



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA

FACULTAD DE AGRONOMIA

TITULO:

**“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE IRRIGACIÓN EN EL CULTIVO
DE PECANO (Carya illinoensis koch) VARIEDAD MAHAN EN LA
ZONA ALTA DEL VALLE DE ICA”**

AUTORES:

**JAYO CCAICO, ALEX
HUAROTO AURIS, ROY JAVIER**

ICA – PERU

2019

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	1
SUMMARY.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPITULO I.....	4
MARCO TEORICO.....	4
1.1 Antecedentes del Problema de Investigación.....	4
1.1.1 Antecedentes a Nivel Internacional.....	4
1.1.2 Antecedentes a Nivel Nacional.....	4
1.1.3 Antecedentes a Nivel Local.....	4
1.2 Bases Teóricas de la Investigación.....	4
1.2.1 Sobre Diseño Agronómico de un Sistema de Riego.....	4
1.2.2 Cálculo de las Necesidades de Agua.....	5
1.2.3 Evapotranspiración Actual (ETa).....	5
1.2.4 Evapotranspiración del Cultivo de Referencia (ETo).....	5
1.2.5 Coeficiente de Cultivo.....	5
1.2.6 Determinación de la Lámina de Riego, Frecuencia, Volumen de Riego, Número de Emisores por Planta, Caudal del Emisor y Tiempo de Riego.....	6
1.2.7 Cálculo de la Evapotranspiración de Referencia (ETo).....	6
1.2.8 Elección del Coeficiente de Cultivo (Kc).....	6
1.2.9 Cálculo de la Evapotranspiración Actual (Eta).....	6
1.2.10 Efecto de Localización.....	6
1.2.11 Cálculo de Uso Consuntivo Diario de un Cultivo Regado por Goteo.....	7
1.2.12 Determinación de la Lámina de Riego.....	7
1.2.13 Cálculo de Requerimiento de Lixiviación.....	8
1.2.14 Cálculo de la Lámina Bruta de Riego.....	8
1.2.15 Cálculo del Volumen Bruto de Riego.....	9
1.2.16 Cálculo del Tiempo de Riego.....	10
1.2.17 Conceptos.....	10
1.2.18 Sobre el Cultivo de Pecano.....	21
1.3 Marco Conceptual.....	23

1.3.1 Concepto de Evapotranspiración.....	23
1.3.2 Concepto de Evaporación.....	23
1.3.3 Concepto de Transpiración.....	23
1.3.4 Concepto de Fertirrigación.....	24
CAPÍTULO II.....	25
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	25
2.1 Situación Problemática.....	25
2.2 Formulación del Problema.....	25
2.2.1 Problema General.....	25
2.2.2 Problema Específico.....	25
2.3 Delimitación del Problema.....	25
2.3.1 Delimitación Espacial o Geográfica.....	25
2.3.2 Delimitación Temporal.....	25
2.3.3 Delimitación Social.....	26
2.3.4 Delimitación Conceptual.....	26
2.4 Justificación e Importancia de la Investigación.....	26
2.4.1 Justificación.....	26
2.4.2 Importancia.....	26
2.5 Objetivos de la Investigación.....	27
2.5.1 Objetivos Generales.....	27
2.5.2 Objetivos Específicos.....	27
2.6 Hipótesis de Investigación.....	27
2.6.1 Hipótesis General.....	27
2.6.2 Hipótesis Específica.....	27
2.7 Variables de la Investigación.....	27
2.7.1 Identificación de las Variables.....	27
2.7.2 Operacionalización de las Variables.....	27
 CAPÍTULO III.....	 29
ESTRATEGÍA METODOLÓGICA.....	29
3.1 Tipo, Nivel y Diseño de la Investigación.....	29
3.1.1 Tipo de Investigación.....	29
3.1.2 Nivel de Investigación.....	29

3.1.3 Diseños de Investigación	29
3.2 Población y Muestra.....	29
3.2.1 Población de Estudio.....	29
3.2.2 Población de la Muestra del Estudio.....	29
CAPÍTULO IV.....	31
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	31
4.1 Técnicas de Recolección de Datos.....	31
4.2 Instrumentos de Recolección de Datos.....	31
4.3 Técnicas de Procedimiento de Datos, Análisis e Interpretación de Resultados.....	31
CAPÍTULO V.....	32
PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	32
5.1 Presentación e Interpretación de los Resultados.....	32
5.1.1 Análisis de Suelos.....	32
5.1.2 Análisis Químico del Agua de Riego.....	33
5.1.3 Observaciones Meteorológicas.....	34
5.1.4 Verificación del Diseño Agronómico e Hidráulico del Sistema de Irrigación en el Cultivo de Pecano.....	35
5.1.5 Verificación del Diseño Agronómico del Cultivo de Pecano.....	36
5.1.6 Verificación del Diseño Hidráulico de la Unidad de Riego en el Cultivo de Pecano.....	37
5.1.7 Verificación del Diseño de la Línea Múltiple.....	39
5.1.8 Verificación del Diseño Hidráulico de la Tubería Principal.....	40
5.1.9 Componentes de la Carga Dinámica Total (ΔHT).....	41
5.1.10 Pruebas para Determinar el Coeficiente de Uniformidad en el Sistema de Irrigación.....	42
5.1.11 Análisis de Suelos.....	43
5.1.12 Análisis de Agua de Riego.....	43
5.1.13 Observaciones Meteorológicas.....	43
5.1.14 Diseño Agronómico.....	43
5.1.15 Diseño Hidráulico.....	43
5.2 Discusión de Resultados.....	44

CAPÍTULO VI	46
COMPRACIÓN DE HIPÓTESIS	46
6.1 Contrastación de la Hipótesis General.....	46
6.2 Contrastación de la Hipótesis Específica.....	46
CAPÍTULO VII	47
CONCLUSIONES	47
CAPÍTULO VIII	48
RECOMENDACIONES	48
CAPÍTULO IX	49
FUENTES DE INFORMACIÓN	49
CAPÍTULO X	51
ANEXO	51

RESUMEN

El presente trabajo de tesis: “Evaluación del Sistema de Irrigación en el Cultivo de Pecano (*Carya illinoensis* Koch) variedad Mahan en la Zona Alta del Valle de Ica”, evalúa la metodología utilizada tanto para el diseño agronómico como para el diseño hidráulico, los diversos aspectos relacionados para realizarlos teniendo en cuenta las condiciones de suelo, agua, cultivo y climáticas de la Zona Alta del Valle de Ica, además de las características utilizadas en la instalación y funcionamiento del Sistema de Irrigación.

Mediante el procedimiento para realizar la evaluación del diseño agronómico se ha podido determinar que el consumo de agua para un máximo desarrollo del cultivo de pecano es de 346 lit/día/planta, la que se aplicaran en un tiempo de riego de 5.80 horas.

Así mismo mediante el procedimiento para evaluar el diseño hidráulico se ha podido determinar que para el funcionamiento del Sistema de Irrigación (microtubos) se requiera una potencia del Sistema de Bombeo de 4.00 HP, así mismo las evaluaciones para determinar el coeficiente de uniformidad del sistema de riego por goteo (microtubos) nos muestran que tienen valores de 95.65 y 96.00.

También se ha verificado el procedimiento para el diseño de la línea lateral, encontrándose una presión de entrada de la línea lateral, igual a 10.62m.c.a, como también se ha verificado el diseño de la línea múltiple, encontrándose una presión de entrada de 11.59 m.c.a.

Palabras Claves:

- Sistema de Fertirrigación
- Diseño Agronómico
- Diseño Hidráulico

SUNMARY

The present thesis work: "Evaluation of the Irrigation System in the Pecan Cultivation (*Carya illinoensis* koch) Mahan variety in the Upper Zone of the Ica Valley", evaluates the methodology used for both the agronomic design and the hydraulic design, the various related aspects to be carried out taking into account the soil, water, cultivation and climatic conditions of the Upper Zone of the Ica Valley, in addition to the characteristics used in the installation and operation of the Irrigation System.

By means of the procedure to carry out the evaluation of the agronomic design it has been possible to determine that the water consumption for a maximum development of the pecan crop is 346 lit / day / plant, which will be applied in an irrigation time of 5.80 hours.

Likewise, by means of the procedure to evaluate the hydraulic design it has been possible to determine that for the operation of the Irrigation System (microtubes) a power of the Pumping System of 4.00 HP is required, as well as the evaluations to determine the coefficient of uniformity of the system of drip irrigation (microtubes) show that they have values of 95.65 and 96.00.

The procedure for the design of the lateral line has also been verified, finding a pressure of entrance of the lateral line, equal to 10.62m.c.a, as also the design of the multiple line has been verified, finding an entrance pressure of 11.59 m.c.a.

Keywords:

- Fertigation System
- Agronomic Design
- Hydraulic Design

INTRODUCCION

A nivel mundial el recurso hídrico está coordinado como el recurso natural más importante, por ser utilizado en diversas actividades como la industria, agricultura, ganadería y uso doméstico para actualmente en muchas zonas del mundo se está presentando escasez debido al cambio climático y a la contaminación ambiental, siendo la zona costera un de las más afectadas especialmente el departamento de Ica y todas sus provincias.

