainas). Un drenaje deficiente que favorezca el "encharcamiento", inclusive durante un breve período después de las lluvias o el riego, es determinante para provocar un escaso desarrollo y, en muchos casos, pérdidas por ataque de enfermedades ⁸.

2.3. HIPÓTESIS

Hipótesis planteada

¿La evapotranspiración Potencial (ETP), del Cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.), evaluado en Acobamba es disímil que la información proveniente de la FAO, ASCE?, ¿y, Valle del Mantaro Junín – Perú?

Hipótesis alternante

¿La evapotranspiración Potencial (ETP), del Cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.), evaluado en Acobamba no es disímil que la información proveniente de la FAO, ASCE?, ¿y, Valle del Mantaro Junín – Perú?

2.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

2.4.1. Variables independientes

- Niveles de capa freática.
- Precipitación
- Temperatura.
- Radiación solar.
- cultivo de arveja variedad usui

2.4.2. Variable Dependiente

- Emergencia
- Altura
- Numero de vainas
- Rendimiento.
- ETP.
- ETA.
- Kc.

2.4.3. Variable Interviniente

- Clima

2.5. DEFINICIÓN OPERATIVA DE VARIABLES E INDICADORES

Variable	Definición Operacional	Indicador	Categoría o Escala	Criterio de medición de las categorías
a. Variable Independiente				
Niveles de capa freática	Medición Lisímetro	Cm	25-30-35	Campo experimental
Precipitación	Historial ciclo del cultivo	Mm	mm/día	Medición en campo
Temperatura	Historial ciclo del cultivo	°C	°C	Estación FCA – UNH
Radiación solar	Historial del cultivo	Mm	mm/día	SENAMHI-Hvca.

a. Variable Dependiente

Emergencia	Medición	Cm	25-30-35	Campo experimental
Altura	Medición con cinta métrica	Cm	25-30-35	Campo experimental
Numero de vainas	Evaluación cosecha	T / Ha	Promedio	Cosecha del cultivo
Rendimiento	Evaluación cosecha	T / Ha	Promedio	Cosecha del cultivo
ETP	ETP=MF*MTF*CH*CE y/ o ETP mm/mes = 1.1 (M.F x T°F x CH x CE).	mm / día	ETP mayo	Ciclo del cultivo
			ETP junio	
			ETP julio	
			ETP agosto	
ETA	Medición Lisímetro	mm / día	ETP mayo	Ciclo del cultivo
			ETP junio	
			ETP julio	
			ETP agosto	
Kc	Kc = ETA / ETP	Coeficiente	Inicial	Según etapas del cultivo
			Desarrollo	
			Fructificación	
			Madurez	

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO

3.1.1. Ubicación política:

Región	: Huancavelica.
Provincia	: Acobamba.
Distrito	: Acobamba.
Lugar	: "Vista Hermosa Casa Blanca".

3.1.2. Ubicación geográfica:

Altitud	: 3423 msnm.
Latitud sur	: 12° 50.6'22" de la línea ecuatorial
Longitud oeste	: 74° 33'41.46" Meridiano de Greenwich

3.1.3. Factores climáticos:

Precipitación pluvial promedio anual	: 650 mm
Humedad relativa	: 60 %
Temperatura promedio anual	: 12°C

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación es de tipo aplicado.

3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación es de nivel explicativo experimental.

3.4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación se ejecutó utilizando el método científico experimental, que consistió en Establecer la evapotranspiración potencial (ETP), del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.), en tres niveles de capa freática en Acobamba Huancavelica, Cuyas etapas se describen a continuación:

1. Primera Etapa. Recopilación de información del historial de campo, análisis de suelo y preparación de terreno.

Historial de campo

Los cultivos que antecedieron a la siembra e instalación del experimento fueron

- ✓ Campaña de 2010.....cultivo de Papa
- ✓ Campaña del 2011.....cultivo de Maíz
- ✓ Campaña del 2012.....cultivo de Haba
- ✓ Campaña del 2013.....cultivo de Papa

Análisis de Suelo

Las muestras de suelo fueron tomadas a diferentes profundidades siendo estas 25, 30 y 35 cm de profundidad resultando tres sub muestras de suelo por poza experimental, finalmente tres sub muestras que resultaron de homogenizar las diferentes tomadas a distintas profundidades en su totalidad siendo cada una de 1kg.

Preparación del terreno

Se realizó en forma manual a una profundidad de 30 centímetros, en un terreno de 32 m², que dando listo para la instalación de los lisímetros

2. Segunda Etapa. Instalación de lisímetros (baldes de 18 l.) en campo, a diferentes alturas 25 m, 30 m, 35 m en pruebas iniciales e instalación del cultivo, labores de campo y mantenimiento del nivel de capa freática en forma diaria.

3. Tercera Etapa. Evaluación y conducción del experimento complementado con la sistematización de la información obtenida.

4. Cuarta Etapa. Análisis y discusión de resultados

5. Quinta Etapa. Elaboración del informe y publicación de resultados.

3.5 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El experimento se condujo en un Diseño de Block Completamente Randomizado (DBCR) con tres tratamientos y tres bloques haciendo un total de 09 unidades experimentales. comparaciones múltiples Tukey = 0.05.

3.5.1. Tratamientos y Repeticiones de Estudio:

Variedad:

Arveja variedad Usui

Tratamientos: Niveles de capa freática: (profundidad) **Repeticiones**

T1 =0.25 m	R1
T2 =0.30 m	R2
T3 =0.35 m	R3

Unidades Experimentales en Estudio:

T1R1	T2R1	T3R1
T1R2	T2R2	T3R2
T1R3	T2R3	T3R3

Figura 1. Distribución de los tratamientos en el campo experimental.

3.5.2. Características del Diseño Experimental. -

Nº de block	3
Nº de lisímetros / block	3
Nº de pozas entre blocks	3
Nº total de lisímetros	9
Nº de tratamientos	3
Nº de repeticiones	3

Nº de surcos por poza	1
Nº de plantas por poza	3
Nº de surcos totales	10
Largo de surco	4 m.
Ancho de surco - surco	0.80 m.
Diámetro del lisímetro	0.30 m.
Profundidad del lisímetro	0.48 m.
Área del lisímetro	0.070686 m ²
Ancho del campo experimental	4 m.
Largo del campo experimental	9.10 m.
Área útil de campo experimental	2.88 m ² .
Área total del campo experimental	32 m ² .

3.6. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

3.6.1. Población

En el presente trabajo de investigación tiene como población a 27 plantas.

El (KC), de la población tiene 09 lisímetros caseros (baldes de 18 l.) que nos sirvió para medir la pérdida de agua.

3.6.2. Muestra

En esta investigación estaba constituido por 03 plantas por tratamiento y 09 lisímetros considerándose la muestra poblacional.

3.6.3. Muestreo

Fue criteriado de la población muestral

3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Variable	Técnica	Instrumento
Emergencia	Observación	
Altura	Cálculo matemático	Cinta métrica
Número de vainas	Peso	Balanza

Rendimiento.	Peso	Balanza
ETP (mm).	Cálculo matemático	Fórmula
ATA(mm)	Cálculo matemático	Fórmula
(Kc).Uso Consuntivo	Cálculo matemático	Fórmula
Volumen aplicado (cc).	Medida directa	Vaso milimétrico graduado
Demanda de agua	Cálculo matemático	Fórmula

3.8. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Emergencia. Se realizó a través de la observación directa se controló en cada uno de los tratamientos

Altura de planta. Se realizó la medición directa desde el cuello de planta hasta el ápice, utilizando una cinta métrica, y los datos registraron en m.

Numero de vainas, Se realizó a través de la observación directa se contaron el número de vainas en grano verde por planta, en la etapa a los 120 días después de la siembra

Rendimiento. Se realizó a través de la observación, se pesó en una balanza el grano verde.

(ETP). Es la evapotranspiración potencial del cultivo en referencia.

(ETA). Es la evapotranspiración potencial del cultivo

(Kc). Es el coeficiente de uso consuntivo (Kc) de un cultivo como la relación entre la demanda de agua del cultivo mantenido a niveles óptimos (ETA) y la demanda del cultivo de referencia (ETP)

3.9. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS.

Técnicas de procesamiento

Se utilizó el programa de Excel.

