UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"

FACULTAD DE AGRONOMÍA

"Evaluación del Sistema de Fertirrigación del Cultivo de Palto (*Persea americana* Mill) Variedad Hass en la Zona Alta del Valle de Ica"

TESIS: PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO AGRONOMO

PRESENTADO POR:

MAMANI CCASA MIGUEL ÁNGEL

FLORES HURANCCA NICOLAY ABIMAEL

ICA – PERÚ

2019

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN……1

SUMMARY……2

INTRODUCCION……3

CAPITULO I……4

MARCO TEÓRICO……4

1. 2. REVISIÓN DE LITERATURA……4

1. 2. 1. SOBRE EL DISEÑO AGRONÓMICO DE UN SISTEMA DE FERTIRRIGACIÓN……4

1. 2. 2. CONCEPTOS……9

1. 2. 3. GOTEROS……13

1. 2. 3. 1. TIPOS DE GOTEROS……17

1. 2. 4. SOBRE EL CULTIVO DE LOS PALTOS ……30

1. 2 .5. CONDICIONES GENERALES PARA ELCULTIVO DE PALTO…… 32

1. 2. 5. 1. Clima……32
1. 2. 5. 2. Temperatura……32
1. 2. 5. 3. Luminosidad……33
1. 2. 5. 4. Humedad relativa……33
1. 2. 5. 5. Vientos……33
1. 2. 5. 6. Precipitaciones……33

1. 2. 6. SUELOS PARA EL CULTIVO DEL PALTO……34

1. 2. 6. 1. Textura……34

1. 2. 6. 2. Materia orgánica……34
1. 2. 6. 3. pH con relación al suelo……35

1. 2. 7. FERTILIZACION DEL PALTO……35

1. 2. 8. FUNCIONES Y DEFICIENCIAS DE LOS NUTRIENTES EN EL PALTO……36

1. 2. 8. 1. Macronutrientes……36

1. 2. 8. 2 Micronutrientes……36

1. 3. MARCO CONCEPTUAL……39

1. 3. 1. Concepto de evapotranspiración……39
1. 3. 2. Concepto de evaporación……39
1. 3. 3. Concepto de transpiración……39
1. 3. 4. Concepto de fertirrigación……39
CAPITULO II……40
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN……40
2. 1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA……40
2. 2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA……40
2. 2. 1. Problema general……40
2.3. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA……40
2. 3. 1. Delimitación espacial o geográfica……40
2. 3. 2. Delimitación Temporal……40
2. 3. 3. Delimitación Social……40
2. 3. 4. Delimitación Conceptual……41
2.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN……41
2. 4. 1. Justificación……41
2. 4. 2. Importancia……41
2.5. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN……41
2. 5. 1. Objetivos generales……41
2. 5. 2. Objetivos específicos……42
2. 6. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN……42
2. 6. 1. Hipótesis general……42
2. 6. 2. Hipótesis especifica……42
2. 7. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN……42
2. 7. 1. Identificación de variables……42
2. 7. 2. Operacionalización de las variables……43
CAPITULO III……44

ESTRATEGIA METODOLÓGICA……44
3.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN……..44
3.1.1. Tipo de investigación……44
3.1.2. Nivel de investigación……44
3.1.3. Diseño de investigación……..44
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA……..44
3.2.1. Población de estudio……..44
3.2.2. Población de la muestra de estudio……44
CAPITULO IV……45
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN……..45
4.1. Técnicas de recolección de datos……..45
4.2. Instrumentos de recolección de datos……..45
CAPITULO V……..46
5.1. Presentación, interpretación y discusión de resultados……46
5.1.1. Análisis de suelos……..46
5.1.2. Análisis de agua……47
5.1.3. Materiales para la evaluación del sistema de fertirrigación……..48
5.1.4. Metodología de la evaluación……48
5.1.5. Evaluación del diseño agronómico……51
5.1.6. Evaluación del Diseño Hidráulico……..52
5.1.7. Determinación de la Potencia del Sistema de Bombeo……53
5.1.8. RESULTADOS OBTENIDOS……54
5. 1. 8. 1. Con respecto a la Eficiencia de Aplicación del Sistema de fertirrigación……54
5. 1. 8. 2. Con respecto al Diseño Agronómico……..54
5. 1. 8. 3. Con respecto al diseño hidráulico……55
5. 2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS……..55

5. 2. 1. Análisis Físico Mecánico y Químico del Suelo……55
5. 2. 2. Análisis Químico del Agua de Riego……..56
5. 2. 3. Evaluación del Coeficiente de Uniformidad……56
5. 2. 4 Evaluación del Diseño Agronómico……56
5. 2. 5. Evaluación del Diseño Hidráulico……56
CAPITULO VI……57
COMPROBACION DE HIPOTESIS……57
6.1. Contrastación de la hipótesis general……57
6.2. Contrastación de la hipótesis especifica……..57
CAPITULO VII……..58
CONCLUSIONES……..58
CAPITULO VIII……59
RECOMENDACIONES……59
CAPITULO IX……60
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS……60
CAPITULO X……..62
ANEXOS……62
MATRIZ DE CONSISTENCIA……62

RESUMEN

El Presente Trabajo de Tesis: **"Evaluación del Sistema de Fertirrigación del Cultivo de Palto (*Persea americana* Mill) Variedad Hass en la Zona Alta del Valle de Ica",** para la evaluación del diseño agronómico e hidráulico ha tomado en cuenta todos los parámetros necesarios para realizar un buen diseño tanto en la relación a las condiciones del suelo, agua, cultivo y condiciones climáticas de la zona de estudio, así como los aspectos relacionados a la hidráulica de tuberías.

Por estas características se puede afirmar que el suelo es adecuado para el desarrollo del cultivo de palto, pero se deben realizar aplicaciones de materia orgánica y arcilla para incrementar su capacidad de Intercambio Catiónico y realizar una aplicación adecuada de fertilizantes al suelo.

Con respecto al diseño agronómico se ha determinado que la máxima demandad del cultivo de palto es de 79.44 Litros/día/planta y un tiempo de riego de 2.00 horas por día.

Así el coeficiente de uniformidad del diseño tiene un promedio de 89.45%.

Palabras Claves:

- ✓ Sistema de Fertirrigación.
- ✓ Diseño Agronómico.
- ✓ Diseño Hidráulico.

SUMMARY

The Present Thesis Work: "Evaluation of the Fertigation System of the Avocado Crop (*Persea americana* Mill) Hass Variety in the High Zone of the Ica Valley", for the evaluation of the agronomic and hydraulic design has taken into account all the necessary parameters for perform a good design both in relation to soil conditions, water, crop and climatic conditions of the study area, as well as the aspects related to the hydraulics of pipes.

Due to these characteristics, it can be affirmed that the soil is suitable for the development of avocado cultivation, but applications of organic matter and clay must be made to increase its Cationic Exchange capacity and make an adequate application of fertilizers to the soil.

With respect to the agronomic design, it has been determined that the maximum demand for avocado cultivation is 79.44 liters / day / plant and an irrigation time of 2.00 hours per day.

Thus the coefficient of uniformity of the design has an average of 89.45%.

keywords

- ✓ Fertirrigation System.
- ✓ Agronomic Design.
- ✓ Hydraulic Design.

INTRODUCCION

El agua está considerada como el recurso natural más importante en la mayor parte del mundo, debido a su escasez y a la contaminación ambiental que se presenta en diversas zonas, especialmente en las zonas áridas, como es la zona del valle de Ica.

Ica, es considerada una de las primeras zonas agroexportadoras del Perú, se está incrementando el cultivo de palto, por la gran acogida que está teniendo en muchos mercados extranjeros debido a su gran calidad.

Por estas razones es que se hace necesario optimizar el uso de recurso hídrico, utilizando técnicas modernas para aplicar el agua, juntamente con los fertilizantes, para obtener mejores rendimientos y calidad del producto.

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 el volumen de suelo humedecido por instalar un número y/o tipo equivocado de emisores.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1. 2. REVISIÓN DE LITERATURA

1. 2. 1. Sobre el Diseño Agronómico de un Sistema de Fertirrigación Según Keller J. (1983)

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 el volumen de suelo humedecido por instalar un número 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 conceptual como de dificultad de cuantificar mediante fórmulas, coeficientes, tablas, etc.; una serie de cadenas en las que interviene 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 emisor y planta, duración del riego, etc.

El Diseño Agronómico se desarrolla en dos fases:

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

CÁLCULOS DE LAS NECESIDADES DE AGUA (IV): A efectos del diseño, lo que interesa conocer acerca de las necesidades de agua en su valor en máxima demanda (punta), en función del cual se dimensionan posteriormente las instalaciones de riego.

Evapotranspiración actual (ETA): es el uso potencial del agua por los cultivos agrícolas incluyendo la evaporación directa de la humedad del suelo y la traspiración de las plantas húmedas, este concepto es equivalente a la evapotranspiración del cultivo (ETc), que viene hacer el producto de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo), por el coeficiente del cultivo (Kc).

Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo): 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 – Criddle, radiación, etc. O a través de tanques evaporímetros tipo A.

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

DETERMINACION DE LA LÁMINA DE RIEGO, FRECUENCIA, VOLUMEN DE RIEGO, NÚMERO DE EMISORES DE PLANTA, CAUDAL DEL EMISOR Y TIEMPO DE RIEGO De acuerdo con Keller J. (1983)

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

Calculo de la evapotranspiración de referencia (ETo): el cálculo de la ETo no presenta diferencias respecto al riego convencional por gravedad, pudiendo utilizar diferentes métodos.

Selección del coeficiente del cultivo (Kc): Indica el grado de desarrollo del cultivo, este se elige en función del cultivo a instalar.

Calculo de la Evapotranspiración actual (ETA): se calcula igual que en sistemas de riego por gravedad en la cual:

$$ETA = ETo \times Kc$$

Efectos de localización: se han propuestos numerosos procedimientos que corrigen la ETA por el "Efecto de la localización". Entre los seleccionados por ser prácticos son los que se basan en la fracción de área sombreada por el cultivo; y se puede obtener mediante la siguiente ecuación debida a Keller:

$$\textbf{Efecto de la localización} = \frac{PS}{100} + 0.15\left[1 - \frac{PS}{100}\right]$$

Dónde:

- PS=porcentaje de sombreamiento de la planta en relación a su área de influencia para un máximo desarrollo del cultivo a instalar.

CALCULO DEL USO CONSUNTIVO DIARIO DE UN CULTIVO REGADO POR GOTEO (VI)

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

$$\mathbf{Uc} = Ud\left[\frac{PS}{100} + 0.15\left[1 - \frac{PS}{100}\right]\right]$$

Dónde:

- Uc= Uso consuntivo diario para un cultivo regado por goteo (mm/día).
- Ud= es igual a ETA, es el uso consuntivo diario durante el mes de máxima demanda calculado de la manera convencional (mm/día)
- PS= porcentaje de sombreamiento de la planta con relación a su área de influencia medida al medio día para un máximo desarrollo.

El valor de PS puede estimarse 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.