Además conocemos de la gran variedad de cultivos que se siembran en la zona de Ica como son las hortalizas y frutales siendo el cultivo de pecano con sus diversas variedades, el que está tomando mucha importancia por la gran aceptación del fruto de los diversos mercados tanto nacionales como extranjeros.

Es por estas consideraciones que se hace necesario utilizar todos los técnicos disponibles para realizar un manejo eficiente del agua de riego que nos permita obtener buenas cosechas en cantidad y calidad.

El cultivo de pecano últimamente ha alcanzado una gran importancia entre los agricultores de la zona del valle de Ica, por lo que es necesario realizar investigación en todos los campos relacionados al cultivo de pecano como asimilación de macro y micro nutrientes control de plagas y enfermedades, consumo del agua del cultivo y mejoramiento en la eficiencia del uso de agua y fertilizantes.

Mediante el presente trabajo se piensa poner a disposición de los agricultores una herramienta para la evaluación de los sistemas de fertirrigación en el cultivo del pecano como una manera de ayudar en el mejoramiento del uso del agua y los fertilizantes.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.1 Antecedentes a Nivel Internacional

No se tiene información de diseños de sistemas de fertirrigación en el cultivo de pecano a nivel internacional por ser un cultivo netamente peruano pero si hay información de sistemas de fertirrigación en otros cultivos.

1.1.2 Antecedentes a Nivel Nacional

Huaman V. y Huachin C. (2015).

Realizarón el trabajo de Investigación “Diseño de un Sistema de Fertirrigación en el Cultivo de Vid (*vitis vinífera* L) variedad Red Globe y Flame en la Zona de Villacurí – Ica”.

1.1.3 Antecedentes a Nivel Local

Tasayco J. y Huarcaya A. (2017), realizaron el trabajo de Investigación “Diseño de un Sistema de Fertirrigación en el Cultivo de un Sistema de Fertirrigación en el Cultivo de Pecano (*carya illinoensis* Koch) en la Zona Alta del Valle de Ica.

1.2 BASES TEÓRICAS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Sobre el Diseño Agronómico de un Sistema de Riego

El diseño agronómico es el componente fundamental en todo proyecto de riego y en un sistema de riego por goteo no es la excepción. Es la parte en que los errores tienen consecuencias graves, de nada sirve unos afinados cálculos hidráulicos o una perfecta elección de los automatismos si se parte de un diseño agronómico equivocado cuya consecuencia es por ejemplo, la salinización del suelo por falta de lavados o la insuficiencia en del volumen de suelo humedecido por instalar un numero y/o tipo equivocado de emisores.

Por otra parte, como también ocurre en los demás métodos de riego. El diseño agronómico es la parte del proyecto que más dificultades presenta tanto de tipo conceptos, como de dificultad de cuantificar mediante fórmulas, coeficientes, tablas, etc. una serie de cadenas en las que intervienen la biología por todo ello es una fase del trabajo en donde hay que extremar el sentido común y la observación de la realidad.

El diseño agronómico es parte del proyecto en cuanto decide una serie de elementos de la instalación tales como número de emisores, disposición de los mismos, etc. además proporciona unos datos básicos para el posterior diseño hidráulico, como caudal por emisores y planta duración del riego, etc. Keller (1983).

El Diseño Agronómico se Realiza en Dos Fases:

1. Cálculo de las necesidades de agua.
2. Determinación de la dosis frecuencia y tiempo de riego, número de emisores por planta y caudal del emisor.

1.2.2 Cálculo de las Necesidades de Agua

A efectos del diseño, lo que interesa conocer acerca de las necesidades de agua es su valor en máxima demanda (punta) en función del cual se dimensionan posteriormente las instalaciones de riego.

1.2.3 Evapotranspiración Actual (ET_a)

Es el uso potencial del agua por los cultivos agrícolas incluyendo la evaporación directa de la humedad del suelo y la transpiración de las plantas húmedas, este concepto es equivalente a la evapotranspiración del cultivo (ET_c). que viene a ser el producto de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o). Por el coeficiente del cultivo (k_c). F.A.O (2006).

1.2.4 Evapotranspiración del Cultivo de Referencia (ET_o)

Es la cantidad de agua evaporada y transpirada por una cobertura de pequeñas plantas verdes (generalmente pastos). Es estado activo de

crecimiento y con un suministro continuo y adecuado de humedad también se le denomina evapotranspiración potencial, esta se puede obtener mediante lisímetros o en forma indirecta mediante métodos empíricos basados en datos meteorológicos y utilizando las ecuaciones de Penman, Blaney-Cridole, relación etc, otra vez de tanques evaporímetros de tipo A. F.A.O (2006).

1.2.5 Coeficiente de Cultivo

(Kc) indica el grado de desarrollo del cultivo durante todo su periodo vegetativo.

1.2.6 Determinación de la Lámina de Riego, Frecuencia, Volumen de Riego, Número de Emisores por Planta, Caudal del Emisor y Tiempo de Riego.

A efectos de diseño, lo que interesa conocer acerca de las necesidades de agua. Es su valor en máxima demanda (punta) en función del cual se dimensionan posteriormente las instalaciones de riego.

1.2.7 Cálculo de la Evapotranspiración de Referencia (ETo)

El cálculo de la ETo no presenta diferencias respecto al riego convencional por gravedad pudiendo utilizar diferentes métodos.

1.2.8 Elección del Coeficiente de Cultivo (kc)

Indica el grado de desarrollo del cultivo, este se elige en función del cultivo a instalar.

1.2.9 Cálculo de la Evapotranspiración Actual (ETa)

Se calcula igual que en sistema de riego por gravedad, en la actualidad.

$$ETa = ETo \cdot Kc$$

1.2.10 Efecto de Localización

Se han propuesto numerosos procedimientos que corrigen la ETa. por el "Efecto de Localización" entre los seleccionados por ser prácticos, son los que se basan en la fracción del área sombreada por el cultivo y se puede obtener mediante la siguiente ecuación a Keller:

$$\text{Efecto de Localización} = \frac{PS}{100} + 0.15 \left[1 - \frac{PS}{100} \right]$$

Dónde:

Ps = Porcentaje de sombreadamiento de la planta en relación a su área de influencia para un máximo desarrollo del cultivo a instalar.

1.2.11 Cálculo de uso Consuntivo Diario de un Cultivo Regado por Goteo

El uso consuntivo diario se puede determinar utilizando la siguiente ecuación.

$$UC = Ud \left[\frac{Ps}{100} + 0.15 \left(1 - \frac{Ps}{100} \right) \right]$$

Dónde:

UC = Uso consuntivo diario para un cultivo regado diario (mm/día).

Ud = Es igual a E_t es el uso consuntivo diario durante el mes de máxima demanda calculada de la manera convencional (mm/día).

Ps = Porcentaje de sombreadamiento de la planta con relación a su área de influencia medida al mediodía para un máximo desarrollo.

El valor de Ps, puede estimar mediante mediciones de campo como la relación entre el área ocupada por la proyección de la copa de la planta y el área del espaciamiento.

1.2.12 Determinación de la Lámina Neta de Riego

Para riego por goteo se puede estimar de la siguiente manera:

$$dn = U_c \cdot f$$

Dónde:

dn = Lamina de riego (mm/día).

Uc = Uso consuntivo diario (mm/día).

Como en el riego por goteo, generalmente los riegos son diarios entonces diríamos que:

$$dn = uc.$$

1.2.13 Cálculo de Requerimiento de Lixiviación

El requerimiento de lixiviación para mantener el balance de sales se puede obtener mediante la ecuación propuesta por la F.A.O (1976) para altas frecuencias de riego.

$$RL = \frac{CEar}{2(MAXCEe)} * 100$$

DONDE:

RL = Requerimiento de Lixiviación.

(%) CEar = Conductividad Eléctrica del Agua de riego (ds/m).

MACEar = Máximo Conductividad Eléctrica del Extracto de Saturación del Duelo para una Producción = 0.

1.2.14 Cálculo de la Lámina Bruta de Riego

Viene ser la lámina que considera la demanda del cultivo y las distintas pérdidas y desperdicio del sistema se distinguen 2 casos:

1) cuando $r_l < 0.1$

$$db = \frac{dn \cdot rt}{CU/100}$$

Dónde:

rt = Relación de transpiración que representa el agua adicional que se tiene que aplicar aun durante el periodo de uso pico, para compensar las pérdidas inevitables por la percolación profunda.

Dn = Lamina neta (mm/dia).

Cu = Coeficiente de uniformidad que viene a ser la fracción de la dosis media que debe recibir como mínimo la parte del terreno que recibe menos agua.

Si hacemos $rt = 1$ entonces tenemos:

$$db = \frac{dn}{CU/100}$$

2) cuando $rl > 0.1$

$$db = \frac{dn}{CU/100(1 - rl)}$$

1.2.15 Cálculo del Volumen Bruto de Riego

Es el volumen de agua que se aplica a cada planta en cada riego y es necesario para seleccionar el emisor y se determina mediante la siguiente ecuación:

$$Vr = db \cdot sp \cdot sr$$

Dónde:

Vr = Volumen de agua de riego (l/día).

Sp = Espaciamiento entre líneas (m).

Sr = Espaciamiento entre plantas (m).