Análisis de Datos

- ✓ Obtención de datos muestrales.
- ✓ Sumatoria de datos y sus promedios.
- ✓ Análisis de varianza
- ✓ Prueba de Tukey $\alpha = 0,05$

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1.1. Análisis del suelo

A. Análisis Mecánico

En la **tabla 2**, se describe los resultados lo cual indica que estos suelos son arcillo, arenosos, vista hermosa - Acobamba

DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA POR EL METODO DEL HIDROMETRO	
LIMO	26%
ARCILLA	19%
ARENA	54%

B. Análisis Químico

En la **tabla 3**, se describe que los factores físico químico del suelo, tienen **estructura**: granular suelta. **Permeabilidad**: Rápida. **Percolación**: 49.8%, **Profundidad**: Suelo apto para el cultivo, medianamente profundo. **Materia Orgánica**: El contenido de materia orgánica 3.31%. Calificación medio. **Nitrógeno Total**: El contenido de nitrógeno total 0.14%. Calificación medio. **Fosforo Disponible**: Es un suelo muy bien provisto de fosforo disponible 22.8 ppm. Calificación alto. **Potasio Disponible**: De igual forma se trata de un suelo muy bien dotado de potasio. Calificación alto. **Conductividad Eléctrica**: 0.6 mmhos/cm, que determina un 2.25% de salinidad que relativamente es muy bajo y no ofrece ningún problema a los cultivos. **pH**: De acuerdo al rango de pH 8.2 le corresponde la calificación moderadamente alcalina. La que puede ocasionar supresión en la absorción de nutrientes y puede fijarse el fosforo al fosfato tricálcico insoluble. **Calcareo Total**: Siendo el límite máximo 3.5 % en nuestro caso 4.47% determina que el suelo sea calcáreo no perjudicial para la planta, pero si afecta la relación suelo – agua, por favorecer a la formación de una estructura muy suelta susceptible a secamiento rápido.

Tabla 3, análisis químico de los suelos del predio, Vista Hermosa – Acobamba.

ANALISIS Y MÉTODO	RESULTADO
Determinación de la materia orgánica (METODO DE WALKLEY Y BLACK)	3.31 %
Determinación del nitrógeno total (METODO MICRO KJELDAHL)	0.141 %
Determinación del fósforo disponible (MÉTODO DE OLSEN)	22.8 ppm.
Determinación del potasio disponible (METODO DE PEECH EXTRACTOR)	544 kg/ha
Determinación del calcáreo total (METODO DEL GASO VOLUMETRICO)	4.47%
Determinación del pH (METODO DEL POTENCIOMETRO)	8.2
determinación de la conductividad eléctrica (METODO DEL CONDUCTIVIMETRO)	0.6 mmhos/cm

4.1.2. Fórmulas de Abonamiento

Tipo de suelo arcillo arenoso, en este trabajo de investigación la fertilización fue con: Urea, Fosfato diamónico, Cloruro de potasio, la dosis fue (30-80-150), terreno de (4 x 9 m.) que nos da 36 m, además se utilizó como abono foliar MASTER FOL-P y el fungicida Homai 3 g por 5 kg. de semilla.

4.1.3. Emergencia de Plantas de Arveja

Como se puede apreciar en la **tabla 4**, Emergencia (días/tratamiento), existe solo una pequeña diferencia de tiempo en promedio entre las plantas para emerger del suelo que es de un día siendo menor en el del nivel de capa freática a 35 cm, de la superficie.

Tabla 4, Emergencia (días/tratamiento)

REPETICIONES	NIVEL DE CAPA FREÁTICA			ΣX_j
	T1(N.F=0.25m)	T2(N.F=0.30m)	T3(N.F=0.35m)	
REP 1	12	15	13	40.000
REP 2	12	13	13	38.000
REP 3	15	12	15	42.000
ΣX_i	39	40	41	120.000
\bar{X}_i	13.000	13.333	13.667	13.333

NF = Nivel de capa freática.

Como se puede observar en la **tabla 5**, Análisis de varianza de los tratamientos, con referencia a la emergencia de plantas no presenta diferencia estadística significativa, entre los tratamientos, como tampoco entre repeticiones, esto debido al carácter genético que gobierna a las variables en estudio.

Tabla 5. Análisis de Varianza de los Tratamientos

F de V	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.		Sig.
					0.05	0.01	
Repeticiones	2	2.667	1.333	0.50	6.94	18	N.S
Tratamiento	2	0.667	0.333	0.13	6.94	18	N.S
Error	4	10.667	2.667				
Total	$\Sigma ni-1=8$	14.000					

Tabla 6, La prueba significación de Tukey, demuestra para los promedios de tratamientos que el T1, obtuvo en promedio el menor tiempo de emergencia que los tratamientos T2 y T3.

Tabla 6. Prueba Significación de Tukey

O.M.	TRATAMIENTOS	\bar{X} /PLANTA	SIGNIFICACION	
1	T3(N.F=0.35m)	13.667	A	
2	T2(N.F=0.30m)	13.333	A	
3	T1(N.F=0.25m)	13.000	A	



Figura 2. Representación gráfica de la emergencia en días/ tratamiento

En la figura 2, se observa que existe una pequeña variación en días para que las plantas emerjan del suelo, siendo el rango de emergencia de 12 a 15 días después de la siembra.

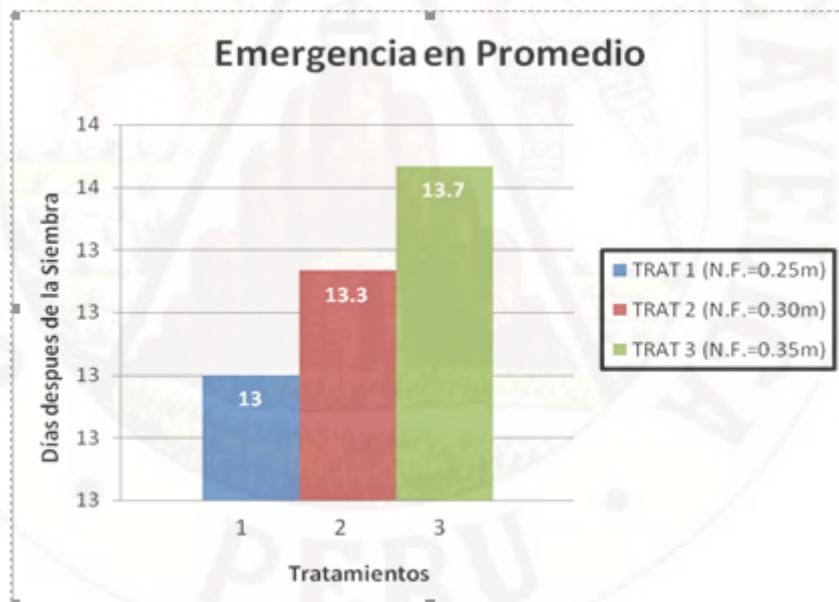


Figura 3. Representación gráfica de la emergencia de plantas de arveja en promedio

En la figura 3, se observa que en promedio el T1 fue el primero en emerger del suelo que los tratamientos T2 y T3 después de la siembra.

4.1.4. Altura de Plantas de Arveja

Tabla 7, Altura de Planta (m /tratamiento), caracteriza que no hay diferencia en las alturas de plantas de los tratamientos T1 y T2, mientras que el T3 presenta una diferencia de casi 05 cm con los otros tratamientos.

Tabla 7. Altura de Planta (m /tratamiento).-

REPETICIONES	NIVEL DE CAPA FREÁTICA			ΣX_j
	T1(N.F=0.25m)	T2(N.F=0.30m)	T3(N.F=0.35m)	
REP 1	0.45	0.55	0.35	1.35
REP 2	0.35	0.45	0.25	1.05
REP 3	0.40	0.50	0.35	1.25
ΣX_i	1.200	1.500	0.950	3.650
\bar{x}_i	0.400	0.500	0.317	0.406

Como se puede observar en la **tabla 8**, Análisis de varianza de los tratamientos, las alturas de plantas presentan diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos esto debido a la disponibilidad de agua de cada uno de los tratamientos (NF:0.25m, NF:0.30m, NF:0.35m) y también existe diferencia estadística altamente significativa entre las repeticiones, esto debido al carácter genético que gobierna a las variables en estudio.

Tabla 8, Análisis de Varianza de la altura de la planta

F de V	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.		Sig.
					0.05	0.01	
Repeticiones	2	0.016	0.008	28.00	6.94	18	**
Tratamiento	2	0.051	0.025	91.000	6.94	18	**
Error	4	0.001	0.000				
Total	$\Sigma ni-1=8$	0.067					

En la **tabla 9**, De la prueba significación de los promedios de Tukey, para la altura de planta; se deduce que los tres tratamientos no muestran significación estadística entre ellos, esto debido a la influencia genética de las semillas.