Determinación de la lámina neta de riego: Para riego por goteo se puede estimar de la siguiente manera: **dn= Uc x f**

Dónde:

- dn= lamina de riego (mm/día)
- Uc= uso consuntivo diario (mm/día)
- F= frecuencia de riego

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

$$dn = Uc$$

Calculo del requerimiento de lixiviación: el requerimiento de lixiviación para mantener el balance de sales se puede obtener mediante la ecuación propuesta por la FAO (1976) para altas frecuencias de riego.

$$RL = \frac{\text{CEar}}{2(\text{Max x CEe})}\ x\ 100$$

Dónde:

- RL= requerimiento de lixiviación
- (%) Cear= conductibilidad eléctrica del agua de riego (ds/m)
- Max CEe= máxima conductividad eléctrica de extracto de saturación del suelo para una producción = 0.

Calculo de la lámina bruta de riego: viene a ser lámina que considera la demanda del cultivo y las distintas pérdidas y desperdicios del sistema, se distinguen dos casos:

1) **cuando RL ≤ 0.1**

$$db = \frac{\text{dn x Rt}}{\text{CU}/100}$$

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 percolación profunda.
- dn= lamina neta (mm/día)
- CU= coeficiente de uniformidad, que viene hacer 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:

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

2) **cuando RL > 0.1**

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

Calculo de 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 x Sp x Sr

Dónde:

- Vr= volumen de agua de riego (l/día)
- Sp= espaciamiento entre líneas (m)
- Sr= espaciamiento entre plantas (m)

<u>Calculo del tiempo de riego:</u> es el tiempo de riego necesario para aplicar al suelo la lámina bruta, dependerá del volumen de riego, del número de emisores y del caudal del emisor.

Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$tr = \frac{\mathbf{Vr}}{\mathbf{e\ x\ qa}}$$

Dónde:

- tr= tiempo de riego (h/día)
- Vr= volumen bruto de riego (l/día)
- e= número de goteros por planta (unidad)
- qa= caudal de gotero (l/h)

1. 2. 2. CONCEPTOS (VII). De acuerdo con Pizarro F. 1990

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 aun durante el periodo de uso pico para compensar las pérdidas inevitables por percolación profunda.

Coeficiente de uniformidad (CU): a efectos de diseño 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 le llama coeficiente de uniformidad.

HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO. De acuerdo con Keller J. (1983)

El cálculo hidráulica 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.

<u>Hidráulica de tuberías</u>

Calculo de la pérdida de carga por fricción: la ecuación de Hazen & William se usa normalmente para estimar las pérdidas por fricción en laterales por aspersión y goteo, y de líneas principales de diversos tipos de materiales:

$$hf = 1.21x10^{12}\left[\frac{Q}{C}\right]^{1.852} D^{-4.87}\, L/100 \qquad \textbf{(1)}$$

- Donde:
  - Hf: perdida de carga debido a fricción (m. a. c).
  - Q: caudal en la tubería (1/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 de la ecuación de hacen – Williams:

TUBERIA	C
Plástico	150
Asbesto cemento	140
Aluminio (con acoples cada 9m)	130
Acero galvanizado	130
Acero (nuevo)	130
Acero (15 años de uso)	100

La fórmula de Hazen & Williams fue desarrollada a partir de estudios de sistemas de distribución de agua usando tubos de diámetro mayor de 75mm y descargas mayores a 3.2 Lt/seg.

Bajo estas condiciones de flujo de numero de Reynolds es mayor a $5x10^4$ y la formula 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, las fórmulas de Hazen & 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 o 150) que componen el sistemas de riego por goteo.

$$hf = \frac{f.L.V^2}{d.2g} \qquad (2)$$

- Donde:
  - Hf: perdida 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 (9.81 m/seg^2).

El factor de fricción f, 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, la densidad p, viscosidad μ, 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:

$$F = 64/Ry \quad (3); \qquad Ry < 2{,}000; \qquad Ry = 1.3 \times 10^{6}\ Q/D \quad (4)$$

- Donde:
  - Ry: número de Reynolds y Para flujo turbulento, donde Ry≥2,000

$$\frac{1}{(f)^{1/2}} = -0.8 + 2.0\ log\{Ry(f)^{1/2}\} \qquad (5)$$

Que por esta ecuación tediosa para usarla se recomienda la siguiente para Ry entre 2,000 Y 1000,000:

$$F = 0.32\ Ry^{-0.25} \qquad (6)$$

Esta ecuación se llama: ecuación de Blasiius, y resulta útil para un rango de numero de Reynolds como se encuentra en sistemas de riego por goteo.

Para simplificar los costos más aun, 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 125mm (5pulgadas), de diámetro.

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

- Donde:
  - Hf: pérdida de carga por fricción (m. c. a)
  - Q: caudal (L/seg)
  - D: Diámetro de la tubería (mm)

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

$$hf = 9.58x10^7 \frac{(Q)^{1.83}}{D^{4.83}} x\ L/100 \quad (8)$$

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

<u>Perdida de carga por fricción en tuberías con salidas múltiples:</u>

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

La razón por esta reducción en perdida 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 de tuberías con salidas múltiples es el más utilizado. Primero se calculan las pérdidas por fricción en las líneas sin salidas múltiples y luego se multiplica por un factor F basado en el número de salidas en la línea N. para obtener las pérdidas de carga, hf, en una línea con salidas múltiples:

$$hf = 7.89\ x\ 10^7 \frac{(Q)^{1.75}}{D^{4.75}}\ x\ L/100\ F \qquad diametro < 125mm$$

$$hf = 9.58\ x\ 10^7 \frac{(Q)^{1.83}}{D^{4.83}}\ x\ L/100\ F \qquad diamtro > 125mm$$

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 perdida de carga usada.
- N: Número de salidas en línea.

1. 2. 3. GOTEROS
De acuerdo con Pizarro F. (1980)

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 (0.2-3.8 l/h) para una buena presión de 10 – 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 compacto (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 aplicada a 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 hidráulico del emisor.

<u>Ecuación general de descarga</u>

El caudal que descargan los goteros está relacionado con la carga hidráulica siguiendo, la gran mayoría de ellos, la siguiente ecuación:

$$q = Kd\ x\ h^x$$

Donde:
- q: caudal del emisor o gotero
- Kd: coeficiente de descarga característica de cada emisor.
- h: carga hidráulica a la entrada de cada emisor.
- X: exponente de descarga del gotero, caracterizado por el régimen de flujo del gotero.

La **figura N°02** muestra la relación carga – caudal para varios tipos de goteros. El exponente de descarga del gotero expresa la inclinación de la curva de descarga, siendo evidente la conveniencia de un gotero que tiene una curva de carga – caudal con un bajo valor de x. un gotero con un valor x=0 tendría una curva horizontal, paralela al eje de abscisas, por lo cual tendría un caudal constante e independiente de la presión.

Si el gotero tiene un valor de x=1, su curva es otra con ángulo de 45° y por lo tanto el caudal varia en la misma proporción que la presión.

La curva carga-caudal, deberá ser proporcionada por el fabricante, además de rango de presiones en que debe trabajar el emisor.

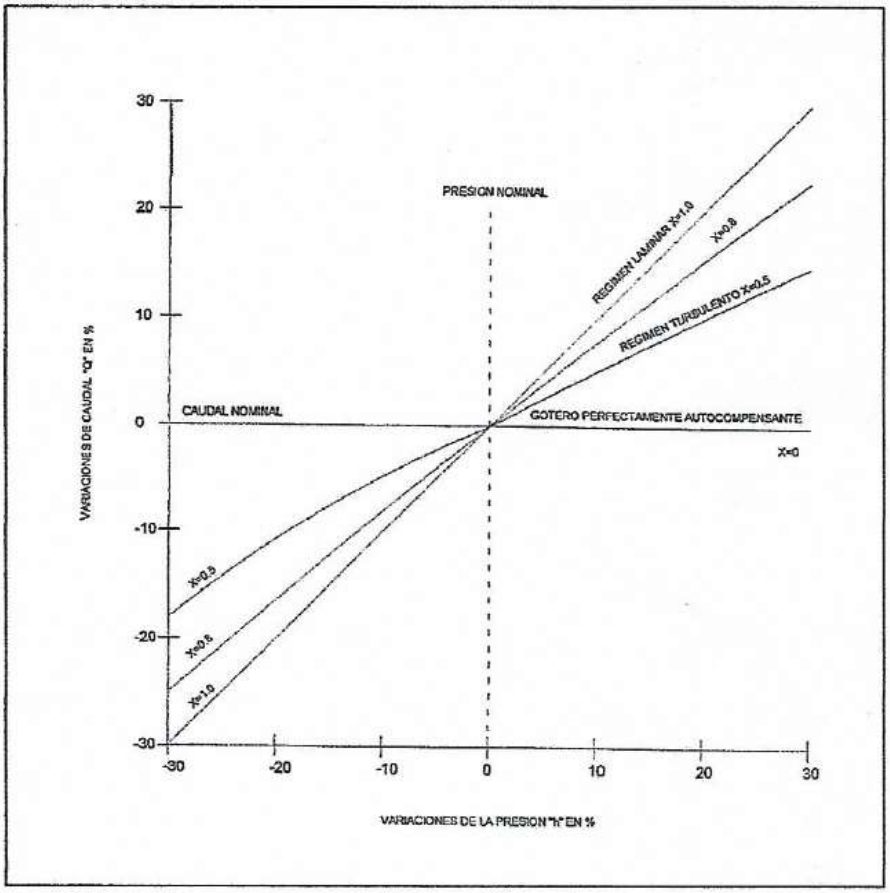

Figura N°02.- Variaciones de caudal en función de las variaciones de presión para emisores con varios exponentes de descarga "x"

COEFICIENTE DE VARIACIÓN DE FABRICACIÓN
Según Pizarro F. (1980)

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 coeficiente de descarga; kd. 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 de goteros, CV, se usa como una medida de las variaciones de descarga en un grupo de goteros y debe ser proporcionado por el fabricante.

El valor de CV puede calcularse por la siguiente ecuación:

$$CV = \frac{O}{q} = \frac{\sqrt{q1^2 + q2^2 + \cdots + qn^2 - q(n)^2}/\sqrt{n-1}}{q}$$

- Donde:
  - CV: coeficiente de variación de fabricación del gotero.
  - Q1, q2, q3: caudal individual de los goteros.
  - N: número de gotero.
  - Q: descarga promedio de los emisores muestreados.
  - O: desviación estándar de las descargas de la muestra.

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

1. Prácticamente todos los caudales observados están comprendidos en (1±3 CV) q.
2. aproximadamente el 95% de los caudales observados están comprendidos en (1±3 CV) q.
3. el promedio del 25% de los valores más bajos de caudales es aproximadamente igual a (1 – 1.27 CV)q.
4. alrededor del 68% de las descargas están comprendidos en (1± CV) q.
5. De esta manera para un emisor con CV=0.06 y q=3.78 Lt/hr, 95% de las descargas pueden esperarse entre 3.33 a 4.23 Lt/hr, y el promedio de las descargas del 25% de los valores más bajos estarán alrededor de 3.48 Lt/hr.