1.2.16 Cálculo del Tiempo de Riego

Es el tiempo de riego necesario para aplicar al suelo la lámina bruta, dependerá del volumen de riego, el número de emisores y del caudal del emisor y se determina mediante la siguiente ecuación:

$$Tr = \frac{Vr}{e \cdot qa}$$

Dónde:

Tr = Tiempo de Riego.

Vr = Volumen Bruto de Riego (l/día).

E = Número de Emisores.

Qa = Caudal de Gotero (l/h).

1.2.17 Conceptos:

– **Relación de Transpiración (RT)**

Es la lámina de agua de riego que se tiene que aplicar al área a fin de satisfacer exactamente la transpiración diaria, dividida por la lámina de agua realmente transpirada (td).

Esto representa el agua adicional que se tiene que aplicar a un cultivo durante el periodo de uso pico, para compensar las pérdidas inevitables por la percolación profunda.

– **Coefficiente de Uniformidad (CU)**

A efectos se establece la condición de que la parte del cultivo que menos agua recibe reciba como mínimo una cierta fracción de la dosis media, ya que los emisores de una instalación arrojan caudales que no son exactamente iguales entre sí. A esta fracción se llama coeficiente de uniformidad.

– **Hidráulica del Sistema de Riego por Goteo**

El cálculo hidráulico del sistema de riego por goteo, comprende el

desarrollo de las ecuaciones y procedimientos matemáticos que se utilizan para el diseño de cada una de las diferentes tuberías dentro del sistema.

– **Hidráulica de Tubería**

El cálculo de la pérdida de carga por fricción la ecuación de Hazen y Willians se hacen y se usa normalmente para estimar las pérdidas por fricción en laterales de aspersión goteo y de líneas principales de diversos tipos de materiales.

$$hf = 1.21 * 10^{12} \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} D^{-4.87} L/100$$

Dónde:

hf = Pérdida de carga debida a fricción (m.c.a).

Q = Caudal en la tubería (l/seg).

C = Coeficiente de fricción que es la función del material de la tubería.

D = Diámetro interno de la tubería (mm).

L = Longitud de la tubería (m).

Valores Típicos de C para uno en la Ecuación de Hazen - Willians:

TUBERÍA	C
plástico	150
asbesto cemento	140
aluminio (con acoples cada 9 m)	130
Acero galvanizado	130
acero 8 nuevo)	130
acero (15 años de uso)	100

- **La Fórmula de Hazen y Williams** fue desarrollada a partir de estudios de sistemas de distribución de agua, usando tubos de diámetro mayor de 75 mm y descargas mayor a 3.2 lt/seg.

Bajo estas condiciones de flujo el número de Reynolds es mayor que $5 * 10^4$ y la fórmula predice las pérdidas de carga satisfactoriamente. Sin embargo para tubos de diámetro pequeño y paredes lisas que se utilizan en sistemas de riego por goteo, la fórmula Hazen y Williams con $c = 150$ subestima las pérdidas de carga una de las fórmulas más exactas en el cálculo de la pérdida de carga continua. que se produce cuando el agua fluye dentro de un conducto es la de Darcy-Weisbach que es la más recomendada para las dimensiones de las diferentes tuberías ($c= 0.150$) que compone el sistema de riego por goteo.

$$hf = \frac{f * l * v^2}{D * 2g}$$

Dónde:

hf = Pérdida de carga por fricción (m).

f = Factor de fricción.

v = Velocidad de la tubería (m).

l = Longitud de la tubería.

D = Diámetro de la tubería (m).

g = Aceleración de la gravedad (9.81m/seg).

El factor “f” (fricción), debe determinarse de tal manera que la ecuación anterior cuantifique la pérdida de energía por consiguiente “f” no puede ser una constante sino que depende de una serie de parámetros, como la velocidad (v), el diámetro (d), densidad (p), viscosidad (u) y de ciertas características de la rugosidad de la pared de la tubería.

El factor de fricción “f”, para flujo laminar en tubos lisos está dado por la ecuación:

$$F = \frac{64}{Ry}$$

Ry < 2000

$$Ry = 1.3 * 10^6 \frac{Q}{D}$$

Dónde:

Ry = Número de Reynolds.

Y para flujo turbulento, donde $ry > 2000$.

$$\frac{1}{(F)^{1/2}} = -0.8 + 2.0 \log(Ry(f)^{1/2})$$

Que por ser esta ecuación tediosa para usarla se recomienda la siguiente para "ry" entre 2000 y 1000000.

$$f = 0.32 Ry^{-0.25}$$

Esta ecuación se llama ecuación de Blassius, y resulta útil para un rango de número de Reynolds. Como se encuentra en sistemas de riego por goteo.

Para simplificar los costos aún más, las ecuaciones 2,4 y 6 se pueden combinar y ajustar las constantes para condiciones promedio. esto da una ecuación simple para usar con tubos lisos de menos de 125 mm (5 pulgadas) de diámetro.

$$hf = 7.89 * 10^7 \frac{(Q)^{1.75}}{D^{4.75}} L/100$$

Dónde:

hf = Pérdida de carga por fricción (m.c.a).

Q = Caudal (l/seg).

D = Diámetro de la tubería (mm).

Para tubos de plásticos más grandes donde el diámetro es mayor de 125mm (5pulgadas) la ecuación se convierte en:

$$hf = 9.58 * 10^7 \frac{(Q)^{1.85}}{D^{4.83}} L/100$$

Estas ecuaciones son tan fáciles de usar como la fórmula de Hazen y Williams y predicen las pérdidas por fricción más exactamente para agua a 21 °C fluyendo en tubería de plástico liso.

– **Pérdida de Carga por Fricción en Tuberías Salida Múltiples:**

El flujo del agua a través de una tubería de un diámetro determinado, causa más fricción que el flujo a través de una tubería con número de salidas igualmente espaciadas.

La razón para esta reducción en pérdida por fricción es que el volumen de flujo decrece cada vez que pasa frente a una salida.

El método desarrollado por Christiansen para el cómputo de las pérdidas de presión en tubería con salidas múltiples es el más utilizado. Primero se calculan las pérdidas por fricción en las líneas sin salida múltiples, y luego se multiplica por un factor *f*. basado en el número de salidas en la línea. Para obtener las pérdidas de carga, en una línea con salidas múltiples:

$$hf = 7.89 * 10^7 \frac{(Q)^{1.83}}{D^{4.75}} L/100 F$$

Diámetro < 125mm

$$hf = 9.58 * 10^7 \frac{(Q)^{1.83}}{D^{4.83}} L/100 F$$

Diámetro > 125mm

Donde:

$$F = \frac{1}{M + 1} + \frac{1}{2N} + \frac{(m - 1)^{1/2}}{6N^2}$$

M = Exponente de la velocidad en la ecuación de pérdida de carga usada.

N = Número de salidas en línea.

Keller (1983).

– **Goteros:**

Los emisores o goteros son los últimos puntos del sistema por donde se aplica agua al suelo de una forma controlada, de su buena elección dependerá lo adecuado del diseño.

Un gotero eficiente es aquel que cumple las siguientes características:

- Descarga baja, uniforme y constante (0.2 - 3.8l/) para una buena presión de 10 a 20 m.c.a
- Debe tener una sección hidráulica adecuada para evitar obstrucciones por lo que su fabricación debe ser precisa.
- Debe ser económico y compacta (liviano).
- Resistente a la contaminación química y ambiental.
- Reducida pérdida de carga en el sistema de conexión.

– **Hidráulica de Goteros**

En el método de riego por goteo el agua es aplicada por presión por las líneas regantes y llega a los emisores o goteros poniéndose en contacto con el suelo a la presión atmosférica.

La presión se disipa mediante diversos mecanismos, dependiendo del tipo de gotero, la longitud forma y secciones de los conductos determinaran el comportamiento hidráulica del emisor.