Tabla 9, prueba significación de Tukey para la Altura de Planta

O.M.	TRATAMIENTOS	\bar{X} m/Planta	SIGNIFICACION		
1	T2(N.F=0.30m)	0.500	A		
2	T1(N.F=0.25m)	0.400	A	B	
3	T3(N.F=0.35m)	0.317	A	B	C

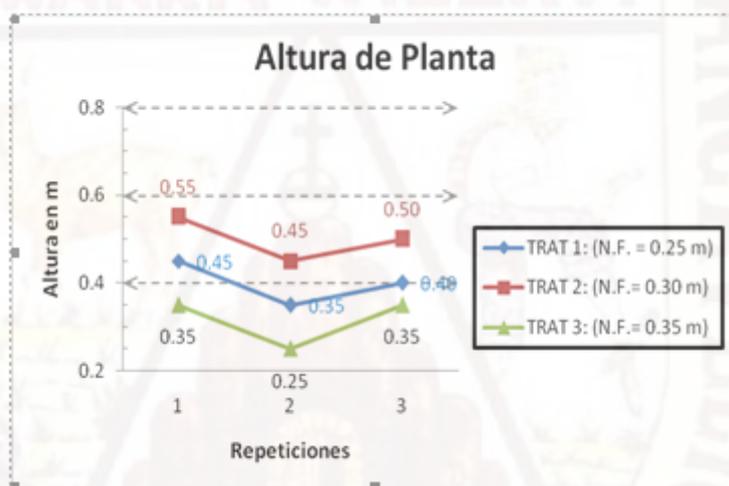


Figura 4. Representación gráfica de la altura de planta en m/ tratamiento

Figura 4, De la representación Gráfica de Altura de planta en metros por tratamiento, se observa que existe diferencia en las alturas de las plantas de Arveja, el T3 alcanzó 0.35 m, en comparación con el T2 que alcanzó 0.45 m y T1 alcanzó 0.55 m respectivamente.

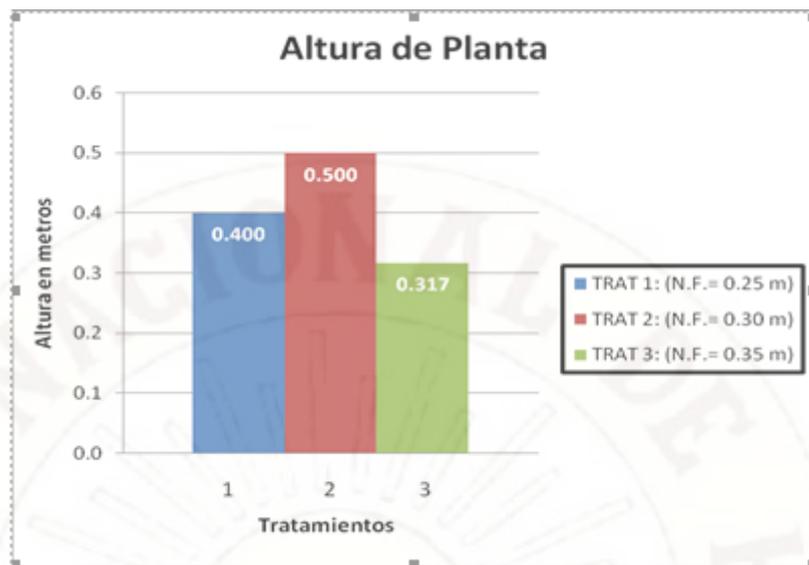


Figura 5. Representación gráfica del promedio de las alturas de las plantas en m/ tratamiento

En la figura 5, Gráficamente del Promedio de Alturas de las Plantas en m/ tratamiento, se observa que en promedio el T2 obtuvo las plantas más altas con 0.50 m, el T1 en segundo lugar con 0.4 m y el T3 en tercer lugar con 0.317 m.

4.1.5. Número de Vainas por Planta de Arveja

Como se puede observar en la **tabla 10**, referido a número de Vainas (por planta y / o tratamiento), hay una diferencia en el promedio del número de vainas por planta entre el T1 y T2 de 3.667 vainas, y entre T2 y T3 de 6.333.

Tabla 10, Número de Vainas (por planta y /o tratamiento)

REPETICIONES	NIVEL DE CAPA FREATICA			$\Sigma X_{.j}$
	T1(N.F=0.25m)	T2(N.F=0.30m)	T3(N.F=0.35m)	
REP 1	18	12	4	34
REP 2	16	14	8	38
REP 3	15	12	7	34
SXi.	49	38	19	106
\bar{x}_i	16.333	12.667	6.333	11.778

Observando en la **tabla 11**, Con relación al análisis de varianza para tratamientos referido al número de vainas por planta, nos muestra que no existe diferencia estadística significativa entre las repeticiones esto debido al uso de la misma variedad de semilla que gobierna el carácter genético a las variables en estudio. También podemos apreciar que, si existe diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos, esto debido a la disponibilidad de agua de cada uno de los tratamientos (NF: 0.25m, NF: 0.30m, NF: 0.35m).

Tabla 11, Análisis de Varianza Número de vainas por planta.

F de V	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.		Sig.
					0.05	0.01	
Repeticiones	2	3.556	1.778	0.57	6.94	18	N.S.
Tratamiento	2	153.556	76.778	24.68	6.94	18	**
Error	4	12.444	3.111				
Total	$\Sigma ni-1=8$	170					

En la **tabla 12**, La prueba significación de los promedios de Tukey para el Número de vainas por planta; se observa que los tres tratamientos no muestran significación estadística entre ellos, esto debido a la influencia genética de las semillas.

Tabla 12, Prueba significación de Tukey para el Número de vainas por planta.

O.M.	TRATAMIENTOS	\bar{X} /PLANTA	SIGNIFICACION		
1	T1(N.F=0.25m)	16.333	A		
2	T2(N.F=0.30m)	12.667	A	b	
3	T3(N.F=0.35m)	6.333	A	b	c

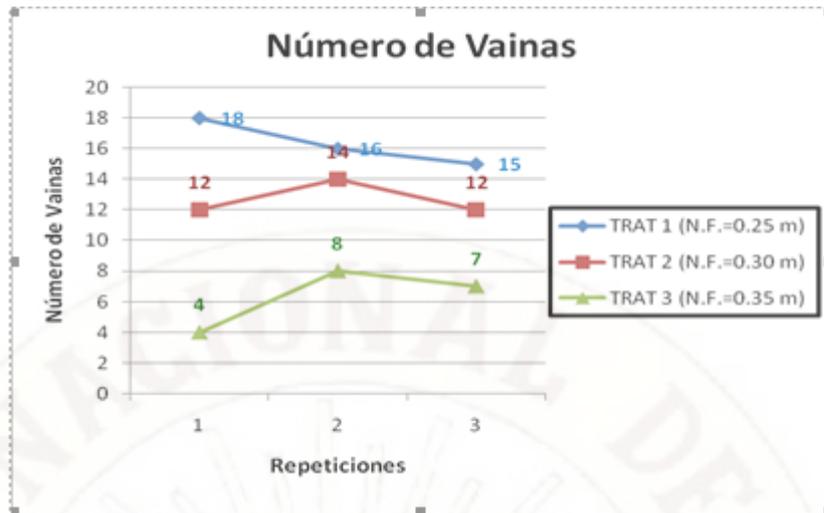


Figura 6, Representación gráfica del número de vainas por tratamiento.

Figura 6, Representación Gráfica del Número de Vainas por tratamiento, se observa que existe diferencia en el número de vainas por tratamiento, T1 alcanzo 18 vainas en la repetición número 1, mientras que el T2 alcanzo a tener 12 vainas en la primera y tercera repetición y T3 obtuvo como máximo en la segunda repetición 8 vainas respectivamente.

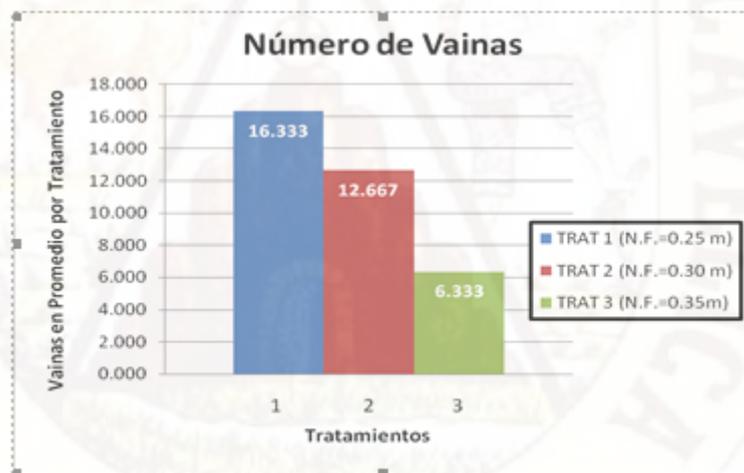


Figura 7. Representación gráfica del número de vainas en promedio por tratamiento.