<u>Los goteros pueden clasificarse de acuerdo a la siguiente guía:</u>

- Excelente ……. CV ≤ 0.05
- Medio ……0.05 < CV ≤ 0.07
- Marginal ……...0.07 < CV ≤ 0.01
- Pobre …… 0.11 < CV ≤ 0.15
- Inaceptable…….…… CV > 0.15

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

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

- Donde:
  - CVS: Coeficiente de variación de fabricación del sistema.
  - E: número de emisores por planta.

En estos casos, las variaciones del caudal para cada emisor alrededor dela planta es prácticamente compensada por otro distinto.

En cultivos de línea, debido a lo poco espaciados que normalmente se encuentran los goteros, cada planta puede recibir agua de 2 o 3 goteros, siendo esto el número que deberá considerarse como emisores.

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

- Muy sensibles a las obstrucciones…….d ≤ 0.7mm
- Sensibles…….……..0.7mm ≤ d ≤ 1.5mm
- Poco sensibles…….……..d > 1.5mm

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.

1. 2. 3. 1. TIPOS DE GOTEROS. Según Pizarro F. 1990

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

Existen una cierta variedad de estos goteros, pudiendo clasificarse:

a. emisores de larga 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 sensibles 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 lagos conductos tortuosos en los cuales la perdida de carga es debido a la combinación de fricción 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 de carga. Estos emisores son muy sensibles a las obstrucciones.

La descarga del emisor responde a la ecuación:

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

Donde:

- C: coeficiente depende de las características de la boquilla, varía entre 0.6 a 1.0.
- A: sección transversal del flujo.

d. emisores tipo vórtice: estos emisores tienen una cámara circular que produce el flujo vorticial. 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:

$$q = c.a\sqrt{2g}\,h^{0.4}$$

El coeficiente c, toma un valor de aproximadamente 0.4.

e. emisores autocompensantes: 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 se 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 sensible a las obstrucciones.

La ecuación de descarga tiene la formula siguiente:

$$q = c.a\sqrt{2g}\,h^x$$

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
De acuerdo con Keller J. (1983)

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 más común, los pares de laterales que salen del múltiple tendrán longitudes diferentes, para así poder tener pérdidas de carga totales similares en el lateral corto de contrapendiente y el lateral largo a favor de la pendiente; esto se logra desplazando la múltiple en la dirección del contrapendiente. Inicialmente las pérdidas de carga permisibles en el lateral Δha, se limitan al 50% de la valoración total permisible en el sub unidad Δhs. EL valor de Δha, para un valor de Sm dado y un conjunto de especificaciones del lateral, es el mismo

tanto para terrenos planos como para aquellos con pendiente hasta 2%. Esto ayuda en el cálculo del espaciamiento de la múltiple, así como en el trazado de la red de tuberías. Para simplificar el diseño del lateral, se basa en emisores con un caudal medio, qa.

CARASTERISTICAS DE LOS LATERALES

Varias características generales de laterales son importantes para el diseñador:

Longitud. - En la longitud del lateral se presentan dos casos:

1. Cuando los laterales son alimentados por un punto intermedio, es decir a ambos lados de la múltiple o terciaria, se le denomina par de laterales y su longitud es dada por la separación entre los múltiples.
2. Cuando el lateral es alimentado por un extremo, llamado lateral simple, la longitud es L.

Caudal. - El caudal de un lateral se puede computar mediante:

$$q = \frac{ne\,.qa}{3{,}600} \qquad ne = \frac{L}{Se}$$

Donde:

- ql = Caudal del lateral (l/seg)
- L = Longitud del lateral (m)
- Se = Espaciamiento de goteros sobre el lateral (m)
- ne = Numero de goteros al largo del lateral.
- qa = Caudal medio del gotero (l/h)

Presión de entrada.- Es útil conocer cuál es la presión de entrada promedio que requiere un sistema. La presión promedio del gotero, se computa como la carga hidráulica que va a dar el caudal medio qa. La localización general del gotero medio que da qa se encuentra entre X/L = 0.60 y 0.62 partiendo desde el final del lateral, para laterales de diámetro constante. Asimismo, alrededor de tres cuartas de la perdida de carga ocurre entre la entrada donde se encuentra el mayor caudal y gotero

medio. A medida que el caudal decrece debido a la descarga en los goteros, la curva de perdida de carga se hace más horizontal de tal forma que solo alrededor de un cuarto de la perdida de carga total ocurre entre los goteros promedio y el final.

Para un lateral simple de diámetro constante, colocado sobre pendiente uniforme, las presiones de entrada y final son:

$$Hm = ha + \frac{3}{4} hf \pm \frac{\Delta EI}{2}$$

Y la del extremo cerrado es:

$$Hc = ha - \left(\frac{hf}{4} \pm \frac{\Delta EI}{2}\right)$$

Donde:

- hm = Presión a la entrada del lateral (m)
- hf = Perdida de carga por fricción en el lateral.
- ha = Presión media del gotero (m).
- hc = Presión al final del lateral (m).
- ΔEI = Diferencia de elevación en el lateral (m).

Donde

- Se = Espaciamiento del gotero
- Fe = Longitud equivalente debido a la conexión del gotero en el lateral cuando la pendiente es igual a cero (0) tenemos:

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

Donde:

- Se = Espaciamiento del gotero.
- Fe= Longitud equivalente debido a la conexión del gotero en el lateral. Cuando la pendiente es igual a cero (0) tenemos:

$$Hm = ha + \tfrac{3}{4}\ hf \quad y \quad hn = ha \times \frac{1}{4} \times hf$$

Donde:

- Hc = hn
- Hn = presión mínima en el lateral

La presión de entrada para un par de laterales de diámetro constante que tiene una longitud total Sm, y colocados en una pendiente uniforme es:

$$Hm = ha + \frac{3}{4} hf \left(z^{3.75} + (1 - z)^{3.75}\right) \pm \frac{\Delta EI}{2} (2z-1)$$

- Hm = Presión de entrada para el par de laterales (m)
- Hf= Perdida de carga por fricción en el lateral (m)
- Z = Ubicación de la entrada para el par de laterales que da la misma presión mínima en los laterales, Z se expresa como la relación entre la longitud del lateral a favor de la pendiente y L.

<u>DISEÑO DE TUBERIAS MULTIPLES</u>
Según Pizarro F. (1990)

La tubería múltiple es aquella que recibe el agua de la tubería secundaria o principal y es donde el caudal y la presión son regulados, acá van a ir ubicados los laterales de riego constituyendo ambos la unidad de riego. Esta tubería generalmente es de PVC de 2 a 3 pulgadas de diámetro, dependiendo del tamaño de la unidad de riego. El diseño de las tuberías múltiples comprende la determinación del caudal, tamaño de tubería para mantener la diferencia de presión deseada, y la presión de entrada necesaria para dar el qa deseado. La velocidad admitida en estas tuberías esta entre 2.1 y 2.5 m/seg.

En campos donde la pendiente promedio en la dirección de las múltiples es menor a 3% generalmente resulta más económico instalar múltiples a ambos lados de la tubería principal. La entrada al par de múltiples a partir de la línea principal o secundaria se debe colocar en tal forma que las presiones mínimas a lo largo del par de múltiples sean iguales. En consecuencia, sobre el terreno a nivel, el par de múltiples debe tener una longitud igual.

Donde las pendientes del terreno están en la dirección de las múltiples (transversal a la hilera), la entrada del múltiple se debe mover más arriba del centro. El efecto es el de acortar el múltiple de arriba y alargar el múltiple de elevación se compensen; esto se puede realizar en forma gráfica o numérica, el procedimiento numérico es similar tanto para laterales como para múltiples de un solo tamaño.

Características de los diseños de tuberías múltiples.- Dentro de los más importantes parta el diseñador tenemos:

1. Longitud. - Donde haya dos múltiples que se extienden en direcciones opuestas a partir de un punto de entrada común, se les denomina pares de múltiples, cuando se conecta solo un múltiple a los puntos de entrada, se le denomina múltiple simple. La longitud del múltiple es igual a:

$$L = nr.\ Sr$$

Donde:

- L = Longitud del múltiple (m)
- Nr = Numero de espaciamientos entre líneas o laterales servidos a partir de un punto de entrada común.
- SR = Espaciamiento entre líneas (m)

2. Caudal. - Se puede obtener mediante:

$$qM = qL\ .\ hr$$

Donde:

- qM = Caudal múltiple (l/seg)
- qL = Caudal del lateral (l/seg)
- nr = Número de líneas o laterales servidos por el múltiple.

3. Posición de la entrada. - Para el diseño hidráulico optimo, la entrada a los pares múltiples se debe ubicar de tal forma que la presión mínima del múltiple en contra de la pendiente sea igual a aquella del múltiple a favor de la pendiente. No obstante, a veces la ubicación de los múltiples y las entradas a estos está determinada por los límites del campo, orientación de los cultivos, características topográficas o estructuras existente en los campos.

4. Presión de entrada: Como regla general, los puntos de control de presión se encuentra a la entrada de los múltiples. En consecuencia, se debe conocer las presiones de entrada al múltiple para un manejo apropiado del sistema y para

determinar la carga dinámica total requerida para el sistema. La presión de entrada al múltiple para sub unidades con laterales de un solo tamaño se puede calcular mediante:

$$Hm = hm \tfrac{3}{4} hf \pm \frac{\Delta EI}{2}$$

Donde:

- Hm = Presión de entrada al múltiple (m)
- Hf = Perdida de carga por fricción en la tubería múltiple (m)
- Hm = Presión de entrada en el lateral
- ΔEI = Diferencia de elevación en el múltiple (m)

DETERMINACION DE LA POSICION DE LA ENTRADA EN EL MULTIPLE

En el diseño de la tubería múltiple, se determina el punto óptimo de alimentación y la longitud del múltiple o par de múltiples. Para el caso de múltiples simples la entrada es una sola y fija; y no tiene discusión alguna.

En campos donde la pendiente promedio en la dirección de los múltiples es menor al 3%, se deben utilizar pares de múltiples por ser más económicos.

En pares de múltiples que tienen un solo diámetro y que sirven de unidades rectangulares, el procedimiento para ubicar el punto óptimo de alimentación es igual tanto para tuberías laterales como para tuberías múltiples.

DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCION

Diseño de tuberías primarias y secundarias

La distinción entre tuberías primarias y secundarias responde únicamente al orden que ocupan a partir del cabezal, a efectos de diseño, se hace de la misma forma para ambas tuberías. Así como el diseño de una unidad (múltiple y laterales) en los Riegos Localizados de Alta Frecuencia se presentan importantes particularidades respecto a otros sistemas de riego, el de las primarias y secundarias es similar en todos los sistemas que conducen agua a presión.

EL diseño de estas tuberías comprende los apartados siguientes:

- Trazado de la red.
- Diámetros.