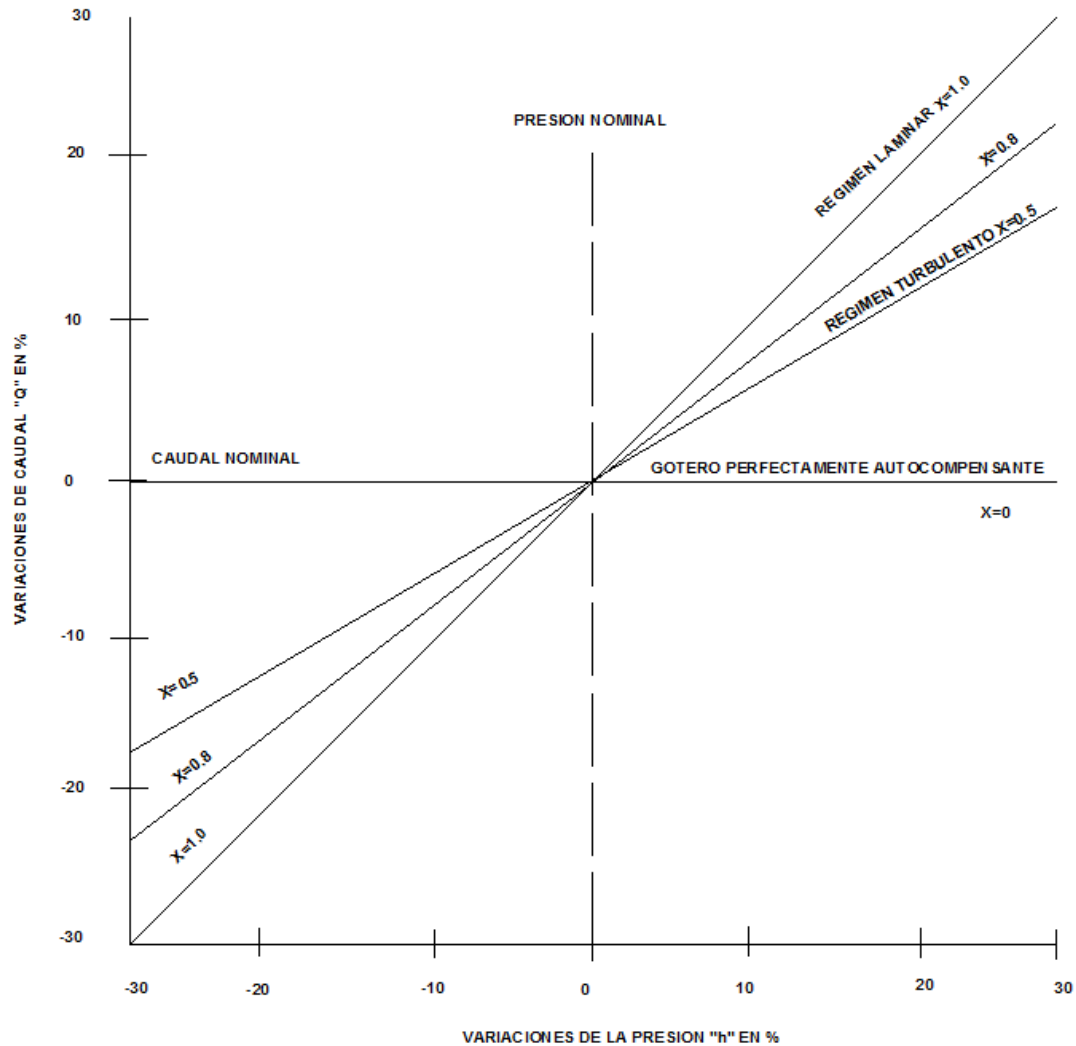


FIGURA N° 1: Variaciones de caudal en función de las variaciones de presión para emisores con varios exponentes de descarga “x”.

– **Coeficiente de Variación de Fabricación**

A pesar de los cuidados que se tienen en la fabricación de los goteros, es imposible fabricar dos exactamente iguales con el mismo valor de descarga en estas pequeñas diferencias causan grandes variaciones en la descarga con un número grande de emisores, se ha comprobado que sus caudales, se distribuyen estadísticamente siguiendo una distribución normal siendo definida por su desviación estándar y su media.

El coeficiente de variación de fabricación del gotero cv . se usa como una medida de variación de descarga, en un grupo de goteros y debe ser proporcionado por el fabricante.

El valor de cv puede calcularse por la siguiente ecuación:

$$CV = \frac{o}{q} = \frac{\sqrt{q_1^2 + q_2^2 + \dots + q_N^2 - N(q)^2 / \sqrt{N-1}}}{q}$$

Dónde:

C.V. = Coeficiente de variación de fabricación del gotero.

q_1, q_2, q_3 = Caudal individual de los goteros.

N = Número de goteros.

q = Descarga promedio de los emisores muestreados.

o = Desviaciones andar de las descargas de la muestra.

Keller (1983).

El significado de cv , derivado de la curva de distribución normal será:

- ✓ Prácticamente todos los caudales observados están comprendidos en $(1 \pm 3 cv) q$.
- ✓ Aproximadamente el 95% de los caudales observados están comprendidos en $(1 \pm 2cv) q$.
- ✓ El promedio del 25 % de los valores más bajos de caudales es aproximadamente igual a $(1 - 1.27cv) q$.
- ✓ Alrededor del 68% de las descargas están comprendidas en $(1 \pm cv) q$.

De esta manera para un emisor con $cv = 0.06$ y $q = 3.78$ l/h, 95% de las descargas pueden esperarse entre 3.33 a 4.23 l/h y el promedio de las descargas del 25% de los valores más bajos estarán alrededor de 3.48 l/h.

Los goteros pueden clasificarse de acuerdo a la siguiente guía:

EXCELENTE	$Cv < 0.05$
MEDIO	$0.005 < cv < 0.07$
MARGINAL	$0.07 < cv < 0.01$
POBRE	$0.11 < cv < 0.15$
INACEPTABLE	$Cv < 0.15$

Pizarro (1990).

Quando una planta recibe agua de más de un gotero el coeficiente de variación de fabricación queda definido así:

$$CVS = \frac{CV}{\sqrt{e}}$$

Dónde:

CVS = Coeficiente de variación de fabricación del sistema.

e = Número de emisores planta.

En estos casos las variaciones de caudal m para cada emisor alrededor de la planta es prácticamente compensado por otro distinto.

En cultivo de líneas, debió a lo poco espaciados que normalmente se encuentran los goteros, cada planta puede recibir agua de 2 - 3 goteros, siendo esto el número que deberá considerarse como emisores.

– **Sensibilidad a las obstrucciones.**

Debido a los bajos caudales que requiere por goteo los canales de flujo del emisor deben tener unas dimensiones determinadas dado que la sensibilidad a las obturaciones depende fundamentalmente del diámetro de su sección mínima de paso de la velocidad del agua y de la configuración de la sección.

La sensibilidad a las obturaciones puede ser clasificada según el diámetro de la sección mínima de paso de la siguiente manera:

Muy sensibles ala obturación	$D \leq 0.7\text{mm}$
Sensible	$0.7 \leq d \leq 1.5\text{mm}$
Poco sensible	$d > 1.5 \text{ mm}$

Se recomienda que el proceso de filtración no deje pasar partículas de diámetro mayor a 1/10 del diámetro de la sección mínima del emisor.

– **Tipos de Gotero**

Los goteros son emisores colocados sobre el lateral espaciados uniformemente y que arrojan caudales menores a 12 l/h.

Existen una cierta variedad de los goteros, pudiendo clasificarse:

a) Emisores de Largo Recorrido.- En estos emisores la mayor pérdida de carga ocurre en una suave y larga tubería de pequeño diámetro .el flujo en esta sección es laminar. Siendo en doble a las diferencias de presión en el sistema. las tuberías utilizadas tienen diámetro de 0.6 a 2mm siendo su cv entre 0.02 y 0.05.

b) Emisores de Laberinto.- Estos emisores de laberinto están formados por largos conductos tortuosos en las cuales la pérdida de carga es previo a la combinación de fricción m en la pared, secciones agudas, contracciones y expansiones consiguiéndose menores valores de x normalmente 0.5.

c) Emisores de Tipo Orificio.- En estos emisores el flujo es totalmente turbulento cuya salida de agua es a través de uno o varios orificios de pequeño diámetro con una mayor pérdida d carga estos emisores son muy sensible alas obturaciones.

La descarga del emisor responde a la ecuación:

$$Q = c. a \sqrt{2gh}$$

Donde:

c = Coeficiente que depende de las características de la boquilla
varía entre 0.6 – 1.0.

a = Sección transversal del flujo.

d) Emisores Tipo Vórtice.- Estos emisores tienen una cámara circular que produce el flujo vertical. La entrada del agua tangente a la pared circular interna de la cámara causa una rápida rotación de agua, formándose un vórtice en el centro de la cámara.

La ecuación de descarga es la siguiente:

$$q = c \cdot a \sqrt{2gH}^{0.4}$$

Coeficiente c, toma un valor de aproximadamente 0.4.

e) Emisores auto compensables.- Son emisores que funcionan con flujo turbulento, construido para producir una descarga prácticamente constante en un amplio rango de presiones. La autorregulación se logra a través de una pieza móvil y flexible de goma, que deforma bajo los efectos de la presión disminuyendo la sección de paso del agua y limitando así el caudal lo cual también puede dar lugar a ser muy sensible a las obstrucciones.

La ecuación de descarga tiene la ecuación siguiente:

$$q = c \cdot a \sqrt{2gH}^x$$

El exponente de descarga x varía desde 0.5 a 0.0 dependiendo de las características de la sección de flujo y de la elasticidad del material utilizado.

– **Sobre el Diseño de Laterales**

La tubería lateral es aquella que recibe el agua de la tubería terciaria o múltiple y que contiene los emisores o goteros.

Estas tuberías, generalmente son de plástico flexible PVC o polietileno de pequeño diámetro (12,16 o 20mm).

El diseño de las tuberías laterales, comprende la determinación del caudal la presión de entrada longitud y las diferencias de presión que ocurren en el lateral.

Cuando la pendiente del terreno es nula. En el sentido de los laterales se recomienda ubicar estos a ambos lados de la tubería terciaria o múltiple. Siendo estos de igual longitud. en este caso el espaciamiento entre múltiples (sm) será igual a dos veces la longitud del lateral cuando el terreno tiene una cierta pendiente caso común, los pares de laterales que sales del múltiple tendrán longitudes diferentes para así poder.