En la figura 7. Se observa del grafico del Numero de Vainas en Promedio por Tratamiento, que en promedio el T1 obtuvo el mayor número de vainas por planta con 16.333 vainas por planta, el T2 en obtuvo 12.667 vainas por planta y el T3 en tercer lugar con 6.333 vainas por planta.

4.1.6. Rendimiento de plantas de arvejas por tratamiento

Como se puede apreciar en la **tabla 13**, El índice de rendimiento en kg/tratamiento, muestra una diferencia en el rendimiento promedio de los tratamientos obteniéndose, 0.182 Kg., en el T1, 0.152 Kg., en el T2 y 0.052 Kg en el T3.

Tabla 13, Índice de rendimiento de arveja en kg/tratamiento

REPETICIONES	NIVEL DE CAPA FREÁTICA			ΣX_j
	T1(N.F=0.25m)	T2(N.F=0.30m)	T3(N.F=0.35m)	
REP 1	0.185	0.165	0.035	0.385
REP 2	0.165	0.140	0.065	0.370
REP 3	0.195	0.150	0.055	0.400
ΣX_i	0.545	0.455	0.155	1.155
\bar{x}_i	0.182	0.152	0.052	0.128

En este cuadro **tabla 14**, Análisis de Varianza del Rendimiento de los Tratamientos, vemos que no existe diferencia estadística significativa entre las repeticiones esto debido al carácter genético que gobierna a las variables en estudio y también observamos que existe diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos, esto debido al agua que cada uno de los tratamientos recibe (NF: 0.25m, NF: 0.30m, NF: 0.35m), donde el T1 obtuvo mayor disponibilidad de agua y mayor rendimiento, seguido del T2.

Tabla 14, Análisis de varianza del rendimiento de los tratamientos

F de V	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.		Sig.
					0.05	0.01	
Repeticiones	2	0.000	0.000	0.273	6.94	18	N.S.
Tratamiento	2	0.028	0.014	50.5455	6.94	18	**
Error	4	0.001	0.000				
Total	$\Sigma ni-1=8$	0.029					

En la **tabla 15**, La prueba significación de Tukey para el rendimiento; se observa que el T1 muestra diferencia estadística significativa con el T3, mientras que T2 no muestra diferencia significativa con T1 y T3.

Tabla 15, Prueba Significación de Tukey para el Rendimiento

O.M.	TRATAMIENTOS	\bar{X} kg /PLANTA	SIGNIFICACION		
1	T1(N.F=0.25m)	0.182	A		
2	T2(N.F=0.30m)	0.152	A	b	
3	T3(N.F=0.35m)	0.052		b	C

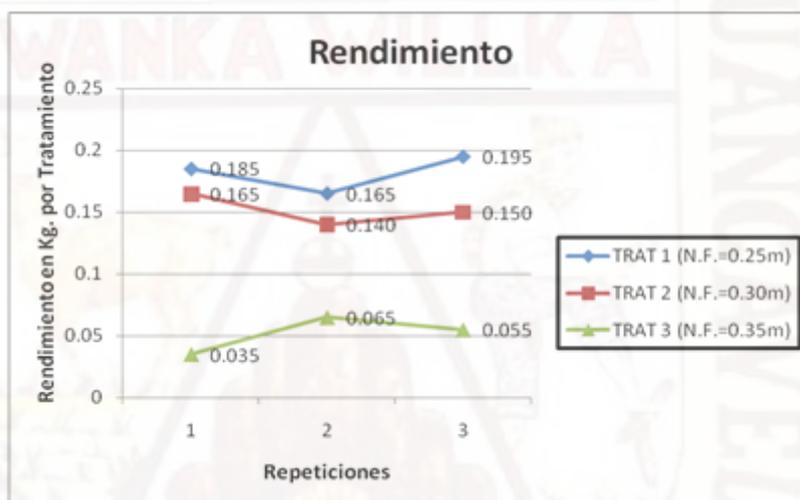


Figura 8. Representación gráfica del rendimiento en kg/tratamiento

En la figura 8, Representación gráfica del rendimiento en kg/tratamiento, se observa que existe diferencia entre los rendimientos, el T1 alcanzó un rendimiento máximo de 0.195 kg, en comparación con el T2 que alcanzó un máximo de 0.165 kg y T3 alcanzó 0.065 kg respectivamente.

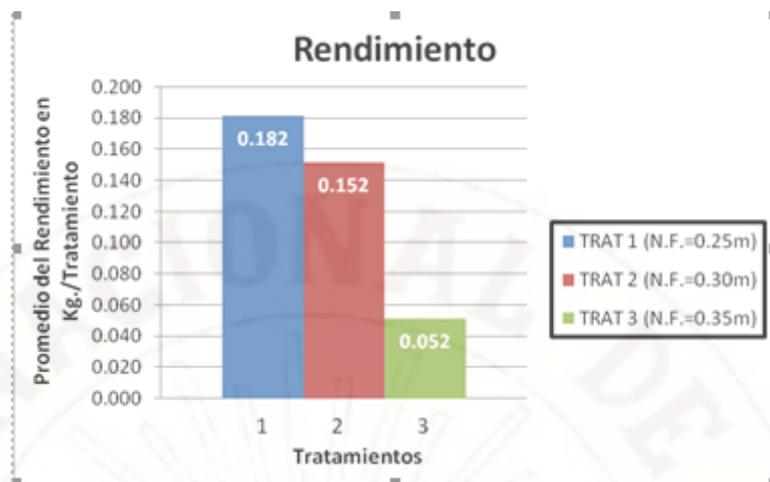


Figura 9, Representación gráfica del promedio del rendimiento en kg/tratamiento.

En la figura 9, Representación Gráfica del Promedio del Rendimiento en kg/tratamiento, se observa que en promedio el T1 obtuvo el mayor rendimiento 0.182 kg por tratamiento, el T2 en obtuvo 0.152 kg por tratamiento y en el T3 se obtuvo 0.052 kg por tratamiento.

4.1.7. Evapotranspiración de plantas de arveja por tratamiento

Como se puede apreciar en la tabla 16, Índice de Evapotranspiración en litros/tratamiento, existe una diferencia en la evapotranspiración promedio de los tratamientos obteniéndose, 28,460 litros en el T1, 24,117 litros en el T2 y 18.517 litros en el T3.

Tabla 16, Índice de Evapotranspiración en Litros / tratamiento.

REPETICIONES	NIVEL DE CAPA FREÁTICA			ΣX_j
	T1(N.F=0.25m)	T2(N.F=0.30m)	T3(N.F=0.35m)	
REP 1	28.655	23.650	18.950	71.255
REP 2	28.850	24.525	18.350	71.725
REP 3	27.875	24.175	18.250	70.300
ΣX_i	85.380	72.350	55.550	213.280
\bar{X}_i	28.460	24.117	18.517	23.698

En la **tabla 17**, Con relación al análisis de varianza de la Evapotranspiración de los Tratamientos, vemos que no existe diferencia estadística significativa entre las repeticiones esto debido al carácter genético que rige a las variables en estudio y también observamos que existe diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos, esto debido a que cada tratamiento está dispuesto a diferente nivel de Capa Freática (NF:0.25m, NF:0.30m, NF:0.35m), donde el T1 obtuvo mayor disponibilidad de agua, seguido del T2 y luego T3.

Tabla 17, Análisis de Varianza de la Evapotranspiración de los Tratamientos

F de V	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.		Sig.
					0.05	0.01	
Repeticiones	2	0.352	0.176	0.822	6.94	18	N.S.
Tratamiento	2	149.094	74.547	348.5845	6.94	18	**
Error	4	0.855	0.214				
Total	$\Sigma ni-1=8$	150.301					

En la tabla 18, La prueba significación de Tukey para la Evapotranspiración; se observa que el T1 no muestra diferencia estadística significativa con el T2, mientras que T3 muestra diferencia significativa con T1 y T2.