Trazados de la red

Existen diversos métodos de optimización del trazado de la red de tuberías primarias y secundarias. Sin embargo, en los Riegos Localizados de Alta Frecuencia, suele haber menos libertad para el trazado que en aspersión por ejemple, suele haber menos libertad para el trazado que en aspersión, por ejemplo, ya que las redes vienen más condicionadas por los obstáculos físicos como caminos, linderos por las alineaciones de los cultivos y principalmente, por el diseño de la unidad de riego. Aunque puede haber situaciones en q sea recomendable el uso de los métodos de optimización del trazado, con frecuencia el trazado se hace sin recurrir a esas sofisticaciones.

Diámetros

El diseño empieza por situar en la planta de la red de distribución las conexiones a las tuberías terciarias; en esa fase de cálculo ya se habrán diseñado las unidades de riego, por lo que se conocerá para cada conexión el caudal y la presión necesarios. A continuación, empezando por los extremos aguas abajo, se calcula el caudal de cada tramo de la red de distribución, en función de los turnos de riegos establecidos de acuerdo al caudal total del que se dispone para el diseño.

A partir de este punto el diseño se hace de forma distinta segundo los dos casos siguientes:

1. Presión disponible conocida. - Estos en el caso de riego a partir de un depósito o canal de cota conocida, o de una red comunitaria de riegos que suministra el agua a una presión ya establecida. El cálculo se inicia en el depósito o punto inicial. En este caso hay que empezar por diseñar el cabezal. A la presión disponible en el depósito se descuenta la perdida de carga en el cabezal y a continuación se elige para cada tramo de tubería el diámetro que se permita conducir el caudal necesario con la perdida de carga admisible.

2. <u>Presión disponible desconocida. -</u> Cuando la presión se suministra mediante bombeo se presentan limitaciones que en el caso de presión conocida caben numerosas soluciones. Cuanto mayor es el diámetro, mayor es la inversión inicial en tuberías, pero en cambio, como las pérdidas por rozamiento son menores, el consumo energético y su correspondiente costo son menores y a veces también se puede abaratar la instalación de bombeo.

Existen muchos procedimientos para optimizar el diámetro en el caso de bombeo en las que se toman en cuenta el precio de la energía eléctrica, número de hora de bombeo al año, costo de la tubería por metro de diámetro y metro de longitud, y factor de amortización, para lo cual se utilizan fórmulas como la de Mendiluce:

$$D = 1.913 \left(\frac{k.p.n}{P.a.e}\right)^{0.167} \sqrt{Q}$$

Donde:

- D = Diámetro interior de la tubería (m)
- K = Coeficiente de perdida de carga de la tubería

Dónde:

$$K = \frac{10.54}{c^{1.85}}$$

- C = Coeficiente de la fórmula de Hazen & Williams
- P = Precio del Kilowatts por hora (Kw/hr)
- n = Número de horas de bombeo al año
- P = Costo de la tubería por metro de diámetro y metro de longitud
- a = Factor de amortización: a = $\frac{a(1+r)^t}{(1+r)^t - 1}$
- r = Interés en tanto por uno.
- T = Periodo de amortización de la tubería
- e = Rendimiento total del grupo
- Q = Caudal (m^3/seg)

La fórmula anterior y otras semejantes adolecen que para su deducción hubo que aceptar alguna relación matemática entre el diámetro y el costo de las tuberías. En medidas que esa relación no se ajuste a la realidad, los resultados serán incorrectos.

El empleo de ordenadores evita este inconveniente y presenta otras ventajas como:

- Estudio conjunto de toda la red de distribución.
- Se puede trabajar con diámetros comerciales en vez de los diámetros resultantes de un cálculo.
- Se pueden hacer estudios de sensibilidad en relación con los distintos factores que intervienen, como el precio del Kw/h, horas anuales de bombeo, etc.

En muchas situaciones reales no se pueden aplicar las formulas ni utilizar ordenadores, bien por no disponer de medios necesarios, bien por la sencillez de problema o por la vigencia de tomar una decisión.

Para estos casos se propone un criterio muy sencillo:

La velocidad media el agua debe estar comprendida entre 0.6 y 2.25 m/seg. Por debajo del primer valor los diámetros son excesivos y la tubería muy cara, además las bajas velocidades favorecen la formación de sedimentos. Para velocidades superiores de 2.25 m/seg. Las pérdidas de carga adquieren valores muy elevados y se acelera el envejecimiento de las tuberías.

Se comprueba en la práctica que los dos límites citados, el superior está más próximo al óptimo en el caso de las tuberías grandes y el inferior en el de pequeñas tuberías. Para la mayoría de los casos en Riegos Localizados de Alta Frecuencia se recomienda el criterio de no sobrepasar la velocidad de 1.5 m/seg, lo que conduce a la siguiente expresión:

$$\mathbf{D} > \sqrt{0.236\,Q}$$

Donde:

- D = Diámetro de la tubería (mm)
- Q = Caudal (l/h)

COMPONENTES DEL CABEZAL DE RIEGO POR GOTEO
De acuerdo con Pizarro F. (1990)

El cabezal de riego es el elemento central de instalación. Su composición puede variar mucho según los casos. Por ejemplo, hay instalaciones en que los fertilizantes se aplican en el propio cabezal, mientras que en otras instalaciones la aplicación se realiza en el origen de las unidades de riego.

Los componentes principales de un cabezal de riego son los siguientes:

- Equipo de tratamiento de agua.
- Hidrociclón.
- Filtros de arena.
- Filtros de malla.
- Medidor de caudal.
- Sostenedora de presión.
- Manómetros.

1. Equipo de tratamiento de agua. - Con frecuencia las aguas de riego presentan unos problemas para su aplicación de riego por goteo, que no tienen importancia con otros sistemas. Estos problemas están relacionados generalmente con las obturaciones de los emisores y la solución típica consiste en el filtrado, pero hay situaciones en que el filtrado debe complementarse con un tratamiento periódico del agua. Tal es el caso, por ejemplo, de la presencia de algas que no son retenidas por los filtros y que pueden obturar algunos emisores de paso muy estrecho. La solución ha este problema cosiste en el tratamiento de agua con oxidantes como el hipoclorito de sodio. Otros casos en que es necesario el equipo de tratamiento es el de aplicación de ácidos para eliminar los precipitados calcáreos.

2. Hidrociclón. - Es un aparato sin elementos móviles que permite eliminar las partículas de densidad superior a 1.5 y tamaños mayores de 64 micras. El agua cargada de arena entra en el Hidrociclón tangencialmente a la parte superior cilíndrica, lo que provoca un torbellino vorticial descendiente llamado torbellino principal.

La fuerza centrífuga generada en este torbellino principal. La fuerza centrífuga generada en este torbellino proyecta las partículas sólidas contra las paredes de la

parte cónica, por lo cual descienden hasta el tubo inferior que las conduce al depósito de sedimentos. Cuando este se encuentra lleno se abre y se eliminan los sedimentos.

3. Filtros de arena. - Consisten en tanques metálicos o de poliéster, en cuyo interior se coloca una gruesa capa de arena a través de la cual para el agua a filtrarse, esta capa no debe ser menor a 50 cm. Cuando los filtros están sucios la presión aumenta en la zona situada aguas arriba de arena y la fuerza es por tanto mayor.

4. Equipo de fertilización.- Una consecuencia del gran éxito del riego por goteo ha sido la aplicación de un nuevo vocablo técnico denominado ¨Fertirrigación¨, que significa sencillamente la aplicación de abonos disueltos en el agua de riego.

Entre los equipos utilizados para aplicar fertilizantes tenemos:

- Tanque de Fertilización.
- Inyector Venturi.
- Inyector hidráulico.

Tanque de fertilización. - Consiste en un depósito conectado en paralelo a la red de riego. El depósito herméticamente cerrado debe resistir la presión de la red. El depósito herméticamente cerrado debe resistir la presión de la red. Se fabrican en plástico reforzado o metálico con volúmenes entre 20 y 200 litros. En el interior del tanque se coloca el fertilizante, generalmente en forma de solución liquida.

El deposito consta de dos tomas, una de entrada y otra de salida, conectadas a la red de riego en dos puntos próximos, pero separados por una válvula, cuyo objeto es crear una diferencia de presión del orden de 1 a 5 metros para que parte del agua de riego circule por el circuito donde está el tanque, se combine con el fertilizante y pase al sistema de riego.

Inyector Venturi. - Consiste fundamentalmente en un tubo por el que circula el agua, provisto de un estrechamiento en el que, por el efecto Venturi se produce una depresión. En la zona de estrechamiento lleva conectada una tubería cuyo otro extremo se introduce en un deposito con solución a inyectar, situada a la presión atmosférica. La depresión provoca la succión del líquido y su incorporación a la red.

Inyector hidráulico. - Es una bomba constituida por una pequeña cámara que alternativamente se llena y vacía, accionada por la presión de la red de riego. Cuando la cámara se llena, el inyector succiona fertilizante de un depósito y cuando se vacía lo inyecta a la red.

5.- Filtros de malla. - A diferencia de los filtros de arena que realizan una retención de impurezas de profundidad, los filtros de malla efectúan una retención superficial, lo que hace que la colmatación sea mucho más rápida. Por esta razón se suelen utilizar con aguas no muy sucias que contengan partículas de tipo inorgánico, o como elementos de seguridad después de hidrociclones, filtros de arena o equipos de fertirrigación. Cuando las aguas contienen algas su uso no está indicado por que se colmatan rápidamente y dejan pasar las impurezas.

6. Medidor de caudal. - Existen gran variedad de medidores de agua, algunos de los cuales no cumplen un requisito muy importante; además de medir el caudal instantáneo deben ser totalizadores. Otros requisitos a tener en cuenta en la elección de un medidor son la precisión, sensibilidad al aire e impurezas de agua, perdida de carga que ocasionan y por supuesto su costo.

En el mercado existe uno del tipo Wolfman, que consiste en una carcasa en cuyo interior un molinete gira con una velocidad que es función con la el agua. Un tren de ejes y engranajes transmite el giro del molinete a un dial en el que se puede medir el caudal instantáneo y el localizado.

7.- Sostenedora de presión. - También denominado ¨Regulador de presión¨ consiste en un dispositivo que mantiene la presión constante aguas arriba de donde esta se encuentra, teniendo la finalidad de mantener la uniformidad de riego, existiendo muchos tipos.

8.- Manómetros. - Son dispositivos que se utilizan para controlar las presiones en varios puntos del cabezal de riego, para conocer en todo momento la variación de presión de los dispositivos instalados y dar la corrección adecuada, como es el caso de la limpieza de los filtros.

1. 2. 4. SOBRE EL CULTIVO DE LOS PALTOS.

Según el Ministerio de Agricultura (2011)

TAXONOMÍA	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Laurales
Familia:	Lauraceae
Tribu:	Perseae
Género:	Persea
Especie:	***Persea americana*** Mill., 1768

Es un **árbol** de hoja perenne. Puede llegar a tener casi 20m de altura, aunque su tamaño normal suele rondar los diez metros.

El **tronco** posee una corteza gris-verdosa con fisuras longitudinales. Las hojas alternas, con **peciolo** de 2-5cm y limbo generalmente glauco por el envés, estrechamente elípticos, ovados u obovados, de 8-20 por 5-12cm, cariáceos, de color verde y escasamente pubescentes en la haz pero muy densamente por el envés que es de color marrón amarillento y donde resalta el nervio central; tiene base cuneiforme y ápice agudo, los márgenes enteros y más o menos ondulados.