Pizarro (1990)

1.2.18 Sobre el Cultivo de Pecano

A) CLASIFICACIÓN BOTANICA

El pecano, carya illinoensis koch, pertenece a la familia juglandaceae, con seis géneros, entre ellos juglans, carya y pterocarya, con cerca de 40 especies distribuidas en las regiones templadas del hemisferio norte. El pacano está emparentado con árboles frutales, ornamentales y forestales como los nogales. El género carya tiene alrededor de 20 especies, de las cuales unas pocas producen nueces comestibles. Generalmente tiene bajos rendimientos, cascara gruesa o dura y nueces pequeñas .algunas especies que tienen nueces comestibles son: c.cordimorfis (Wang) kock, glabra (mili) sweety c.laciniosa (Wang) sarg, llamadas vulgarmente nuez amargada, nuez del cerdo y nuez corteza concha respectivamente. Lo más importante de las especies cultivadas es el pacano (gil, 1997, university of Georgia, 2005).

B) ORIGEN

Este árbol es nativo de las regiones del Sur de los Estados Unidos y Norte de México. Los frutos eran usados por los indígenas hace 8000 años en Texas. Es el fruto seco nativo más importante de los estados unidos el término “pecan” viene de las palabras

aborigen americana “pacane” y quiere decir “nuez” que es tan dura que requiere una roca para partirla.

A escala mundial, los principales países productores son estados unidos y México. En estados unidos (Georgia) se produce un marcado añerismo que, consecuentemente, afecta los precios mientras que en la producción mexicana no se produce este fenómeno.

C) DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Es un árbol caducifolio, muy longevo, que alcanza hasta 30 metro de altura, de copa frondosa y madera quebradiza .las hojas son alternas imparipinadas, con 7 a 17 foliolos opuestos serrados y asimétricos verde brillante en el haz y más claro en el envés.

la raíz puede penetrar a una profundidad de 10 m pero la mayoría de las raíces se encuentran alrededor de 1,2m de profundidad y puede abarcar el doble del espacio que cubre el follaje en la superficie ocasionalmente puede tener pelos radicales se le señalaba como tolerante ala areobiosis.

Es una especie en que las flores femeninas se ubican en la zona terminal de los brotes del año, dando lugar a los frutos en grupos de 2-9 nueces.

Por otra parte, las flores masculinas corresponden a amentos y se encuentran ubicados en la zona basal en madera del año anterior. La inflorescencia femenina, es una espiga terminal de pocas flores que no tienen pétalos y constan de grandes estigmas sujetos a ovarios. Nacen en primavera cercana a la punta del crecimiento del brote del año.

El pecano es auto fértil, pero dicogamo es decir la maduración de ambas flores no es coincidente, por lo que se debe plantar juntas aquellas variedades cuyas flores masculinas y femeninas coinciden en su maduración. Las variedades protandricas son llamadas tipo I y las protoginicas tipo II. Solo unas pocas variedades liberan el polen al mismo tiempo en que la flor femenina. Esta receptiva (protandria) o después que el periodo de

receptividad (protoginia). Cuando el amento madura, libera grandes cantidades de polen, lo que aumenta las oportunidades e que el polen llegue al estigma.

La polinización es anemófila. El polen del pecano, como el del nogal es relativamente pequeño y muy ligero. Por esta razón no es necesario tener polinizantes tan cercanos a la variedad principal. Como ocurre en almendros y cerezos. El pecano se asemeja al avellano europeo en el largo periodo que se requiere entre polinización y fecundación alrededor de 12 semanas después de la polinización que es cuando el fruto está próximo a alcanzar su tamaño definitivo el embrión entra en periodo de crecimiento rápido que dura de 6 - 8 semanas.

Ministerio de agricultura (2012).

1.3 MARCO CONCEPTUAL

1.3.1 Concepto de Evapotranspiración:

La Evapotranspiración (ET), se puede definir como la pérdida de agua que ocurre en una superficie, como consecuencia de la combinación de los procesos de evaporación de una superficie evaporante (lagos, ríos, mares, suelo y vegetación mojada) y la transpiración de la planta.

1.3.2 Concepto de Evaporación:

La evaporación es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua (vaporización) y se retira de la superficie evaporante (remoción de vapor). El agua se evapora de una variedad de superficies, tales como lagos, ríos, caminos, suelos y la vegetación mojada. Para cambiar el estado de las moléculas del agua de líquido a vapor se requiere energía.

1.3.3 Concepto de Transpiración:

La transpiración consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y si posterior remoción hacia la atmósfera. Los cultivos pierden agua predominante 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.

1.3.4 Concepto de Fertirrigación:

Técnica que permite aplicar agua conjuntamente con fertilizantes a los cultivos

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

En la Zona del Valle de Ica, el recurso hídrico se hace cada vez más escaso, convirtiéndose en el factor limitante para la siembra de cultivos instalados en la zona, por lo que se hace necesario realizar investigaciones para realizar un manejo adecuado del recurso hídrico y obtener buenos rendimientos, especialmente en el cultivo de pecano, por ser un cultivo que últimamente está adquiriendo mucha importancia entre los agricultores de la Zona del Valle de Ica.

2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.2.1 Problema General

¿Se podrá realizar un manejo eficiente del recurso hídrico mediante la conducción del Cultivo de Pecano, mediante sistemas de riego por goteo en la Zona Alta del Valle de Ica?

2.2.2 Problema Especifico

¿Se podrá realizar un manejo eficiente del recurso hídrico en el cultivo de pecano mediante la evaluación del sistema de riego por goteo en el Cultivo de Pecano en la zona Alta del Valle de Ica?

2.3 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

2.3.1 Delimitación Espacial o Geográfica

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el periodo denominado Los Cactus ubicado en la Zona Alta del Distrito de San José de los Molinos – Ica.

2.3.2 Delimitación Temporal

El presente trabajo de investigación se desarrolló a lo largo del ciclo fenológico de la planta, correspondiente a una campaña agrícola anual para las condiciones de la Zona Alta del Valle de Ica.

2.3.3 Delimitación Social

Comprende a los pequeños agricultores, asociación de agricultores y empresas agrícolas pertenecientes a la Zona Alta del Valle de Ica; cuyas actividades estén orientadas a la conducción del cultivo de pecano, así como la mejor eficiencia de uso y aprovechamiento del recurso hídrico en el desarrollo de este cultivo.

2.3.4 Delimitación Conceptual

Para el presente trabajo de tesis se hizo uso de los valores obtenidos de las variables meteorológicas de mayor importancia, para la Zona Alta del Valle de Ica; así también se tomó en consideración los valores del coeficiente del cultivo (K_c) de los pecanos instalados en el predio, y que tienen una influencia directa en la evapotranspiración del cultivo, así como las características del sistema de riego por goteo, instalado en el cultivo de Pecano.

2.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1 Justificación

A nivel de la Zona Alta Valle de Ica, el recurso limitante de la producción, es el recurso hídrico, que cada día se hace más escaso, por lo que es necesario realizar investigaciones que ayuden a mejorar la eficiencia de uso del recurso hídrico, en todos los cultivos instalados en la Zona Alta del Valle, especialmente en el cultivo de pecano, en las cuales se ha instalado sistemas de riego por goteo.

2.4.2 Importancia

La importancia del presente trabajo de tesis radica en que se va a poner a disposición de los agricultores de la zona, una metodología que les permita determinar la evaluación del sistema de riego por goteo en la Zona Alta del Valle de Ica, especialmente del cultivo de pecano, como una manera de incrementar la eficiencia en el uso del recurso hídrico.

2.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.5.1 Objetivos Generales

Realizar un manejo eficiente del recurso hídrico, considerando las condiciones de Evapotranspiración para el cultivo de pecano, en la Zona Alta del Valle de Ica; así como de las características hidráulicas del sistema de riego por goteo.

2.5.2 Objetivos Específicos

Realizar la evaluación tanto agronómica como hidráulica del sistema de riego por goteo en el cultivo de pecano, para las condiciones de la Zona Alta del Valle de Ica.

2.6 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

2.6.1 Hipótesis General

Mediante la evaluación del sistema de riego por goteo, instalado en el cultivo de Pecano, se podrá realizar un manejo eficiente del recurso, se podrá realizar un manejo eficiente del recurso hídrico para las condiciones de la Zona Alta del Valle de Ica.

2.6.2 Hipótesis Específica

Mediante la evaluación tanto agronómica como hidráulica del sistema de Riego por Goteo se podrá realizar un manejo eficiente del riego en el cultivo de Pecano para las condiciones de la Zona Alta del Valle de Ica.

2.7 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

2.7.1 Identificación de Variables:

a) Variables Independientes

- Humedad relativa
- Hora de sol
- Velocidad del viento
- Temperatura media
- Coeficiente del cultivo (Kc).

b) Variables Dependiente

- Evapotranspiración del cultivo de pecano.

2.7.2 Operacionalización de las Variables

VARABLES E INDICADORES EMPLEADOS EN LA DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO

VARIABLE	INDICADORES	VALOR FINAL
1. VARIABLE DE INTERÉS Evapotranspiración del cultivo de pecano en la Zona Alta del Valle de Ica.	<ul style="list-style-type: none">- Heliógrafo- Anemógrafo- Termómetro- Higrómetro	<ul style="list-style-type: none">- Hora de sol- m/seg.- °C- %

CAPÍTULO III

ESTRATEGIA METODOLOGÍA

3.1 TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:

3.1.1 Tipo Investigación

El tipo de investigación que se empleó para el presente trabajo de investigación es aplicada.