Tabla 18, Prueba significación de Tukey para la Evapotranspiración

O.M.	TRATAMIENTOS	$\bar{X} L / PLANTA$	SIGNIFICACION		
1	T1(N.F=0.25m)	28.460	A		
2	T2(N.F=0.30m)	24.117	A	B	
3	T3(N.F=0.35m)	18.517			C

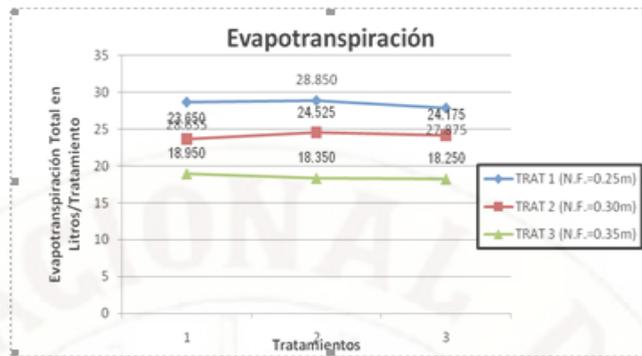


Figura 10. Representación gráfica de la evapotranspiración en litros por tratamiento.

En la figura 10. Representación gráfica de la evapotranspiración en litros por tratamiento, se observa que existe diferencia en la evapotranspiración de los tratamientos, el T1 alcanzó una evapotranspiración máxima de 28.850 litros, en comparación con el T2 que alcanzó un máximo de 24.525 litros y T3 alcanzó 18.950 litros respectivamente.



Figura 11. Representación gráfica de la evapotranspiración en litros por tratamiento en promedio.

En la figura 11, Representación Gráfica de la Evapotranspiración en litros por tratamiento en Promedio, se observa que en promedio el T1 obtuvo la mayor evapotranspiración con 28.460 litros por tratamiento, el T2 en obtuvo 24.117 litros por tratamiento y en el T3 se obtuvo 18.517 litros por tratamiento.

4.1.8. Evapotranspiración de los Tratamientos y Repeticiones durante la Investigación.

Tabla 19, Pérdida de Agua por Evapotranspiración

Trat/Rep	may-14				jun-14					jul-14				ago-14				TOTAL (4 meses) en litros
	4	11	18	25	2	9	16	23	30	6	13	20	27	4	11	18	25	
T3R1	350	850	900	950	1225	1450	1475	1450	1450	1550	1600	1650	1600	950	850	650	0	18,950
T1R1	400	1050	1250	1350	1875	1800	1800	1850	1950	2250	2350	2550	2650	1850	1855	1825	0	28,655
T2R1	700	950	1050	1100	1100	1200	1350	1450	1560	1850	2050	2450	2500	2050	1450	840	0	23,650
T1R2	450	850	1000	1200	1500	1700	1800	1850	2000	2450	2600	2650	2800	2550	1200	2250	0	28,850
T2R2	500	800	1000	1100	1200	1100	1200	1240	1260	1850	2005	2500	2520	2350	2250	1650	0	24,525
T3R2	350	450	625	850	900	1100	1210	1285	1380	1400	1450	1500	1600	1500	1450	1300	0	18,350
T2R3	600	700	850	1300	1700	1500	1600	1950	1350	1900	1700	2000	2000	2050	1525	1450	0	24,175
T3R3	350	450	625	850	900	1100	1210	1285	1380	1400	1450	1500	1600	1500	1450	1200	0	18,250
T1R3	250	700	800	1100	1350	1350	1380	1495	1850	2200	2400	2450	2600	2750	2700	2500	0	27,875

4.1.10. Cálculos de riego del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.)

Como se observa en la **tabla 20**. Cálculos de, la demanda de agua total en la Investigación, en el periodo fenológico del cultivo es: 924,57 m³/ha⁻¹.

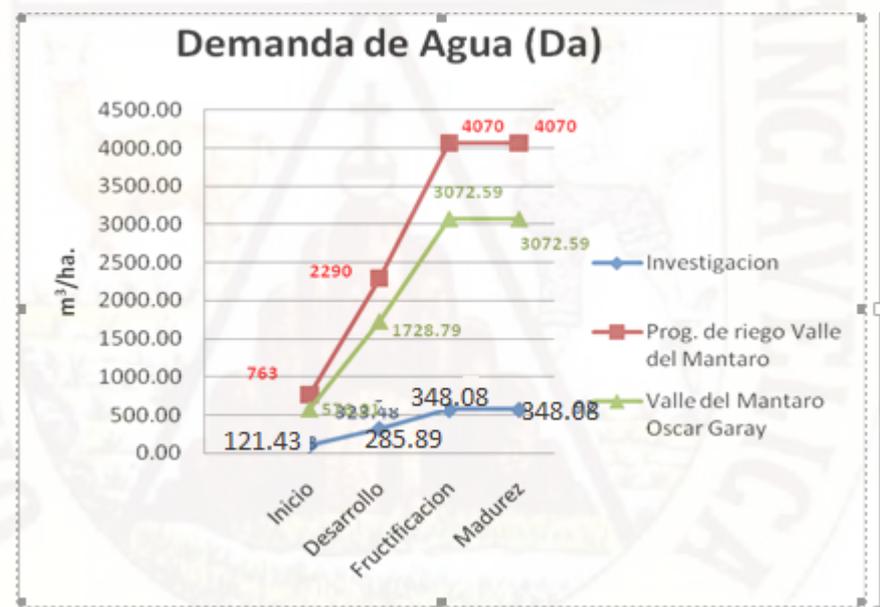
Tabla 20. Cálculos de la demanda de agua total en la investigación

FASES	ETP (mm) Referencia	ETA (L/m ²) Cultivo es mm	Kc	Da (demanda de agua) m ³ /ha.
Inicial	121.43	48.572	0.536	121.429043
Desarrollo	285.89	114.356	1.442	285.888766
Fructificación	348.08	139.231	1.641	348.076941
Madurez	169.18	67.67	0.692	169.175414
Total				924.570164

Como se observa en la **tabla 21**. Cálculos de la Demanda de agua Total en el Valle del Mantaro – Junín - Perú según Garay en todo el periodo fenológico del cultivo es 8449.97 m³/ha⁻¹., según programación de riego para el valle del Mantaro 11193 m³/ha⁻¹., y según la investigación 924.57m³/ha⁻¹.

Tabla 21. Cálculos de la demanda de agua total en m³/ha⁻¹.

Demanda de Agua (Da) m ³ /ha.			
MES	Investigación	Prog. de riego Valle del Mantaro	Valle del Mantaro Oscar Garay
Inicio	121.43	763	576.01
Desarrollo	285.89	2290	1728.79
Fructificación	348.08	4070	3072.59
Madurez	169.18	4070	3072.59
Total:	924.57	11193	8449.97



Gráfica N°10. Representación gráfica de la demanda de agua en m³/ha⁻¹ calculados por la investigación. FAO y Valle del Mantaro – Junín- Perú

En el gráfico N°10. Representación Gráfica de la Demanda de Agua en m³/ha⁻¹ calculados por la Investigación, programación de riego y Valle del Mantaro – Junín- Perú según Garay, se observa que existe diferencia en las demandas de agua calculadas, obteniendo en la investigación una Demanda agua máxima de 348.08 m³/ha⁻¹., en comparación con el cálculo de programación de riego que

alcanzó una demanda de agua máxima de 4070 m³/ha⁻¹., y demanda para el Valle del Mantaro – Junín- Perú, de 3072.59 m³/ha⁻¹., respectivamente.

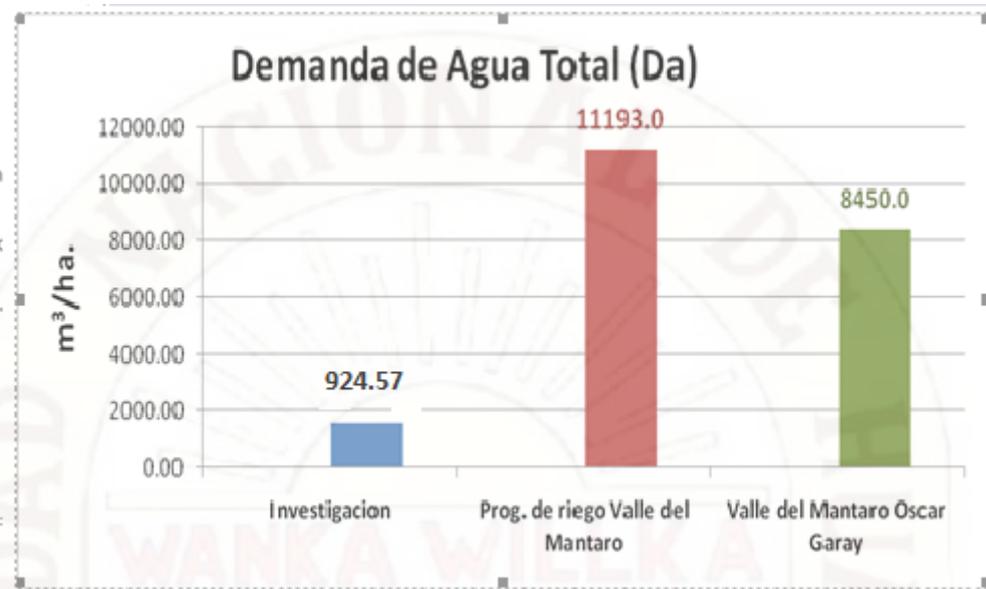


Figura 12, Representación gráfica de la demanda de agua total en m³/ha calculados en la investigación, programación de riego y Valle del Mantaro – Junín- Perú

En la figura 12, Representación Gráfica de la Demanda de Agua Total en m³/ha⁻¹ calculados por la Investigación, programación de riego y Valle del Mantaro – Junín- Perú, se observa que la demanda de agua total de la investigación fue 924.57 m³/ha⁻¹, la mayor demanda de agua pertenece a los cálculos de programación de riego con 11193.0 m³/ha⁻¹, y los cálculos de Oscar Garay en el Valle del Mantaro obtuvo 8450.00 m³/ha⁻¹.