Las **inflorescencias** son **panículas** de 8-14cm de largo con **flores** de 5-6mm con **perianto** densamente pubescente, de tubo muy corto y seis **tépalos** oblongos de medio centímetro, los 3 exteriores más cortos. Tienen nueve **estambres** fértiles de unos 4mm, con filamentos pubescentes, organizados en tres círculos concéntricos.

El **fruto** es una drupa de color amarillo-verde o marrón rojizo, grande generalmente en forma de pera, a veces ovoide o globosa, de 8-18cm con **epicarpio** corchoso más o menos tuberculado y mesocarpio carnoso y comestible. Este último rodea íntimamente una **semilla** globular de **epispermo (tegumento)** papiráceo, sin **endospermo,** de unos 5-6cm.

El palto es un cultivo que está cobrando mayor importancia dentro del desarrollo agronómico productivo de nuestro país. Este bondadoso cultivo de origen mexicano, llego al valle del rio Urubamba en Perú (Cuzco) en el año 1450, por el Inca Túpac Yupanqui. Actualmente se viene dando un incremento de las áreas de producción, lo que implica que la preparación para la producción no solo sea entorno a la cantidad, sino también respecto a la calidad, más aun si estos son para el consumo en el exterior de nuestro país.

Según el informe técnico: "Perú: panorama económico departamental – INEI", de junio de 2012, la producción nacional de palta fue de 40151 TM, superando en 36,6% que el año 2011. Las ultimas noticias sobre el cultivo en el departamento de Áncash informan que las exportaciones de paltas se incrementaron entre noviembre del año pasado y enero de este año, la exportación de paltas frescas o en trozos creció entre 368,5%, en el periodo de evaluación, esto según el área de inteligencia Comercial de la Asociación de Exportadores (ADEX).

Ancash fue la principal región exportadora, con envíos por 4040,4 millones de dólares, registrando un crecimiento de 14% respecto asimilar periodo del 2010. Toda esta promoción del consumo a nivel mundial y nacional, ayuda a mantener la estabilidad en el mercado.

De esta forma también se puede incrementar las estadísticas actuales; mejorando la calidad del producto, controlando los procesos hasta la cosecha del fruto y las condiciones de transporte, es decir generando un mejor plan de cadena productiva de palto. Para esto el conocimiento de las propiedades y características del suelo son vital importancia ya que vinculan directamente las condiciones de potencial

nutricional para el cultivo y de esto dependerá gran parte del éxito de la producción. INIA – (2012).

1. 2 .5. CONDICIONES GENERALES PARA EL CULTIVO DE PALTO

1. 2. 5. 1. CLIMA. Según el Ministerio de Agricultura (2011)

Los paltos se cultivan desde el nivel del mar hasta los 2,700 m.s.n.m.; la temperatura y la lluvia son los factores de mayor incidencia en el cultivo. La temperatura influye en la producción del palto; la resistencia al frío dependerá de la raza y calidad del patrón. En la región andina es necesario 1,200 mm de lluvia distribuida en el año; las sequías prolongadas afectan el cultivo. El exceso de lluvia en floración o cuajado de frutos causa pérdida y proliferación de enfermedades.

1. 2. 5. 2. TEMPERATURA

Este factor es el de mayor importancia, pero no afecta a todas las razas por igual dado el origen de zona tropical del palto, este es sensible a bajas temperaturas.

En el Perú dependiendo de la raza y cultivar también se debe relacionar la temperatura con la altitud de la zona.

El cultivar “fuerte” se desarrolla en áreas mayores a 700 metros sobre el nivel del mar (m. s. n. m) y para los lugares que son valles interandinos donde la altitudes mayor a 2000 m.s.n.m., la variedad “Hass” se adapta bien.

En la selva alta, en altitudes mayores a los 700 m.s.n.m., la variedad “Hass” se ha adaptado mejor que la “fuerte”. La temperatura afecta directamente al ciclo de floración del palto.

Si los días son nublados y fríos y las noches son nublados y lluviosos en el cultivar como el “Hass” la floración es contraria, es decir el polen se libera en la mañana mientras que en la fase femenina se presenta en la tarde.

En el caso del cultivar “Fuerte” no presenta n el estado femenino y la flor no se abre completamente. Las investigaciones concuerdan en que el ciclo floral del palto depende estrechamente de la temperatura, el cultivar más sensible a la temperatura

es el “Fuerte”. Las temperaturas óptimas van: 25 °C máxima día y 10 – 12 °C noche. Los cultivares como el “Hass” temperaturas máximas 20 °C y mínima de 10 °C. INIA – (2012).

1. 2. 5. 3. LUMINOSIDAD

Este factor es también de suma importancia, ya que el exceso de sombra entre las plantas es perjudicial. Las ramas comienzan a secarse en el interior de la copa, el exceso de sombra hace que las plantas no tengan floración.

Los frutos que logran el cuaje son lentos en su desarrollo, la incidencia de plagas y enfermedades se hace mayor, las plantas crecen más de forma vertical.

La luminosidad debe ser equilibrada, porque el exceso también puede dañar a las plantas.

1. 2. 5. 4. HUMEDAD RELATIVA

En épocas con alta humedad relativa la apertura de las flores al estado femenino siempre se retrasa casi en aproximadamente 3 horas.

A su vez la baja humedad relativa y los fuertes vientos, pueden causar desecación de los estigmas de las flores.

1. 2. 5. 5. VIENTOS

La influencia del viento es positiva para el cultivo de palto ya que ayuda a la polinización, esto siempre y cuando la velocidad no supere los 10 km/hora (10.77 m/seg), si son los vientos mayores a 10km/hora, pueden afectar en la temperatura, o como en la costa los vientos vienen cargados de sales y esto es perjudicial para el cultivo.

1. 2. 5. 6. PRECIPITACIONES

La influencia de la lluvia, en el cultivo depende de las condiciones de disponibilidad de agua para el cultivo, ya que a mayor precipitación el requerimiento de agua para el cultivo es menor, pero incrementa el riesgo de enfermedades, se tiene mayor lavado

de nutrientes, las áreas se hacen vulnerables a la erosión hídrica y a mayor precipitación menos horas de sol.

El encharcamiento en el área de cultivo, se hace a las plantas más vulnerables a enfermedades como marchitez, podredumbre radicular o tristeza del palto (Phytophtora cinnamomi). INIA – (2012).

1. 2. 6. SUELOS PARA EL CULTIVO DEL PALTO
Ministerio de Agricultura (2011)

Las condiciones del suelo, también son factores determinantes para la mejora de la cantidad y calidad de la producción. El principal soporte del sistema radicular y el que brinda nutrientes al palto es el suelo y las condiciones deben ser las más adecuadas para su desarrollo.

La evaluación de los suelos para este cultivo debe ser entorno a sus propiedades físicas, químicas y biológicas, estas se dan a través de un análisis de suelo. En los análisis de suelos se puede conocer el contenido de materia orgánica, el pH, la textura del suelo, el contenido de calcio, magnesio, potasio, fosforo y otros elementos que son básicos para la nutrición del palto.

1. 2. 6. 1. TEXTURA

En relación a su textura, los suelos para el palto deben ser de textura media (franco), relativamente profundos y con buen drenaje, en lo posible estos no deben tener capas inferiores duras. Se recomienda el pase de un arado subsolador a 0.80 cm de profundidad antes de la siembra, esto ayudara a soltar el terreno, esto debe hacerse cuando el terreno este seco.

1. 2. 6. 2. MATERIA ORGANICA

El contenido ideal de materia orgánica es entre 4 – 5 %, la materia orgánica ayuda a equilibrar y mejorar las propiedades del suelo y a su vez puede ser una fuente de nutrientes. La aplicación de materia orgánica del suelo, mejora la estructura y la agregación, permitiendo una mejor filtración del agua hacia la zona radicular y evita el

peligro de erosión del suelo. La materia orgánica del suelo ayuda a controlar la erosión del suelo. INIA – (2012).

1. 2. 6. 3. pH CON RELACION AL SUELO

Se considera que el rango más apropiado para el desarrollo del cultivo es el comprendido entre 5.5 y 6.5. Si el pH del suelo es de 8.0 o mayor a este, se tiene la presencia de material calcáreo y esto puede provocar severas deficiencias de algunos nutrientes para el cultivo, como el caso del hierro (Fe), que se inmoviliza por la alcalinidad del suelo. Este problema es común en la faja costera peruana donde los suelos tienen el pH alcalino en mayor o menor grado y el palto puede tener problemas para desarrollarse especialmente en su etapa joven. Si los suelos para el cultivo son muy ácidos (pH menores a 5.5), los elementos se hacen muy solubles y pierden rápidamente por lavado del agua de lluvia y de igual forma se puede dar toxicidad por aluminio (Al). En este caso el uso de una fuente de calcio es obligatoria (carbonato de calcio – $CaCO_3$). Se recomienda en forma general de 2 a 3 TM de este material, cada 2 o 3 años en el área de cultivo para regular pH, aunque para un encalado más eficiente es recomendable realizar un análisis de caracterización del suelo y en base a la concentración de aluminio, derivar las cantidades de calcio necesarias. El yeso no actúa de forma rápida es por esto que se recomienda probar algunos productos de las empresas que sean especializadas en bajar el pH del suelo. INIA – (2012).

1. 2. 7. FERTILIZACION DEL PALTO

Para la implementación de un plan de fertilización, se debe tener en cuenta la necesidad nutricional del cultivo y la fertilidad del suelo, este último se evalúa por medio de un análisis de suelos. Ya que los requerimientos nutricionales del palto, son muy variables durante su etapas de desarrollo, es decir el nutriente que necesita durante todo su ciclo fenológico, el tipo de cultivar y la edad del palto. Cada nutriente cumple un papel importante durante el proceso de desarrollo del palto, pero el palto al ser un cultivo tan susceptible a los diferentes factores y características del suelo, no se han podido determinar cantidades específicas de fertilizantes, sean realizado muchas investigaciones en torno a esto y se han encontrado muchas diferentes que

dependen de las condiciones del suelo, el cultivo y el lugar de establecimiento del cultivo. Se considera 16 elementos nutricionales para el desarrollo, para todo tipo de planta estos: macro nutrientes (nitrógeno, carbono, oxigeno, hidrogeno, calcio, magnesio, potasio, fosforo, azufre) y los micro nutrientes (hierro, manganeso, zinc, cobre). INIA – (2012).

1. 2. 8. FUNCIONES Y DEFICIENCIAS DE LOS NUTRIENTES EN EL PALTO

Para esto trataremos los nutrientes dependiendo su clasificación:

1. 2. 8. 1. MACRONUTRIENTES

a. Nitrógeno (N)

Es el nutriente más requerido por el Palto, tiene un efecto significativo en el crecimiento de la planta, aun así la aplicación de este elemento durante la floración y cuajado del fruto puede acelerar el crecimiento vegetativo, lo cual es probable que tenga un efecto negativo en la retención de la fruta recién cuajada. Las altas dosis de nitrógeno sólo incrementan el desarrollo vegetativo, es decir mayor contenido de hojas y ramas y disminuyen la producción, las dosis bajas disminuyen afectan negativamente el desarrollo vegetativo y la producción, por lo tanto es recomendable la aplicación de dosis medias para favorecer la producción.