3.1.2 Nivel de Investigación

El nivel de investigación es aplicativo.

3.1.3 Diseño de Investigación

El presente trabajo de investigación es de un diseño experimental longitudinal de tendencia, por lo que evalúa más, las variables meteorológicas y el coeficiente de desarrollo del cultivo de pecano, así como de las características hidráulicas del sistema de riego por goteo para las condiciones de la Zona Alta del Valle de Ica.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 Población de Estudio

La población de estudio, viene a estar constituida por el cultivo de pecano de aproximadamente 02 años, instalados en la parcela de 02 Has, con sistemas de riego por goteo, ubicado en la Zona Alta del Valle de Ica.

3.2.2 Población de la Muestra del Estudio

Para el presente trabajo de tesis se tomó como muestra representativas de la zona, el cultivo instalado en el predio denominado Cactus, localizado en el Distrito de San José de los Molino. El huerto presenta plantas de pecana Var.: Mahan, los frutales se encuentran separados a una distancia de 10.0 m por 10.00 uno de otro, en un área de 2.0 Has., aproximadamente. El sistema de riego empleado es por goteo;

así mismo el cultivo se encuentra libre de plagas y enfermedades, así como también libre de malezas.

CAPÍTULO IV

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

4.1 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Los valores de las variables meteorológicas fueron proporcionados por la estación MAP “San Camilo”, pertenecientes al Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología – SENAMHI – Ica.

Las variables que se tomaron en consideración fueron:

- Humedad relativa media.
- Hora de sol.
- Velocidad del viento.
- Temperatura media.

Los valores del coeficiente de cultivo (Kc) de pecano fueron obtenidos de la información proporcionada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (F.A.O).

También se realizaron toma de muestras de suelos y agua para su análisis químico.

Además las pruebas para determinar el coeficiente de uniformidad se utilizaron probetas de 1000 ml y cronometro.

4.2 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se utilizaron los siguientes instrumentos:

- **Heliofonógrafo.**- Instrumento que mide y registra las horas de sol diarias.
- **Anemógrafo.**- Instrumento que registra la velocidad y dirección del viento.
- **Termómetro.**- Instrumento que mide la temperatura.
- **Higrómetro.**- Instrumento que mide la humedad relativa del aire.
- **Probeta.**- Equipo mide un volumen de agua.
- **Cronometro.**- Instrumento mide el tiempo

CAPÍTULO V
PRESTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

5.1.1 Análisis de Suelos

Con la finalidad de conocer las características físico mecánicas y químicas, se extrajeron 05 sub muestras de suelo a una profundidad de 30 cm de la zona representativa del área de cultivo y se formó una muestra uniforme y homogénea de 1.0 kg aproximadamente la cual fue llevada al laboratorio de análisis de suelos aguas y plantas para su análisis respectivo.

Los resultados obtenidos y los métodos usados en la determinación de los componentes se muestran a continuación.

CUADRO: N° 1
ANÁLISIS FÍSICO MECÁNICO DEL SUELO 2016

Componentes	Nivel (0.00-0.30m)	Método usado
Arena (%)	72.45	Hidrómetro
Limo (%)	20.25	Hidrómetro
Arcilla (%)	7.30	Hidrómetro
Clase textural	Arena franca	Triangulo textural

CUADRO: N° 2

ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO 2016

DETERMINACIÓN	NIVEL (0.00-0.30M)	MÉTODO ESTADO	INTERPRETACIÓN
Nitrógeno total (%)	0.026	Micro kjeldhal	Bajo
Fosforo disponible (ppm)	8.2	Olsea modificado	Medio
Potasio disponible (kg/ha)	545	Peach	Medio
Materia orgánica (%)	0.48	Walkley y black	Bajo
Calcárea total (%)	0.62	Gas volumétrico	Bajo
C.E (ds/m)	0.92	Conductrometro	Normal
pH	7.8	Potenciómetro	Ug. Alcalino
C.I.C (meq/100gr) cationes cambiables	6.85	Acetado de amonio	Bajo
Ca (meq/100gr)	5.60	E.D.T.A	Bajo
Mg (meq/100gr)	0.80	E.D.T.A	Bajo
K (meq/100gr)	0.25	Fotómetro de llama	Bajo
Na (meq/100gr)	0.20	Fotómetro de llama	bajo

5.1.2 Análisis Químico del Agua de Riego

Con la finalidad de conocer el contenido de sales solubles y el pH del agua de riego, se procedió a tomar una muestra de aproximadamente 1 litro que ingresaba a la poza de almacenamiento, la cual posteriormente fue enviada al laboratorio de análisis de suelos, aguas y plantas de la Facultad para su análisis respectivo.

CUADRO: N° 3

RESULTADOS OBTENIDOS Y LOS MÉTODOS USADOS

DETERMINACIÓN	RESULTADO	MÉTODO USADO	INTERPRETACIÓN
pH	7.25	Potenciómetro	Ligeramente. Alcalina
C.E (ds/m)	0.33	Conductometro	Baja salinidad

5.1.3 Observaciones Meteorológicas

A continuación se presentan las variables meteorológicas que se presentaron a lo largo del periodo vegetativo del cultivo del pecano obtenidos de la estación meteorológica CO- las viñas, supervisada por el servicio nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI - ICA cuya ubicación geográfica es la siguiente:

CUADRO: N° 4

DATOS METEOROLÓGICAS

DATOS METEOROLÓGICAS	
Longitud: 14°43'24.17"	Región: Ica
Latitud: 75°43'13.88"	Provincia: Ica
Años: 2016-2017	Distrito: los molinos

CUADRO: 5
OBSEVACIONES METEOROLÓGICAS

MESES	VARIABLES METEOROLÓGICAS		
	T° MEDIA °C	HUMEDAD RELATIVA	HORAS DE SOL
Agosto	18,1	86	7,4
Setiembre	19,1	82,9	6,65
Octubre	20,7	78.9	8,24
Noviembre	21,1	74	9,12
Diciembre	24	78	8,17
Enero	25,6	83,4	4,38
Febrero	26,9	78,4	5,6
Marzo	27	77	4,7
Abril	24,7	82,2	7,9

5.1.4 Verificación del Diseño Agronómico e Hidráulico del Sistema de Irrigación en el Cultivo de Pecano.

DATOS:

- **Cultivo:** pecano.
- **Espaciamientos:** entre plantas: 10.00m.
- **Entre líneas:** 10.00m.
- **Número de plantas/ha** =100
- **Diámetro del cultivo máximo desarrollo:** 9.00m.
- **Conductividad eléctrica del agua de riego:** 0.33ds/m.
- **Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo para una producción = 0:** 8.00ds/m.
- **Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETO):**
4.5mm/día.

- **Coefficiente del cultivo (Kc):** 1.00.
- **Coefficiente de uniformidad de diseño:** 90%.
- **Caudal del gotero:** 60lit/hora.
- **Presión de funcionamiento gotero (microtubos):** 10.00m.c.a.
- **Numero de goteros (microtubos por planta):** 1.00.
- **Diámetro interno línea lateral:** 14mm.
- **Porcentaje de sombreado para máximo desarrollo del cultivo de pecano:** 63.62%.

5.1.5 Verificación del Diseño Agronómico del Cultivo de Pecano

1. Cálculo del uso consuntivo mediante sistemas de irrigación:

$$Uc = ud \left[\frac{PS}{100} + 0.15 \left(1 - \frac{PS}{100} \right) \right]$$

$$Uc = 4.5mm/dia \left[\frac{63.62}{100} + 0.15 \left(1 - \frac{63.62}{100} \right) \right]$$

$$Uc = 3.11mm/dia$$

2. Cálculo de la lámina neta de riego:

$$dn = Ucf$$

f = frecuencia de riego

$$dn = Uc = 3.11mm/día$$

3. Cálculo del Requerimiento de Lixiviación:

$$RL = \frac{CEar}{2Max CEIx} = \frac{0.33ds/m}{2 \times 8.00ds/m} = 0.020$$

4. Determinación de la Lámina Bruta de Riego:

$$db = \frac{du}{CU/100} = \frac{3.11mm/dia}{0.90} = 3.46mm/dia$$

5. Cálculo del Volumen de Riego:

$$Vr = db Sp Sr = 3.46mm/dia \times 10m \times 10m = 346lit/dia/planta$$

6. Cálculos del Tiempo de Riego:

$$Tr = \frac{Vr}{eqa} = \frac{346litros}{1 \times 60lit/hora} = 5.80 horas$$

5.1.6 Verificación del Diseño Hidráulico de la Unidad de Riego en el Cultivo de Pecano.

La unidad de riego está compuesta por la línea lateral y la línea múltiple, por lo tanto se tiene que verificar si el diseño hidráulico se ha realizado correctamente.