4.2. DISCUSIONES

- 4.2.1.** La emergencia, el número de vainas por planta y el rendimiento por tratamiento, se vieron influenciados por el recurso hídrico disponible en el perfil del suelo, debido a los niveles de capa freática utilizados en la investigación, siendo el nivel freático de 0.25m., el más viable al proveer agua disponible suficiente y oportuno con resultados más favorables para la planta manteniendo la humedad adecuada del suelo se favorece un buen enraizamiento y desarrollo del cultivo promovido por una mayor disponibilidad y transporte de nutrientes a la planta.
- 4.2.2.** Con respecto a la altura de planta se observa que el agua disponible afecta esta etapa fenológica de la planta, las plantas con nivel freático ubicado a.35 cm., de la superficie del suelo alcanzaron alturas más bajas en comparación con las plantas que recibieron mayor dotación de agua y cuyo nivel freático se ubicó a 25 cm., del ras de la superficie.
- 4.2.3.** Con respecto al número de vaina, se obtuvo en el tratamiento t1, vainas 18, en el tratamiento t2, vainas 12, en el tratamiento t3 vainas 8.
- 4.2.4.** Rendimiento, en el rendimiento se pudo apreciar las diferencias en cuanto al rendimiento en kg, los tratamientos nos muestran T1, 0.182 kg. Para el tratamiento T2, 0.152 y para el tratamiento T3, 0.052
- 4.2.5.** La evapotranspiración total de las plantas se vio afectada por los niveles de capa freática siendo los valores más altos para el tratamiento con nivel freático de 0.25 m de profundidad obteniéndose en promedio 28.46 litros/tratamiento.
- 4.2.6.** La demanda de agua calculada en la presente investigación se diferencia en $924,57\text{m}^3/\text{ha}^{-1}$, con la demanda de agua calculada para programación de riego y se diferencia en $10270.43\text{m}^3/\text{ha}^{-1}$, con la demanda de agua calculada con datos de Oscar Garay en Valle del Mantaro, esto se debe a las condiciones controladas con lo que se llevó a cabo la presente investigación.

CONCLUSIONES.

1. Se infiere que la tasa de evapotranspiración potencial (ETP), en Acobamba Huancavelica para el cultivo de arveja es: Fase inicial 121.43 mm / día; Fase de desarrollo: 285.89 mm/día; Fase de fructificación: 348.08 mm/día; Fase de madurez: 169.18 mm/día.
2. De los tres niveles de capa freática estudiados y comparados entre si se concluye que, el nivel óptimo de capa freática para el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.), para cálculos de evapotranspiración potencial (ETP) en Acobamba Huancavelica debe ubicarse a una profundidad de 25 cm., puesto que este nivel ofreció mejores resultados en emergencia, vigor, número de vainas, rendimiento a los otros niveles esto debido a la disponibilidad de humedad en la zona radicular.
3. Los coeficientes de (Kc) calculados con los datos de la evapotranspiración potencial (ETP) del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.), y la evapotranspiración potencial (ETP) del cultivo de referencia, utilizando las fórmulas de Hargreaves en base a temperatura y factor de latitud MF realizada con la investigación para condiciones de Acobamba Huancavelica resultaron: Fase inicial: Kc = 0.536; Fase de desarrollo: Kc = 1.442; Fase de fructificación: Kc= 1.641; Fase de madurez: Kc = 0.692.
4. Queda sentenciado que a una mayor reserva de agua sin perjuicio de la capa capilar del suelo se favorece el proceso de desarrollo favorable del cultivo de arveja quedando aclarado que existe una relación positiva entre emergencia, altura de planta, peso de vaina y número de vainas con el rendimiento en arveja verde.
5. Se concluye así mismo que la evapotranspiración depende, entre otros aspectos, de las condiciones climáticas, tipo y estado de desarrollo del cultivo, así como de la disponibilidad de agua del suelo el que debe reponerse periódicamente al suelo para no dañar el potencial productivo de la planta por estrés hídrico.
6. Se desprende que el valor de Evapotranspiración potencial está relacionado directamente con el estado de desarrollo del cultivo, es decir que el consumo de agua está asociado con el periodo vegetativo y desarrollo del cultivo de arveja.
7. Se concluye que a demanda de agua calculada para el cultivo de arveja en Acobamba utilizando lisímetros con capa freática a 25 cm., de la superficie del suelo es de 924.57 m³ /ha⁻¹., lo cual difiere con la demanda obtenida según programación de riego en 9611.91

m^3/ha^{-1} , y se diferencia en $10270.43 m^3/ha^{-1}$, con la demanda de agua calculado con datos de Oscar Garay realizado en el Valle del Mantaro, esto nos demuestra de manera indubitable que los requerimientos hídricos varían según el cultivo, etapa de desarrollo y región geográfica.



RECOMENDACIONES

1. Se recomienda continuar con este tipo de investigación, "Evapotranspiración Potencial (ETP), en otros cultivos en la provincia y distrito de Acobamba Huancavelica.
2. Se sugiere utilizar datos meteorológicos de la zona de influencia del proyecto para el cálculo de demanda de agua para riego en proyectos de esta naturaleza.
3. El periodo vegetativo de cada cultivo es variable dependiendo fundamentalmente de la variedad, época de siembra y piso ecológico por lo que es gravitante para elaborar la cedula de cultivo contar con información local y por sobre todo basado en la experiencia de campo del formulador del proyecto de riego.
4. Para facilitar la estimación de la demanda de agua de los cultivos el Comité Técnico para Requerimientos de Riego, de la Sociedad Americana de Ingenieros civiles (ASCE) sugiere estimar los diferentes parámetros como evapotranspiración potencial, evapotranspiración actual, precipitación confiable y dependiente a partir de datos climáticos similares a la zona de estudio, como también referente al uso consuntivo K_c (coeficiente de cultivo = Indica el grado de desarrollo o cobertura del suelo por parte del cultivo cuyo consumo de agua se evalúa), se debe aclarar que estos coeficientes se basan en la evapotranspiración de alfalfa ETP (alfalfa), por lo que para la formulación de perfiles de riego Acobamba se deben utilizar datos de K_c determinados in situ mediante su evaluación mediante Lisímetros que determinados son más reales y se adaptan a nuestra realidad para el cálculo de la demanda de agua que aquello recomendado por el: Comité de ASCE (Sociedad Americana de Ingenieros Civiles) para necesidades de agua de riego (1), ASAE Transacciones, Vol 17, N°4, 1974 (8) y/o la FAO, Boletín N° 24, Sobre Riego y Drenaje.
5. Se considera que Estudiar la Evapotranspiración Potencial (ETP), en otros cultivos en la Provincia y Distrito de Acobamba Huancavelica debería ser un tema de prioridad considerando la escasez del agua de riego a fin de elaborar perfiles y proyectos de riego con cálculo de demanda de agua óptimos. Sería muy interesante la creación de campos de pruebas para estudios lisimétricos en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Huancavelica para poder experimentar *in situ* este tipo de pericias.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. SALAZAR. Guía para Estudios de Evapotranspiración e Instalación de Parcelas Demostrativas con Riego por Superficie, Programa de Asistencia Técnica CID – ATA/CLASS, Proyecto Especial de Pequeñas y Medianas Irrigaciones, 144 pp. (1979).