El Nitrógeno es constituyente de un gran número de compuestos en la planta formando parte estructural de la molécula de clorofila. Interviene en la síntesis de aceites y proteínas, puesto que es uno de los frutos con mayores niveles de proteínas.

Deficiencias: Los síntomas de deficiencia de nitrógeno aparecen primero en las hojas viejas y luego pasan gradualmente a las hojas jóvenes; las hojas son de menor tamaño y presentan clorosis en toda la lámina foliar. Por otro lado, el exceso de Nitrógeno promueve un crecimiento vigoroso, expresado en una alta emisión de brotes y poca diferenciación floral.

b. Fósforo (P)

Es un nutriente de gran importancia ya que forma el enlace con el sustrato en el almacenamiento de energía, para la integridad estructural de la planta, el fósforo está presente en el compuesto básico de energía llamado ATP). Durante el periodo de formación de la planta, el fósforo es el nutriente más importante por influir en el crecimiento de la raíz; también tiene un efecto significativo en el desarrollo de las flores y en el cuajado de los frutos. Según las investigaciones, la concentración de fósforo en las hojas no debe pasar de 0.13% en el cultivar "Fuerte" o 0.14% en "Hass". Entre los fertilizantes fosforados más empleados se encuentran el superfosfato simple de calcio (con 16% de P2O5 soluble en agua). También es empleado el fosfato monoamónico de rápido efecto cuando se aplica foliarmente o por medio del riego.

Deficiencias: Por ser un elemento poco móvil su deficiencia se presenta en las hojas más viejas, observándose una reducción en el crecimiento de las plantas jóvenes, necrosis en las puntas de las hojas y caída prematura de las mismas. Asimismo, el número de brotes se reduce los cuales son muy delgados y en ocasiones llegan a morir.

c. Potasio (K)

Después del nitrógeno, el potasio es el elemento más importante en el crecimiento y en la producción, ya que juega un papel significativo en los procesos de fotosíntesis, respiración y circulación de la savia. El potasio es el elemento más importante en el periodo de fructificación, ya que favorece la translocación de sustancias de reserva en la planta, promoviendo el desarrollo de los frutos, el potasio es esencial en el cultivo de palto por su alta movilidad, el palto necesita cantidades elevadas de este nutriente muchas veces siendo mayor que el nitrógeno, se conocen más de 60 enzimas activadas por este nutriente, que actúan en diversos procesos de desarrollo como la fotosíntesis, síntesis de proteínas y carbohidratos.

Deficiencias: Los síntomas de deficiencia se caracterizan por una necrosis de la punta y bordes de las hojas más viejas, además son más pequeñas, finas y delgadas. La fertilización con potasio debe hacerse con niveles iguales o ligeramente inferiores a nitrógeno, dependiendo del tipo de suelo.

1. 2. 8. 2 MICRONUTRIENTES

a. Calcio (Ca)

Cumple un papel primordial en la resistencia que tienen las membranas celulares cuando van teniendo su proceso de degradación permitiendo que la fruta tenga un período de vida más prolongado después de la cosecha.

A pesar de los altos contenidos de calcio que pueden existir en el suelo, este no muchas veces se encuentra de forma asimilable por la planta y se hace necesaria la aplicación de este nutriente vía foliar empleando generalmente nitrato de calcio al 2 o 3 por ciento. En las zonas de selva, de pH ácidos, donde la concentración de calcio es baja, es necesario el uso de carbonato de calcio o dolomita como encalado en el suelo.

Deficiencias: Apareciendo síntomas de deficiencia caracterizados por una clorosis marginal e intervenal, además las yemas terminales pueden morir.

Los niveles bajos de calcio están relacionados con la aparición de un desorden en la fruta llamado nariz blanda o descomposición interna del fruto; producido por una sobre maduración del extremo apical del fruto.

b. Magnesio (Mg)

El magnesio forma parte de la clorofila y es un activador enzimático e interviene en el proceso de respiración. Para el caso de suelos ácidos, al igual que en calcio, el uso de dolomita funciona bien en la corrección de las deficiencias del magnesio.

Deficiencias: Los síntomas de su deficiencia aparecen en las hojas más viejas, asimismo se reduce el crecimiento y presenta una defoliación prematura.

Las pocas hojas que quedan presentan una clorosis intervenal amarillo bronceado que avanza del borde al interior de la hoja.

C. Zinc (Zn):

El zinc es un elemento esencial en la transformación de carbohidratos y en la regulación de consumo de azúcar en la planta.

Deficiencia de zinc: La deficiencia de Zn se observa en los siguientes aspectos:

Reducción del tamaño de hojas jóvenes e intermedias en su madurez, deformación de las mismas, amarillamiento intervenal, moteados de color púrpura a blanquecinos e irregular en los espacios intervenales, raquitismo, entrenudos cortos y arrosetamiento de brotes con caída prematura de hojas. Los frutos son más redondos de lo normal.

1. 3. MARCO CONCEPTUAL

1. 3. 1. Concepto de evapotranspiración:

La evapotranspiración (ET), se puede definir como la perdida de agua que ocurre en una superficie, como consecuencia de la combinación de los procesos de evaporación de una superficie evaporante (lagos, ríos, mares, suelos 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 dela planta y si posterior remoción hacia la atmósfera. Los cultivos pierden agua predominante a través de las estomas. Estas 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.

CAPITULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2. 1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

En la Zona Alta del Valle 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 palto, por ser un cultivo que últimamente está adquiriendo mucha importancia entre los agricultores de la Zona del Valle 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 Palto, mediante la evaluación del sistema de fertirrigación en el Cultivo de Palto 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 Ata 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 Palto, 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 delas 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 (kc) de los Paltos instalados en el predio, que tienen una influencia directa en la evapotranspiración del cultivo, así como las características del sistema de fertirrigación, instalado en el cultivo de palto.

2.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

2. 4. 1. Justificación

A nivel de la Zona Alta del 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 de Ica, especialmente en el cultivo de palto, en las cuales se ha instalado sistemas de fertirrigación.

2. 4. 2. Importancia

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

2.5. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

2. 5. 1. Objetivos generales Realizar un manejo eficiente del recurso hídrico, considerando las condiciones de evapotranspiración para el cultivo de palto, en la Zona Alta del Valle de Ica; así como las características hidráulicas del sistema de fertirrigación.

2. 5. 2. Objetivos específicos

Realizar la evaluación tanto agronómica como hidráulica del sistema de fertirrigación en el cultivo de palto, 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 palto, se podrá realizar un manejo eficiente del recurso hídrico para las condiciones de la Zona Alta del Valle de Ica.

2. 6. 2. Hipótesis especifica

Mediante la evaluación tanto agronómica como hidráulica del sistema de fertirrigación se podrá realizar un manejo eficiente del recurso hídrico 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 del sol
- Velocidad del viento
- Temperatura media
- Coeficiente del cultivo (kc).

B) variables dependientes

- Evapotranspiración del cultivo de palto.

2. 7. 2. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

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

VARIABLES	INDICADORES	VALOR FINAL
1. VARIABLE DE INTERÉS Evapotranspiración del cultivo de palto en la Zona Alta del Valle de Ica.	• Heliógrafo • Anemógrafo • Termómetro • Higrómetro	• Hora del sol • m/seg • °C • %

CAPITULO III

ESTRATEGIA METODOLÓGICA

3.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de 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 diseño experimental longitudinal de tendencia, por lo que se evalúa más, las variables meteorológicas y el coeficiente de desarrollo del cultivo de palto. Así como de las características hidráulicas del sistema de fertirrigación 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 palto de aproximadamente 02 años, instalados en las parcelas de 02 Has, con sistemas de fertirrigación, ubicado en la Zona Alta del Valle de Ica.

3.2.2. Población de la muestra de estudio

Para el presente trabajo de tesis se tomó como muestra representativa de la zona, del cultivo instalado en el predio denominado Cactus, localizado en el Distrito de San José de los Molinos. El huerto presenta plantas de Palto VAR.: Hass, los frutales se encuentran separados a una distancia de 5.0 m por 3.0 uno de otro, en un área de 02 Has., aproximadamente. El sistema de riego empleado es fertirrigación; así mismo el cultivo se encuentra libre de plagas y enfermedades, así como también libre de malezas.

CAPITULO 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.
- Hora de sol.
- Velocidad de viento.
- Temperatura media.

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

También se realizaron toma de muestras de suelo y agua para su análisis quimico.

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

4.2. Instrumentos de recolección de datos

Se utilizaron los siguientes instrumentos:

- **Helio fonógrafo:** instrumento que sirve para medir y registrar 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:** instrumento que sirve para medir volúmenes de agua.
- **Cronometro:** instrumento que sirve para medir el tiempo.

CAPITULO V

5.1. Presentación, interpretación y discusión de resultados

5.1.1. ANÁLISIS DE SUELOS:

Con la facilidad de conocer las características físico mecánica y química del terreno del cultivo donde está instalado el cultivo de palta, se procedió a extraer sus muestras de varios puntos al azar dispuestas en zigzag a 30cm de profundidad las que se homogenizaron, tomándose una muestra representativa de 1.0kg, la misma que se envió al laboratorio de análisis de suelos, aguas y plantas de la facultad de Agronomía de la UNICA para su respectivo análisis.

Los resultados obtenidos se muestran en los cuadros N° 01 y N° 02.

CUADRO N° 01

ANÁLISIS FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO

COMPONENTES	**NIVEL (0.00-0.30cm)**	**METODO USADO**
Arena (%)	77.84	Hidrómetro
Limo (%)	18.56	Hidrómetro
Arcilla (%)	3.60	Hidrómetro
Clasificación	**Arena franca**	**Triangulo textural**

CUADRO N° 02

ANÁLISIS QUIMICO DEL SUELO AÑO 2016

DETERMINACIONES	NIVEL (0.00-0.3cm)	MÉTODO USADO	INTERPRETACIÓN
Nitrógeno total (%)	0.025	Microkjeldhal	BAJO
Fosforo disponible (ppm)	8.5	Olsen modeficado	MEDIO
Potasio disponible (kg/ha)	5.70	Peach	MEDIO
Materia orgánica (%)	0.560	Walkley y black	BAJO
Calcáreo total (%)	0.62	Gasovolumetrico	BAJO
CE (ds/m)	0.88	Conductómetro	NORMAL
PH	7.90	Potenciómetro	LIG. ALCALCU
CI.C. (meq/100gr)	6.50	Acetato de amonio	BAJO
Cationes cambiables			
Ca (meq/100gr)	5.40	EDTA	MEDIO
Mg (meq/100gr)	0.84	Amarillo de trazol	BAJO
Na (meq/100gr)	0.07	Fotómetro de llama	BAJO
K (meq/100gr)	0.19	Fotómetro de llama	BAJO

5.1.2. ANÁLISIS DE AGUA:

De la misma manera, con la finalidad de tener una idea de la calidad química del agua de riego con fines de diseño en sistemas de fertirrigación para el cultivo de alfalfa, se procedió a extraer una muestra de 1.0L de agua de un micro tubo que riega el cultivo de palto, la misma que fue enviada al laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Plantar de la Facultad de Agronomía de la UNICA para su respetivo análisis.

Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro N°03

DETERMINACIÓN		METODO USADO	INTERPRETACIÓN
CE (ds/m) pH	0.43 7.25	Conductómetro Potenciómetro	Baja salinidad Mod. Alcalina

5.1.3. MATERIALES PARA LA EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE FERTIRRIZACIÓN:

- Croquis del terreno con el diseño del sistema de fertirrigación
- Calculadora
- Características del equipo de fertirrigación
- Bureta
- Cronómetro

5.1.4. METODOLOGIA DE LA EVALUACIÓN:

Primero se determinó el planteamiento hidráulica para obtener el agua de riego puesto que es una zona de difícil acceso para el uso del agua para riego por gravedad, por lo que para obtener el agua lo hacen, a través de un canal que abastece de agua a varios agricultores de la parte alta de la zona de los Molinos. Esta agua es captada y elevada mediante un sistema de bombeo (10.00HP) a una altura de 3.00 donde se encuentra el reservorio recubierto con geomembrana de un volumen aproximada de 800.00m3 la cual es utilizada para el riego mediante otro sistema de bombeo de una potencia aproximada de 10.0HP.

Una vez que el sistema se encontraba funcionando se procedió a realizar la prueba, para determinar la eficiencia de aplicación del riego mediante la prueba de coeficiente de uniformidad que consiste en tomar los valores del caudal en Lit/hora de 16 micro

tubos (emisores) que sean representativos de la unidad de riego, además para obtener el caudal promedio de diseño del sistema de fertirrigación.

Con la información de caudal promedio de los emisores, análisis de suelo, análisis de agua, características del cultivo y la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETO) se procedió a la determinación del diseño Agronómico que consiste en calcular el volumen de agua para el máximo desarrollo del cultivo y el tiempo necesario para aplicar el agua de riego.

Con la información del diseño Agronómico se procedió a la evaluación del diseño de la unidad de riego, que consiste en el diseño de la línea lateral y el diseño de la línea múltiple y por último se evaluó hidráulicamente el diseño de las tuberías de conducción hasta la obtención de la potencia del sistema de bombeo

Evaluación del coeficiente de uniformidad del sistema de fertirrigación

Valores de la descarga de los microtubos obtenido en la prueba pata determinar el coeficiente de uniformidad.

Prueba N° 01
Caudal del micro-tubo
(Lit/hora)

66.5	**54**
58.0	**65.5**
56.0	**54.0**
57.0	**63.5**
60.5	**62.5**
64.0	**54.5**
65.5	**66.0**
54.0	**65.0**

PROMEDIO:

$$CU = \frac{25\%\ de\ los\ valores\ mas\ bajos}{caudal\ promedio\ (q)}\ x\ 100$$

$$CU = \frac{54.125}{60.406}\ x\ 100$$

$$CU = 89.6\%$$

Prueba N° 02

Caudal del micro-tubo

(Lit/hora)

53.5	66.0
52.5	65.0
65.0	54.0
66.0	53.0
64.0	62.0
62.5	63.0
56.0	54.0
55.0	62.0

PROMEDIO:

$$CU = \frac{25\%\ de\ los\ valores\ mas\ bajos}{caudal\ promedio\ (q)}\ x\ 100$$

$$CU = \frac{53.25}{59.625}\ x\ 100$$

$$CU = 89.3\%$$

5.1.5. EVALUACIÓN DEL DISEÑO AGRONÓMICO

Diseño Agronómico del cultivo de Palto, variedad Hass para un máximo desarrollo del cultivo

1° Cálculo del uso Consuntivo Diario

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

$$Uc = 5.00 \text{ mm/día} \left(\frac{52.36}{100} + 0.15 \left(1 - \frac{52.36}{100}\right)\right)$$

Uc = 2.98 mm/día

2° Determinación de la Lámina neta de riego

dn = Uc x f f = 1 dia

dn = Uc = 2.98 mm/día

3° Cálculo de requerimiento de Lixiviación

$$RL = \frac{CEar}{2\ Ma\ x\ CEex} = \frac{0.43\ ds/m}{102\ x\ 6.00\ ds/m} = 0.036$$

4° Calculo de la Lámina bruta de riego

Como el Requerimiento de lixiviacion es menor de 0.10

$$db = \frac{dn}{CU/100} = \frac{2.98mm/dia}{90/100} = 3.31 \text{ mm/dia}$$

5° Calculo del Volumen de Riego, para un máximo desarrollo del cultivo

Vr=3.31 mm/día x 6m x 4m = 79.44 Lit/día/planta

6° Calculo del tiempo de Riego, necesario para aplicar del volumen de agua requerido por el cultivo para un máximo desarrollo.

$$Tr = \frac{Vr}{eqa} = \frac{79.44\ Lit/dia}{1got\ x\ 40\ Lit/hora} = 1.98 \text{ horas}$$

Tiempo de riego considera = 2.00 horas/día

5.1.6. EVALUACIÓN DEL DISEÑO HIDRÁULICO

La parte más importante de un diseño de sistema de fertirrigación es el diseño de la unidad de riego que consta de la Línea Lateral y de la Línea Múltiple por lo que se va a proceder a la evaluación hidráulica.

1° Evaluación de la Línea Lateral

a. Calculo de la perdida de carga por fricción en la línea Lateral, de pendiente = 0

Hf = J' L/100 F $\qquad$ J' = 7.89 x $10^7 \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}}$

$$\mathbf{F = \frac{1}{2.75} + \frac{1}{2(12)} + \frac{\sqrt{0.75}}{6(12)^2} = 0.406}$$

hf = 7.89 x $10^7 \frac{(0.133)^{1.75}}{(4.42)^{4.75}}$x 1.038 x 48/100 x 0.406

hf = 1.68 m.c.a.

2° Evaluación de la Línea Múltiple

a. Calculo de la perdida de carga por fricción en la Línea Múltiple en contra de la pendiente (pendiente aproximada = 2%)

hf = J x L/100 X F $\qquad$ J = 7.89 x $10^7 \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}}$

$$F = \frac{1}{2.75} + \frac{1}{2(4)} + \frac{\sqrt{0.75}}{6(4)^2} = 0.498$$

hf = 7.89 x $10^7 \frac{(2.128)^{1.75}}{(56.4)^{4.75}}$ x 48/100 X 0.430 = 0.294 m.c.a.

Valor que hay que sumarle la altura de agua debido a la contrapendiente del terreno, entonces tenemos:

ΔEl = 5% X L

ΔEl = 2% X 48 m = 0.02 X 48 = 0.96 m.c.a.

Hf + ΔEl = 0.294 m.c.a. + 0.96 m.c.a. = 1.254 m.c.a.

Determinación de la perdida de la carga por fricción en la unidad de riego = hf en la Línea Lateral + hf en la Línea Múltiple + ΔEl en la Línea Múltiple = 1.68 m.c.a. + 1.254 m.c.a. = 2.954 m.c.a.

3° Evaluación de la Tubería Principal

a.- Calculo de la perdida de carga por fricción en la Tubería Principal – Tramo 1

$$hf_1 = 7.89 \times 10^7 \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} X\ L/100$$

$$hf_1 = 7.89 \times 10^7 \frac{(4.256)^{1.75}}{(108.4)^{4.75}} X\ 100/100 = 0.215 \text{ m.c.a.}$$

b.- Calculo de la perdida por fricción en la Tubería Principal – Tramo 2

$$hf_2 = 7.89 \times 10^7 \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} X\ L/100$$

$$hf_2 = 7.89 \times 10^7 \frac{(8.512)^{1.75}}{(108.4)^{4.75}} X\ 150/100 = 1.08 \text{ m.c.a.}$$

c.- Calculo de la perdida de carga por fricción en la Tubería Principal – Tramo 3

$$hf_3 = 7.89 \times 10^7 \frac{17.024^{1.75}}{108.4^{4.75}} X\ 50/100 = 1.214 \text{ m.c.a.}$$

d.- Perdida de carga Total en la Tubería Principal

$$hf = 2.509 \text{ m.c.a.}$$

5.1.7. Determinación de la Potencia del Sistema de Bombeo

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

HP = Potencia en caballos

Q = Caudal del Sistema en M^3/seg

δ = Peso específico del agua 1,000 Kg/m^3

n = Eficiencia bomba 7%

m = Eficiencia motor 80 % (gasolinera)

ΔHT = Carga Dinámica Total del Sistema

- Componentes de la carga Dinámica Total

a.- Presión de funcionamiento del emisor (micro tubo) = 10.00 m.c.a.

b.- hf en la Línea Lateral = 1.68 m.c.a.

c.- hf en la Línea Múltiple = 1.254 m.c.a.

d.- hf en la Tubería Principal = 2.509 m.c.a.

e.- Altura de agua debido a la pendiente del terreno = 4.00 m.c.a.

f.- hf locales = 0.50 m.c.a.

g hf en el cabezal de riego = 4.00 m.c.a.

h.- hf en la Válvula control 2 ” = 1.50 m.c.a.

ΔHT = 25.443 m.c.a

Entonces calculamos la potencia del sistema de bombeo.

$$\mathbf{HP} = \frac{0.017024\frac{m3}{seg} x\ 1000\frac{Kg}{m3}\ X\ 25.443\ m.c.a.}{76\ X\ 0.70\ x\ 0.80} = \mathbf{10.177}$$

HP= 10.00

5.1.8. RESULTADOS OBTENIDOS

Se presenta los resultados obtenidos después de realizar la evaluación de la Eficiencia de aplicación del agua del riego del Sistema de Fertirrigación, así como la evaluación del sistema del Diseño Agronómico e Hidráulico como también de las tuberías de conducción hasta la obtención de la potencia del sistema de bombeo, los resultados obtenidos son los siguientes:

5.1.8.1 Con respecto a la Eficiencia de Aplicación del Sistema de fertirrigación

Se realizaron dos pruebas, obteniéndose los siguientes coeficientes de uniformidad:

a.- Prueba N° 01 CV = 89.6%

b.- Prueba N° 02 CV = 89.3%

5.1.8.2 Con respecto al Diseño Agronómico

a.- volumen del riego por día y por planta para un máximo desarrollo del cultivo de palto = 79.44 Lit/día.

b.- Tiempo de riego por turno por día para cumplir el requerimiento hídrico del cultivo de Palto = 2.00 hora.