A. Determinación de la Tolerancia de Variación de Presión:

$$\Delta HS = 2.5(ha - hn)$$

ha = Presión de funcionamiento de las goteras (emisores)
10.00m.c.a

hn = Presión mínima de funcionamiento de los emisores. Se asume una pérdida de 20% para mantener una eficiencia de uniformidad de aproximadamente = 90%.

hn = 8.00m.c.a

Entonces tenemos:

$$\Delta H_s = 2.5(10.00 - 8.00) = 5.00 \text{ m. c. a}$$

Que serán repartidos:

1/2ΔHS para el diseño de la línea lateral = 2.5 m.c.a

1/2ΔHS para el diseño de la línea múltiple = 2.5 m.c.a

B. Verificación del Diseño de la Línea Lateral

La pendiente del terreno en dirección de la línea lateral es aproximadamente igual a cero, entonces se tiene que cumplir la condición:

$$hf \leq 1/2 \Delta HS$$

Hf = Pérdida de carga por fricción en la línea lateral.

$$hf = 7.89 \times 10^7 \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \left(\frac{se + fe}{se} \right) L / 100 F$$

$$hf = 7.89 \times 10^7 \frac{(0.083)^{1.75}}{(14)^{4.75}} \left(\frac{10 + 0.15}{10} \right) 50 / 100 \times 0.45$$

$$= 0.83 \text{ m. c. a}$$

Se cumple la condición de: 0.83 m. c. a < 2.5 m. c. a

Por lo que indica que el diseño de la línea lateral está bien realizado.

Presión de entrada en la línea lateral

$$hm = ha + 3/4 hf = 10.00 \text{ m. c. a} + 0.75(0.83) = 10.62 \text{ m. c. a}$$

5.1.7 Verificación del Diseño de la Línea Múltiple

La línea múltiple se encuentra una a favor de la pendiente del terreno que es aproximadamente 2% y la otra que se encuentra en contra de la pendiente del terreno, por lo que se procede a verificar el diseño de ambas.

Diseño de la Línea Múltiple en Contra de la Pendiente

Se tiene que pasar la siguiente condición:

$$hf + \Delta El \leq 1/2 \Delta HS$$

ΔEl = altura de agua debido a la pendiente del terreno = 1.00 m.c.a

$$hf = 7.89 \times 10^7 \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} L/100 F$$

$$hf = 7.89 \times 10^7 \frac{(0.83)^{1.75}}{(56.4)^{4.75}} 50/100 \times 0.45 = 0.06 \text{ m. c. a}$$

La condición a cumplir es:

$$hf + \Delta El \leq 1/2 \Delta HS$$

$$0.06 + 1.00 < 2.5 \text{ m. c. a}$$

$$1.06 < 2.5$$

Lo que indica que también el diseño de la línea lateral contrapendiente está bien hecho, así mismo el diseño de la línea lateral a favor de la pendiente está bien realizado.

Presión de Entrada en la Línea Múltiple:

$$Hm = hm + \frac{3}{4} hf + \frac{1}{2} \Delta El = 10.62 \text{ m. c. a} + 0.75(0.62) + \frac{1}{2} (1.00)$$

$$Hm = 11.59 \text{ m. c. a}$$

5.1.8 Verificación del Diseño Hidráulico de la Tubería Principal

DATOS:

L = longitud.

Q = 6.64 L/S (4 unidades de riego).

S = 2% contra.

D = 4"=108.4mm.

$$hf = 7.89 \times 10^{-7} \frac{(6.64)^{1.75}}{(108.4)^{4.75}} \frac{300}{100} = 1.40 \text{ m. c. a}$$

Verificación de la velocidad del agua en la tubería principal, en la cual en riego por goteo tiene que estar aproximadamente igual a 1.5 m/seg.

$$velocidad \ de \ agua = \frac{caudal}{area} = \frac{\frac{0.00664 \text{ m}^3}{seg}}{0.7854(0.1084)^2}$$

$$velocidad \ de \ agua = 0.72 \text{ m/seg}$$

Por lo que indica que el diseño de la línea lateral es el adecuado.

Calculo de la Potencia del Sistema de Bombeo

La potencia del sistema de bombeo se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$HP = \frac{\delta Q \Delta HT}{76 \times n \times m}$$

5.1.9 Componentes de la Carga Dinámica Total (ΔHT)

- Presión de entrada de la línea múltiple: 11.59 m.c.a
- Pérdida de carga en la tubería principal: 1.40 m.c.a
- Altura de agua debido a la pBendiente del terreno: 6.00 m.c.a
- Pérdidas de carga en el cabezal del filtrado: 5.00 m.c.a
- Pérdidas de cargas locales (20% pérdidas de carga en la tubería principal): 0.28 m.c.a
- Pérdida de carga en válvula de control: 2.00 m.c.a
- Total carga dinámica total: 26.27 m.c.a
- Potencia del sistema de bombeo:

$$HP = \frac{1.000kg/m^3 \times 0.00664 m^3 / seg \times 26.27 m. c. a}{76 \times 0.70 \times 0.80}$$

$$HP = 4.09$$

$$HP = 4.00$$

5.1.10 Pruebas para Determinar el Coeficiente de Uniformidad en el Sistema de Irrigación.

Prueba N° 1

Caudal del emisor (Lit/seg)

1	60.50
2	60.70
3	59.80
4	61.00
5	61.80
6	58.50
7	59.50
8	61.80
9	61.70
10	60.50
11	60.80
12	60.90
13	57.40
14	57.40
15	57.50
16	57.40

$$Cv = \frac{57.45}{59.83} \times 100 = 96\%$$

Prueba N° 2

Caudal del emisor (Lit/seg)

1	61.70
2	61.50
3	61.40
4	61.80
5	60.50
6	60.70
7	60.50
8	59.50
9	60.50
10	61.50
11	59.80
12	60.80
13	57.50
14	57.70
15	57.50
16	57.60

$$Cv = \frac{57.575}{60.03} \times 100 = 95.9\%$$

5.1.11 Análisis de Suelo

Con respecto al análisis físico mecánico y químico del suelo esta es de una textura arenosa franca con una reacción ligeramente alcalina, con una salinidad normal, bajo en contenido de materia orgánica y por lo tanto bajo en nitrógeno total con un contenido en fosforo disponible medio y potasio disponible también medio con una fertilidad química baja.

5.1.12 Análisis de Agua de Riego

El análisis del agua de riego nos muestra que esta tiene un pH ligeramente alcalino y salinidad es baja.

5.1.13 Observaciones Meteorológicas

Las variables meteorológicas imperantes en la zona alta del valle de ICA que intervienen en el desarrollo del cultivo de pecano han sido las siguientes: temperatura media, horas de sol y humedad relativa media, variando la temperatura media desde 18.10 a 27.0°C, la humedad relativa media tiene una variación de 74 a 86.00% y las horas de sol una variación de 4.38 a 9.12.

5.1.14 Diseño Agronómico

La verificación del diseño agronómico nos ha permitido determinar que el consumo diario de agua de riego para un máximo desarrollo del cultivo del pecano es de 346 lit/día/planta, la que se regaran en un tiempo de 5.80 horas.

5.1.15 Diseño Hidráulico

La verificación del diseño hidráulico consiste en el diseño de la unidad de riego que a la vez comprende el diseño de la línea lateral y el diseño de la línea múltiple, el diseño de la línea principal hasta la determinación de la potencia del sistema de bombeo:

- a) En la verificación del diseño hidráulico de la línea lateral esta tiene una longitud máxima de 50.00m, ubicadas a ambos lados

de la válvula de control, siendo la presión de entrada en la línea lateral de 10.62m.c.a

- b)** Con respecto al diseño hidráulico de la línea múltiple, esta también tiene una longitud de 50.00m a favor de la pendiente y 50.00 en contra de la pendiente, ubicadas a ambos lados de la válvula de control, siendo la presión de entrada en la línea múltiple de 11.59 m.c.a.
- c)** Con respecto al diseño hidráulico de la tubería principal, esta tiene una longitud de 300m y un diámetro de 4 pulgadas, siendo una pérdida de carga fricción de 1.40m.c.a.
- d)** La potencia del sistema de bombeo para un buen funcionamiento del sistema de irrigación en el cultivo de pecano es de 4.00 HP.
- e)** Los coeficientes de uniformidad obtenidos en las pruebas realizadas a los emisores (microtubos) muestran coeficientes de uniformidad de 96% y 95.9% respectivamente.

5.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Como puede observarse de los resultados obtenidos del análisis físico mecánico y químico del suelo este es de textura arenosa franca, que no presenta problemas para el desarrollo del cultivo de pecano, lo mismo sucede con la reacción del suelo que es ligeramente alcalina, que no presentaría problemas para la absorción de los fertilizantes, puesto que con el sistema de irrigación se aplican ácidos que permitirán bajar el pH hasta un valor de 6.2 que es el óptimo para la asimilación de las macro y micro nutrientes.
- Con respecto a la salinidad del suelo que tiene un valor de 0.92 de conductividad eléctrica del extracto, este no causaría problemas al desarrollo del cultivo ni se acumularía en el suelo, pero si se tendrá que mejorar la fertilidad química que tiene una C.I.C de 6.85 considerada baja, lo mismo sucede con el contenido de materia orgánica y nitrógeno total, que tendría que ser mejorada.