2. GARAY CANALES, Oscar Baldomero. Manual de uso consuntivo del agua para los principales cultivos de los Andes Centrales Peruanos; INCAGRO, 34 pp. (2009),
3. FAO., Estudio FAO Riego y Drenaje - Guía 56. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos, 322 pp. (1990).
4. PENMAN - MONTEITH – PLAN MERIS I Etapa. “Diagnóstico de los valles del Mantaro y Tarma en el departamento de Junín realizado por la Dirección General Ejecutiva del Proyecto Especial Programa Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones del Ministerio de Agricultura y Alimentación”, 209 pp. (1978).
5. PROYECTO DE IRRIGACIÓN CHUPACA, convenio de préstamo AID 527 – T 059 “Plan de Mejoramiento de riego en la Sierra” PLAN MERIS I Etapa, 288 pp. (1979).
6. JUNTA ANDALUCÍA. Manual de irrigación a tiempo real 200pp.
7. SÁNCHEZ MARTÍNEZ Marcela Inés. Métodos de estimación de evapotranspiración utilizados en Chile, Revista de Geografía Norte Grande, 28: 3-10, 8 pp. (2001).
8. CAMPOS Y ROBERTO. Manual de hortalizas. Lima Perú, 2005.
9. MINAG - INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES - INRENA INTENDENCIA DE RECURSOS HIDRICOS OFICINA DE PROYECTOS DE AFIANZAMIENTO HIDRICO, Proyecto de Irrigación Molinos Volumen II, 22 pp. (2006).

ARTÍCULO CIENTÍFICO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

Bach: MARVIN JHONN CORDERO EGOAVIL & M. C. Ing. JESÚS ANTONIO JAIME PIÑAS.

“Evapotranspiración potencial (ETP), del cultivo de arveja (*Pisum Sativum L.*), con tres niveles de capa freática en Acobamba Huancavelica”

RESUMEN

Este presente trabajo de investigación se realizó en “Vista Hermosa Casa Blanca” Acobamba – Huancavelica, con el objetivo de estudiar la evapotranspiración potencial del cultivo de arveja (*Pisum sativum L.*) y, establecer el canon de evapotranspiración potencial para las condiciones locales de Acobamba, así como también establecer el nivel óptimo de capa freática y comparar las necesidades de agua, para establecer las demandas de riego en periodos de mayor necesidad del cultivo de arveja. Se utilizó el Diseño Experimental de Bloques Completamente Randomizados, con tres tratamientos, tres repeticiones empleando para el estudio lisímetros para cada uno de ellos, para disminuir el efecto borde se sembró plantas de Arveja alrededor del área experimental, durante todo el proceso se realizó pruebas de confrontación de datos referidos a las cantidades de agua agregados en cada lisímetro según las distintas capas freáticas en estudio. Los resultados indican que el nivel óptimo de capa freática para el cultivo de arveja en las condiciones de Acobamba para cálculos de riego se presenta una profundidad de 0.25m de capa freática y, la tasa de la evapotranspiración potencial es: Fase inicial $121.43\text{m}^3/\text{ha}^{-1}$; Fase de desarrollo: $285.89\text{m}^3/\text{ha}^{-1}$; Fase de fructificación: $348.08\text{m}^3/\text{ha}^{-1}$; Fase de madurez: $169.18\text{m}^3/\text{ha}$. Además los coeficientes de cultivo calculados para la zona de Acobamba son: Fase inicial: $K_c = 0.536$; Fase de desarrollo: $K_c = 1.442$; Fase de fructificación: $K_c = 1.642$; Fase de madurez: $K_c = 0.692$. Por otro lado la demanda de agua para riego del cultivo de arveja variedad (Usui) en Acobamba Huancavelica es: Fase inicial: $121.43\text{m}^3/\text{ha}^{-1}$; Fase de desarrollo: $285.88\text{m}^3/\text{ha}^{-1}$; Fase de fructificación: $348.07\text{m}^3/\text{ha}^{-1}$; Fase de madurez: $169.17\text{m}^3/\text{ha}^{-1}$. Los resultados adaptarse en los cálculos necesidad hídrica del cultivo de arveja “distintas etapas fenológicas del cultivo” así como para el cálculo de la demanda de agua con fines de formular proyectos de riego más realistas al contar con información local y actualizada.

Palabras claves: Riego, evapotranspiración, arveja.

ABSTRAC

WE USED THE EXPERIMENTAL DESIGN OF BLOCKS TOTALLY RANDOMIZED WITH THREE TREATMENTS AND THREE REPETITIONS, FOR THE STUDY WE USED LYSIMETERS FOR EACH ONE OF THEM, TO LESSEN THE BORDER EFFECT WE GROW UP PLANTS OF THE SAME CULTIVATION (PEA) THROUGH THE EXPERIMENTAL AREA, FINALLY WE PROCEEDED TO THE CONFRONTATION OF DATES ABOUT THE QUANTITY OF WATER USED IN LYSIMETERS TO DIFFERENT WATER TABLES THE RESULTS SHOW THAT THE OPTIMUM LEVEL OF WATER TABLE FOR THE CULTIVATION OF PEA IN ACOBAMBA TO DEVELOP STUDIES OF IRRIGATION USING LYSIMETERS IS A DEPTH OF 0.25M., THE RATE OF THE POTENTIAL EVAPOTRANSPIRATION DEFINED WAS: INITIAL PHASE 121.43 M³/HA; DEVELOPMENT PHASE: 285.89 M³/HA; "FRUCTIFICACION" PHASE: $KC = 1.641$; MATURITY PHASE: $KC = 0.692$. BY THE SAME TOKEN THE DEMAND OF WATER TO IRRIGATION OF PEA CULTIVATION VARIETY (Usui) IN ACOBAMBA – HUANCVELICA IS INITIAL PHASE: 121.43 M³/HA; DEVELOPMENT PHASE: 285.889 M³/HA; "FRUCTIFICACION" PHASE: 348.07 M³/HA; MATURITY PHASE 169.12 M³/HA. EVERYTHING PLAYS AN IMPORTANT ROLE FOR THE CALCULATION OF HYDRIC NEEDS OF THE PEAS CULTIVATION IN THE DIFFERENT CULTIVATION PHENOLOGICAL STAGES

Palabras claves: Riego, evapotranspiración, arveja.

INTRODUCCIÓN

La producción agrícola en la provincia de Acobamba Huancavelica, al igual que en otras regiones de nuestro país es prioridad nacional teniendo en cuenta el crecimiento poblacional de los mismos, en Acobamba el abastecimiento del mercado con productos agrícolas mayormente proceden del Valle del Mantaro Junín u de otros lugares alejados, la producción obtenida por las unidades agrícolas en Acobamba manifiestan rendimientos pobres y distantes del promedio nacional, sin embargo estos podrían incrementarse con buenas prácticas agrícolas y mediante cálculos de requerimientos de demanda de agua de los cultivos realistas al plantearse proyectos de riego en esta parte del país. Los diferentes factores de la producción agrícola a fin de incrementar las cosechas son cada vez más estudiados y/o controlados por el hombre sin embargo aún son insuficientes tal es así que el incremento de la producción y productividad agrícola se ha convertido en la actualidad en una necesidad que se tiene que superar para que la población pueda satisfacer sus necesidades de alimentación y por ende alcanzar el desarrollo económico y social de sus localidades. Es por esta razón que conociendo que el cultivo de arveja es un producto bandera y más cultivada en esta zona y, no habiendo ningún estudio referido a la evapotranspiración de este, a pesar de ser de importancia para el cálculo del manejo de riego, la presente investigación trata del **"Evapotranspiración potencial (ETP), del Cultivo de Arveja (*Pisum sativum*)"**

L.), con tres niveles de capa freática en Acobamba Huancavelica.” Siendo el objetivo general: Establecer la Evapotranspiración Potencial (ETP), del Cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.), en tres niveles de capa freática en Acobamba Huancavelica y, los objetivos específicos: Comparar entre sí, para las condiciones locales, las tasas de evapotranspiración potencial (ETP) a partir de diferentes niveles de capa freática, obtener los coeficientes de cultivo (Kc) de arveja a través de la relación ETA / ETP , establecer la demanda de agua para el riego, comprobar la relación existente entre la producción de arveja y el volumen de agua consumida y, finalmente llegar a otros resultados que puestos en práctica contribuyan a incrementar la producción de los cultivos y, sea útil al sector especializado de investigadores, ingenieros agrónomos, estudiantes y agricultores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Método de Investigación

El método de investigación se basó mediante trabajo de campo y gabinete para evaluar la evapotranspiración potencial mediante lisímetros con tres niveles de capa freática en el cultivo de Arveja, el cual estuvo constituido por las siguientes etapas:

1. **Primera Etapa.** Recopilación de Información y preparación de terreno.
2. **Segunda Etapa.** Instalación de lisímetros en campo, pruebas iniciales e instalación del cultivo, labores de campo y mantenimiento del nivel de capa freática en forma diaria.
3. **Tercera Etapa.** Evaluación y conducción del experimento complementado con la sistematización de la información obtenida.
4. **Cuarta Etapa.** Análisis y discusión de resultados
5. **Quinta Etapa.** Elaboración del informe y Publicación de resultados.