5.1.8.3 Con respecto al diseño hidráulico

a.- Perdida de carga por fricción en la Línea Lateral = 1.68 m.c.a.

b.- Perdida de carga por fricción en la Línea Múltiple en contra pendiente = 1.254 m.c.a.

c.- La pérdida de carga por fricción en la Unidad de riego = 2.954 m.c.a.

d.- Las pérdidas de carga por fricción en Tubería Principal = 2.509 m.c.a.

e.- La potencia del sistema de bombeo = 10.00 HP

5. 2. Discusión de Resultados

El Presente trabajo de Tesis "Evaluación del sistema de Fertirrigación del cultivo de Palto (Persea americana Mill) Variedad Hass en la zona Alta del Valle de Ica¨, se ha realizado en el fundo ¨Los Cactus¨ en la cual el cultivo muestra un buen desarrollo a pesar de que el suelo no es el más adecuado para el desarrollo del cultivo de palto por q es muy pedregoso, el cultivo tiene una edad aproximada de 3 años y ya empezó a dar las primeras producciones.

5. 2. 1. Análisis Físico Mecánico y Químico del Suelo

De acuerdo al análisis físico mecánico (cuadro N°1) nos encontramos con el suelo de textura Arena Franca, presentando características favorables para un normal crecimiento y desarrollo del cultivo de palto, pero se le deben realizar mejoras, para permitir un drenaje adecuado, una mejor aireación y mejorar su fertilidad física y química del suelo.

Según el análisis químico, la conductividad Eléctrica es normal, bajo en sales que no va a perjudicar el normal desarrollo del cultivo de palto, con un pH ligeramente alcalino, con un porcentaje bajo calcáreo, bajo en materia orgánica y por lo tanto bajo en Nitrógeno Total.

Su contenido en fosforo es medio y medio en potasio disponible, su capacidad de Intercambio catiónico es baja, con predominancia del ion calcio, sobre los demás cationes cambiables.

Por estas características se puede afirmar que el suelo es adecuado para el desarrollo del cultivo de palto, pero se deben realizar aplicaciones de materia orgánica y arcilla para incrementar su capacidad de Intercambio Catiónico y realizar una aplicación adecuada de fertilizantes al suelo.

5. 2. 2. Análisis Químico del Agua de Riego

En el manejo de los cultivos bajo el sistema de fertirrigación, el análisis químico se utiliza principalmente para determinar la cantidad de sales solubles que contiene y puedan causar daño por salinización en el cultivo.

En el presente análisis del agua de riego tiene una conductividad eléctrica baja y un pH moderadamente alcalino, por lo q no presentaría problemas por efecto de las sales al cultivo de palto

5. 2. 3. Evaluación del Coeficiente de Uniformidad

Los Coeficientes de Uniformidad obtenidos son muy buenos, lo que indica que el diseño del Sistema de Fertirrigación, ha sido el adecuado por lo q el, cultivo no sufrirá por falta del agua de riego en su máximo desarrollo.

5. 2. 4 Evaluación del Diseño Agronómico

Se han tomado en cuenta todos los parámetros necesarios tanto de suelos, agua, cultivo y condiciones climáticas para realizar un buen diseño agronómico para el cultivo de palto, siendo el volumen de agua obtenido para un máximo desarrollo del cultivo el más adecuado.

5. 2. 5. Evaluación del Diseño Hidráulico

Se ha realizado en función de la información obtenida de diseño agronómico y consiste en la Evaluación del Diseño de la Unidad de Riego que comprende el diseño de la Línea Lateral y la Línea Múltiple, así como el diseño de la Línea Principal hasta la obtención de la potencia del sistema de bombeo siendo los resultados de la evaluación los más adecuados, por lo q el sistema funciona muy bien.

CAPITULO VI

COMPROBACION DE HIPOTESIS

6.1. Contrastación de la hipótesis general

Mediante la evaluación del sistema de fertirrigación en el cultivo de palto si se está realizando un manejo eficiente del recurso hídrico para las condiciones para las condiciones de la Zona Alta del Valle de Ica.

6.2. Contrastación de la hipótesis especifica

Mediante la evaluación tanto agronómica como hidráulica del sistema de fertirrigación en el Cultivo de Palto se está realizando un manejo eficiente del recurso hídrico para las condiciones para las condiciones de la Zona Alta del Valle de Ica.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

En función de los resultados obtenidos se concluye en los siguiente:
1.- Con respecto al análisis Físico Mecánico y Químico del Suelo, este es adecuado para un buen desarrollo del cultivo de palto, pero realizando mejoras en su fertilidad física y química.

2.- Con respecto al análisis químico del agua de riego, esto no presenta problemas con respecto al contenido de sales solubles para un normal crecimiento y desarrollo del cultivo de Palto.

3.- Con respecto a la Eficiencia de Aplicación del sistema de fertirrigación los coeficientes obtenidos son muy bueno, por lo q el diseño ha sido el adecuado.

4.- Así mismo en el Diseño Agronómico, se han tomado en cuenta las características de suelo, agua, cultivo y condiciones climáticas de la zona, por lo que el diseño ha sido el correcto.

5.- De igual manera, en el Diseño Hidráulico, se han seguido todos los pasos necesarios para un buen diseño, tanto en la Unidad de riego que comprende el diseño de la Línea Lateral y la Línea Múltiple, así como el diseño de la Línea Principal y determinación del sistema de bombeo, por lo que se concluye que el diseño del sistema de Fertirrigación para el cultivo de Palto ha sido el adecuado.

CAPITULO VIII

RECOMENDACIONES

De la evaluación al sistema de fertirrigación del cultivo de palto en la zona alta de san José de los molinos se puede recomendar lo siguiente:

- Con respecto al suelo, se le deben aplicar regular cantidad de materia orgánica y arcilla para mejorar su fertilidad física y química.

- Las evaluaciones de la uniformidad de aplicación del agua de riego se deben realizar con regularidad para observar si hay una variación en el tiempo.

- Al personal que maneja el sistema de fertirrigación se le debe capacitar para que realicen un manejo adecuado.

- Este sistema de fertirrigación por micro tubos funciona muy bien cuando se utiliza en árboles frutales por lo que su instalación se puede hacer en todo tipo de árboles.

- Realizar evaluaciones en los demás sistemas de fertirrigación para determinar la eficiencia de aplicación del agua de riego y tratar de realizar mejoras.

- Con respecto al diseño de la unidad de riego se tiene una pérdida de carga en la línea lateral de 1.68 m. c. a y la perdida de carga en la línea múltiple es de 2.509 m. c. a y la potencia del sistema de bombeo calculada es de 10. 00 HP.

CAPITULO IX

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

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 Villacurí, informe de investigación, facultad de agronomía UNICA. 50 pag.

2. Boswell M. micro 1995. *Irrigación design Manual publicación de Hardie irrigation*, 220 pag.

3. Dorembos J. y Pruit W. Q. 1989. *Necesidades de agua para los cultivos.* Roma. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación.

4. De Paco J. 1992. *Fundamento de cálculo hidráulico en los sistemas de riego y de drenaje*, España mundi prensa.

5. Keller J. 1983 *Manual de diseño de sistemas de riegos por aspersión y goteo.* International irrigatión center, 410 pag.

6. Medina san juan J. 1995. *Riego por goteo* 2da. Edición, España mundi prensa.

7. Moya T. 1994. Riego localizado y Fertirrigación, 1era. Edición, España mundi prensa.

8. Pizarro F. 1980. *Riegos localizados de alta frecuencia,* 2da. Edición España prensa mundi.

9. Sociedad química y minerales de chile, Soquimic Comercial (SQC) 2002. *Libro azul*, Manual básico de fertirriego, 2da. Edición. Chile.

10. Veirmeren L. y Joblin B.A. 1980. Riego localizado, Roma, organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación.

11. F.A.O. "evapotranspiración del cultivo" 2006. Guias para la determinación de los requerimientos hídricos de agua de los cultivos. Roma 300 pag.

12. Ministerio de Agricultura (2011). *El cultivo de palto en el Perú. Lima - Perú*

13. Lovatt, C. J. 2010. *Alternate bearing of 'Hass' avocado.* California Avocado Society Year book .93, 125-140.

14. Martin, G. and Witney, G. 1995. *Avocado tree structuring*. In: Proceedings of The World Avocado Congress III Vol. 245, p250.

15. McCarty, C. D., Platt, R. G., and Lewis, L. N. 1962. *Pruning avocado trees*. Calif. Avoc. Soc. Yrbk, 46, 42-43.

16. Measham, P. F., Quentin, A. G., and Mac Nair, N. 2014. *Effects of Summer Pruning and Crop load on Summer and Winter Bud Carbohydrates in Sweet Cherry*. Journal of the American Society for Horticultural Science, 139(4), 478-486.

17. Menzel, C. M., and Le Lagadec, M. D. 2014. *Increasing the productivity of avocado orchards using high-density plantings:* A review. Scientia Horticulturae, 177, 21-36.

18. Wolstenholme, B. N., and Sheard, A. 2012. *Avocado tree vigour and size dictate orchard planting density*: a South African perspective.

Disponible en:

- https://www.researchgate.net/publication/262494704_AVOCADO_ TREE_VIGOUR_AND_SIZE_DICTATE_ORCHARD_PLANTING_ DENSITY_A_SOUTH_AFRICAN_PERSPECTIVE

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	POBLACIÓN Y MUESTRA
"Evaluación del Sistema de Fertirrigación del Cultivo de Palto (Persea americana Mill) Variedad Hass en la Zona Alta del Valle de Ica"	**Problema general** ¿Se podrá realizar un manejo eficiente del recurso hídrico mediante la conducción del Cultivo de Palto, mediante la evaluación del sistema de fertirrigación en el Cultivo de Palto en la Zona Alta del Valle de Ica?	**Objetivos generales** Realizar un manejo eficiente del recurso hídrico, considerando las condiciones de evapotranspiración para el cultivo de palto, en la Zona Alta del Valle de Ica; así como las características hidráulicas del sistema de fertirrigación. **Objetivos específicos** Realizar la evaluación tanto agronómica como hidráulica del sistema de fertirrigación en el cultivo de palto, para las condiciones de la Zona Alta del Valle de Ica.	**Hipótesis general** Mediante la evaluación del sistema de riego por goteo, instalado en el cultivo de palto, se podrá realizar un manejo eficiente del recurso hídrico para las condiciones de la Zona Alta del Valle de Ica. **Hipótesis especifica** Mediante la evaluación tanto agronómica como hidráulica del sistema de fertirrigación se podrá realizar un manejo eficiente del recurso hídrico para las condiciones de la Zona Alta del Valle de Ica.	**Variables independientes** Humedad relativa, hora del sol, velocidad del viento, temperatura media, Coeficiente del cultivo (kc). **Variables dependientes** Evapotranspiración del cultivo de palto.	**Población de estudio** La población de estudio, viene a estar constituida por el cultivo de palto de 02 años, instalados en las parcelas de 02 Has, con sistemas de fertirrigación, ubicado en la Zona Alta del Valle de Ica. **Población de la muestra de estudio** Para el presente trabajo de tesis se tomó como muestra representativa de la zona. El huerto presenta plantas de Palto VAR.: Hass, los frutales se encuentran separados a una distancia de 5.0 m por 3.0 m uno de otro, en un área de 02 Has. El sistema de riego empleado es fertirrigación; así mismo el cultivo se encuentra libre de plagas y enfermedades, como también libre de malezas.

CAPITULO X

ANEXOS