- En relación al agua de riego que tiene una reacción ligeramente alcalina, ya que su $\text{pH}=7.25$, no causaría problemas al desarrollo del cultivo de pecano, así mismo la salinidad que es de 0.33ds/m . no causaría problemas al desarrollo del cultivo ni se acumularía en el suelo.
- Con respecto al diseño agronómico, la metodología usada para determinar el volumen de agua que va a consumir la planta para un máximo desarrollo del cultivo ha sido la correcta pues toma en cuenta las características del cultivo, suelo, agua y condiciones climáticas imperantes en la zona alta del valle de ICA, obteniéndose un volumen de agua al igual a $346\text{ lit/día/planta}$.
- En relación al diseño hidráulico, la verificación del diseño de la línea lateral, línea múltiple, tubería principal hasta la determinación de la potencia del sistema de bombeo, ha sido la adecuada obteniendo una potencia del sistema de 4.00HP para el funcionamiento del sistema de irrigación instalado en el cultivo de pecano.
- Así mismo después de haber realizado las pruebas a los emisores para determinar el coeficiente de uniformidad del sistema, se han obtenidos coeficientes de uniformidad de 96% y 95.9% respectivamente y un caudal promedio de aproximadamente de 60 lit/seg . lo que demuestra la buena eficiencia conseguida en el diseño del sistema de irrigación (microtubos).

CAPÍTULO VI

COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

6.1 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL.

Sí se ha comprobado la hipótesis general pues mediante la evaluación del sistema de riego por goteo en el cultivo de pecano para las condiciones de la Zona Alta del Valle de Ica, se realizará un manejo eficiente del recurso hídrico.

6.2 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA.

Si se ha comprobado la hipótesis específica, pues mediante la evaluación tanto agronómica como hidráulica del sistema de riego por goteo instalado en el cultivo de pecano se realizará un manejo eficiente en cuanto al manejo del sistema de riego.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el trabajo de tesis titulado “Evaluación del Sistema de Irrigación en el Cultivo de Pacano (*Carya illinoensis* Koch) variedad mahan en la Zona Alta del Valle de Ica” se puede concluir en lo siguiente:

1. Que la metodología utilizada para el diseño de sistema de irrigación en el cultivo de pecano, ha sido la correcta pues se ha tenido en cuenta las condiciones del cultivo de palto, características físico mecánicas y químicas del suelo, características químicas del agua de riego, así como las condiciones climáticas imperantes en la Zona Alta del Valle de Ica, lo que se manifiesta en un buen resultado del diseño de sistema de irrigación en el cultivo de palto.
2. Que se ha cumplido con los objetivos planteados en el trabajo de investigación para la evaluación del diseño agronómico e hidráulico del sistema de irrigación instalado en el cultivo de pecano, así como en la determinación de la eficiencia en la aplicación del agua de riego, lo que permitirá realizar un manejo eficiente del recurso hídrico, en la Zona Alta del Valle de Ica.
3. La metodología usada para determinar el diseño agronómico ha sido la correcta pues nos permite un manejo del uso del agua de riego en todas las etapas de desarrollo del cultivo de pecano siendo el consumo para máximo desarrollo del cultivo igual a 346 litros/día/planta
4. Lo mismo sucede con la metodología para determinar la eficiencia del sistema de riego por goteo en el cultivo de pecano, lo que ha permitido determinar que la eficiencia de riego en el sistema tiene unos valores de coeficiente de uniformidad de $CU=95.9$ y $cv=96.00$ considerados muy buenos

CAPÍTULO VIII

SUGERENCIAS

Realizada la evaluación del sistema de irrigación instalado en el cultivo de pecano, para las condiciones de la Zona Alta del Valle de Ica, se sugiere lo siguiente.

1. Utilizar la metodología desarrollada en el presente trabajo de tesis para realizar el presente trabajo de tesis para realizar evaluaciones, así como diseños de sistemas de Irrigación (goteo por microtubos) en todos los sistemas instalados en árboles frutales, puesto que se toma las características del suelo, agua, cultivo y condiciones climáticas y este sistemas de riego ha demostrado su eficiencia en todo tipo de cultivo que sean árboles frutales.
2. Utilizar la metodología para realizar el diseño agronómico para el diseño de sistemas de riego por goteo, en todos los cultivos instalados en la Zona Alta del Valle de Ica.
3. Así mismo utilizar la metodología para el diseño y evaluación de diseños hidráulicos en sistemas de riego para los diferentes cultivos tanto en la Zona Alta como en otras Zonas del Valle de Ica.
4. Realizar evaluaciones periódicas al sistema de riego por goteo instalado en el cultivo de pecano ,como una manera de mejorar en el manejo de agua de riego y por ende en el manejo de los fertilizante, así como también en las evaluaciones de los sistemas de riego por goteo instalados en otros cultivos de la zona.

CAPÍTULO IX

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. **Almeyda V. y Cabrera C. (2001)**. Incidencia de los Factores Climáticos sobre la Evapotranspiración del Cultivo de Referencia (ETO) en las zonas de los Valles de Ica y pampa de Villa curí, Informe de Investigación, Facultad de Agronomía UNICA, 50 pág.
2. **Boswell M. (1995)**. Micro – irrigación Deslgn Manual publicación de – hardielrrigation, 220 pág.
3. **De Paco J. (1992)**. Fundamento de Calculo hidráulico en los Sistemas de Riego y de Drenaje, España Mundi Prensa.
4. **Dorenbos J. y Pruitt W.Q. (1989)**. Necesidades de agua para los cultivos. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1989.
5. **F.A.O (2006)**. “Evapotranspiración del Cultivo, Guías para la Determinación de los Requerimientos de agua de los Plantas Cultivadas”.
6. **Keller J. (1983)**. Manual de Diseño de Sistemas de Riegos por Aspersión y Goteo, International Irrigación Center, 410 pág.
7. **Medina San Juan J (1995)**. Riego por Goteo 2da Edición, España Mundi Prensa.
8. **Ministerio de Agricultura (2012)**. “El Cultivo de Pecano en el Perú” Boletín Técnico Lima – Perú.
9. **Moya T. (1994)**. Riegos Localizado y Fertirrigacion, 1era Edición, España Mundi Prensa.
10. **Pizarro F. (1980)**. Riegos Localizados de Alta Frecuencia, 2da Edición, España Mundi Prensa.

- 11. Sociedad Química y Minerales de Chile, Soquimich Comercial (SQM).**
(2002). Libro Azul, Manuel Básico de Fertirriego, 2da Edición. Chile.
- 12. Veirmeren L. y Joblin B.A. (1980).** Riego Localizado, Roma,
Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la
Alimentación.

CAPITULO X

ANEXOS

TITULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO
	GENERAL/ESPECÍFICO	GENERAL/ESPECIFICOS	GENERAL/ESPECIFICOS		
<p>“Evaluación del Sistema de Irrigación en el Cultivo de Pacano (<i>Carya illinoensis koch</i>) variedad mahan en la Zona Alta del Valle de Ica”</p>	<p>- PROBLEMA GENERAL ¿Se podrá realizar un manejo eficiente del recurso hídrico mediante la conducción del Cultivo de Pecano, mediante sistemas de riego por goteo en la Zona Alta del Valle de Ica?</p> <p>- PROBLEMA ESPECÍFICO ¿Se podrá realizar un manejo eficiente del recurso hídrico en el cultivo de pecano mediante la evaluación del sistema de riego por goteo en el Cultivo de Pecano en la zona Alta del Valle de Ica?</p>	<p>- OBJETIVOS GENERAL Realizar un manejo eficiente del recurso hídrico, considerando las condiciones de Evapotranspiración para el cultivo de pecano, en la Zona Alta del Valle de Ica; así como de las características hidráulicas del sistema de riego por goteo.</p> <p>- OBJETIVOS ESPECÍFICOS Realizar la evaluación tanto agronómica como hidráulica del sistema de riego por goteo en el cultivo de pecano, para las condiciones de la Zona Alta del Valle de Ica.</p>	<p>- HIPOTESIS GENERAL Mediante la evaluación del sistema de riego por goteo, instalado en el cultivo de Pecano, se podrá realizar un manejo eficiente del recurso hídrico para las condiciones de la Zona Alta del Valle de Ica.</p> <p>- HIPOTESIS ESPECÍFICOS Mediante la evaluación tanto agronómica como hidráulica del sistema de Riego por Goteo se podrá realizar un manejo eficiente del riego en el cultivo de Pecano para las condiciones de la Zona Alta del Valle de Ica.</p>	<p>- VARIABLES INDEPENDIENTES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Humedad relativa - Hora de sol - Velocidad del viento - Temperatura media - Coeficiente del cultivo (Kc). <p>- VARIABLES DEPENDIENTE Evapotranspiración del cultivo de pecano.</p>	<p>- POBLACIÓN DE ESTUDIO La población de estudio, viene a estar constituida por el cultivo de pecano de aproximadamente 02 años, instalados en la parcela de 02 Has, con sistemas de riego por goteo, ubicado en la Zona Alta del Valle de Ica.</p> <p>- POBLACIÓN DE LA MUESTRA DEL ESTUDIO Para el presente trabajo de tesis se tomó como muestra representativas de la zona, le cultivo instalado en el predio denominado Cactus, localizado en el Distrito de San José de los Molino. El huerto presenta plantas de pecana Var.: Mahan, los frutales se encuentran separados a una distancia de 10.0 m por 10.00 uno de otro, en un área de 2.0 Has., aproximadamente. El sistema de riego empleado es por goteo; así mismo el cultivo se encuentra libre de plagas y enfermedades, así como también libre de malezas.</p>