Diseño de Investigación

El experimento se conducirá en un Diseño de Block Completamente Randomizado (DBCR). Con prueba de Significación de Tukey.

Tratamientos y Repeticiones de Estudio:

Variedad:

Variedad de Arveja: **V** = Usui

Tratamientos: Niveles de capa freática: (profundidad) Repeticiones

T1 =0.25 m	R1
T2 =0.30 m	R2
T3 =0.35 m	R3

Unidades Experimentales en Estudio:

T1R1	T2R1	T3R1
T1R2	T2R2	T3R2
T1R3	T2R3	T3R3

CONCLUSIONES

Se infiere que la tasa de evapotranspiración potencial (ETP) en Acobamba Huancavelica para el cultivo de arveja es: Fase inicial $121.43\text{m}^3/\text{ha}^{-1}$; Fase de desarrollo: $285.89\text{m}^3/\text{ha}^{-1}$; Fase de fructificación: $348.08\text{m}^3/\text{ha}^{-1}$; Fase de madurez: $169.18\text{m}^3/\text{ha}^{-1}$.

1. De los tres niveles de capa freática estudiados y comparados entre si se concluye que, el nivel óptimo de capa freática para el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.), para cálculos de evapotranspiración potencial (ETP) en Acobamba Huancavelica debe ubicarse a una **profundidad de 25 cm.**, puesto que este nivel ofreció mejores resultados en emergencia, vigor, número de vainas, rendimiento a los otros niveles esto debido a la disponibilidad de humedad en la zona radicular.
2. Los coeficientes de Kc calculados con los datos de la evapotranspiración potencial (ETP) del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.), utilizando las fórmulas de Hargreaves en base a temperatura y factor de latitud MF realizada con la investigación para condiciones de Acobamba Huancavelica resultaron: Fase inicial: **Kc = 0.536**; Fase de desarrollo: **Kc= 1.442**; Fase de fructificación: **Kc= 1.641**; Fase de madurez: **Kc= 0.692**.
3. Queda sentenciado que a una mayor reserva de agua sin perjuicio de la capa capilar del suelo se favorece el proceso de desarrollo favorable del cultivo de arveja quedando aclarado que existe una relación positiva entre emergencia, altura de planta, peso de vaina y número de vainas con el rendimiento en arveja verde.
4. Se concluye así mismo que la evapotranspiración depende, entre otros aspectos, de las condiciones climáticas, tipo y estado de desarrollo del cultivo, así como de la disponibilidad de agua del suelo el que debe reponerse periódicamente al suelo para no dañar el potencial productivo de la planta por estrés hídrico.
5. Se desprende que el valor de Evapotranspiración potencial está relacionado directamente con el estado de desarrollo del cultivo, es decir que el consumo de agua está asociado con el periodo vegetativo y desarrollo del cultivo de arveja.
6. Se concluye que a demanda de agua calculada para el cultivo de arveja en Acobamba utilizando lisímetros con capa freática a 25 cm., de la superficie del suelo es de $924.57\text{m}^3/\text{ha}^{-1}$., lo cual difiere con la demanda obtenida según programación de riego en $9611.91\text{m}^3/\text{ha}^{-1}$., y se diferencia en

10270.43 m³/ ha⁻¹., con la demanda de agua calculado con datos de Oscar Garay realizado en el Valle del Mantaro, esto nos demuestra de manera indubitable que los requerimientos hídricos varían según el cultivo, etapa de desarrollo y región geográfica.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda continuar con este tipo de investigación para Evapotranspiración Potencial (ETP), en otros cultivos en la Provincia y Distrito de Acobamba Huancavelica.
2. Se sigue utilizando datos meteorológicos de la zona de influencia del proyecto para el cálculo de demanda de agua para riego en proyectos de esta naturaleza.
3. El periodo vegetativo de cada cultivo es variable dependiendo fundamentalmente de la variedad, época de siembra y piso ecológico por lo que es gravitante para elaborar la cedula de cultivo contar con información local y por sobre todo basado en la experiencia de campo del formulador del proyecto de riego.
4. Para facilitar la estimación de la demanda de agua de los cultivos el Comité Técnico para Requerimientos de Riego, de la Sociedad Americana de Ingenieros civiles (ASCE) sugiere estimar los diferentes parámetros como evapotranspiración potencial, evapotranspiración actual, precipitación confiable y dependiente a partir de datos climáticos similares a la zona de estudio, como también referente al uso consuntivo Kc (coeficiente de cultivo = Indica el grado de desarrollo o cobertura del suelo por parte del cultivo cuyo consumo de agua se evalúa), se debe aclarar que estos coeficientes se basan en la evapotranspiración de alfalfa ETP (alfalfa), por lo que para la formulación de perfiles de riego Acobamba se deben utilizar datos de Kc determinados in situ mediante su evaluación mediante Lisímetros que determinados son más reales y se adaptan a nuestra realidad para el cálculo de la demanda de agua que aquello recomendado por el: Comité de ASCE (Sociedad Americana de Ingenieros Civiles) para necesidades de agua de riego (1), ASAE Transacciones, Vol 17, N°4, 1974 (8) y/o la FAO, Boletín N° 24, Sobre Riego y Drenaje.
5. Como consideración final, se considera que Estudiar la Evapotranspiración Potencial (ETP), en otros cultivos en la Provincia y Distrito de Acobamba Huancavelica debería ser un tema de prioridad considerando la escasez del agua de riego a fin de elaborar perfiles y proyectos de riego con cálculo de demanda de agua óptimos. Sería muy interesante la creación de campos de pruebas para estudios lisimétricos en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Huancavelica para poder experimentar *in situ* este tipo de pericias.

LITERATURA CITADA

1. SALAZAR. Guía para Estudios de Evapotranspiración e Instalación de Parcelas Demostrativas con Riego por Superficie, Programa de Asistencia Técnica CID – ATA/CLASS, Proyecto Especial de Pequeñas y Medianas Irrigaciones, 144 pp. (1979).
2. GARAY CANALES, Oscar Baldomero. Manual de uso consuntivo del agua para los principales cultivos de los Andes Centrales Peruanos; INCAGRO, 34 pp. (2009),
3. FAO., Estudio FAO Riego y Drenaje - Guía 56. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos, 322 pp. (1990).
4. PENMAN - MONTEITH – PLAN MERIS I Etapa. “Diagnóstico de los valles del Mantaro y Tarma en el departamento de Junín realizado por la Dirección General Ejecutiva del Proyecto Especial Programa Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones del Ministerio de Agricultura y Alimentación”, 209 pp. (1978).
5. PROYECTO DE IRRIGACIÓN CHUPACA, convenio de préstamo AID 527 – T 059 “Plan de Mejoramiento de riego en la Sierra” PLAN MERIS I Etapa, 288 pp. (1979).
6. JUNTA ANDALUCÍA. Manual de irrigación a tiempo real 200pp.
7. SÁNCHEZ MARTÍNEZ Marcela Inés. Métodos de estimación de evapotranspiración utilizados en Chile, Revista de Geografía Norte Grande, 28: 3-10, 8 pp. (2001).
8. CAMPOS Y ROBERTO. Manual de hortalizas. Lima Perú, 2005.
9. MINAG - INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES - INRENA INTENDENCIA DE RECURSOS HIDRICOS OFICINA DE PROYECTOS DE AFIANZAMIENTO HIDRICO, Proyecto de Irrigación Molinos Volumen II, 22 pp. (2006).



ANEXO

Fotografía N°1. Preparado del terreno



Fotografía N° 2. Preparado del terreno



Fotografía N° 3. Instalación de lisímetro



Fotografía N° 4. Enterrado de baldes con nivel



Fotografía N° 5. Sembrado de arveja tres por golpe.



Fotografía N° 6. Incorporar agua en los lisímetros a (25 m, 30 m, 35 m).



Fotografía N° 7. Medir con una regla los lisímetros, (25m, 30m, 35m.).



Fotografía N° 8. Llenado de los 9 lisímetros, con una manguera.

