

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”

FACULTAD DE AGRONOMIA



**“Diseño de un sistema de fertirrigación en el cultivo de Tara
(*Caesalpinia spinoza*) en la Zona Alta del Valle de Ica”**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRONOMO

PRESENTADO POR:

**Shialer Figueroa Hugo Sebastian
Hernandez Castillo Jose Luis Eusebio**

ICA, PERÚ

2019

ÍNDICE

	PÁG.
RESUMEN	05
SUMMARY	06
INTRODUCCION	07
CAPITULO I: MARCO TEORICO	08
1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	08
1.1.1. Antecedentes a Nivel Internacional	08
1.1.2. Antecedentes a Nivel Nacional	08
1.1.3. Antecedentes nivel local	08
1.2. BASES TEORICAS DE LA INVESTIGACIÓN	09
1.2.1. Sobre el diseño agronómico de un sistema de riego	09
1.2.2. Calculo de las necesidades de agua	10
1.2.3. Determinación de la lamina de riego	11
1.2.4. Cálculo del uso consuntivo diario de un cultivo regado por goteo	12
1.2.5. La eficiencia de riego en gravedad	15
1.2.6. Taxonomía del cultivo de tara	16
1.2.7. Generalidades del cultivo de tara	16
1.3. MARCO CONCEPTUAL	31
1.3.1. Concepto de Evapotranspiración	31
1.3.2. Concepto de Evaporación	31
1.3.3. Concepto de Transpiración	31
1.3.4. Concepto de Fertirrigación	31
CAPITULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION	32
2.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	32
2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA PRINCIPAL Y ESPECIFICO	32
2.2.1. Problema general	31
2.2.2. Problema especifico	32
2.3. DELIMITACION DEL PROBLEMA	32

2.3.1. Delimitación espacial o geográfica	32
2.3.2. Delimitación Temporal	33
2.3.3. Delimitación Social	33
2.3.4. Delimitación conceptual	33
2.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	33
2.4.1. Justificación	33
2.4.2. Importancia	33
2.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	34
2.5.1. Objetivo General	34
2.5.2. Objetivo específico	34
2.6. HIPOTESIS DE INVESTIGACIÓN	34
2.6.1. Hipótesis general	34
2.6.2. Hipótesis específica	34
2.7. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	35
2.7.1. Identificación de las variables	35
2.7.2. Operacionalización de las variables	35
CAPITULO III: ESTRATEGIA METODOLOGICA (METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION)	36
3.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	36
3.2. POBLACION Y MUESTRA	36
CAPITULO IV: TECNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION	37
4.1. TECNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	37
4.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	37
4.3. VARIABLE A EVALUARSE	37
CAPITULO V: PRESENTACION, INTERPRETACION Y DISCUSION DE RESULTADOS	39
5.1. PRESENTACION E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS	39
5.1.1. Materiales utilizados en el diseño	39
5.1.2. Análisis de suelo	39

5.1.3. Análisis de Agua	42
5.1.4. Observaciones Meteorológicas	42
5.1.5. Diseño Agronómico del cultivo de Tara	43
5.2. DISCUSION DE RESULTADOS	50
CAPÍTULO VI: COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS	51
6.1. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL	51
6.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA	51
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES	52
CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES	53
CAPÍTULO IX: FUENTES DE INFORMACIÓN	54

RESUMEN

El presente trabajo de tesis "Diseño de un Sistema de Fertirrigación en el cultivo de Tara (*caesalpinia spinosa*) en la zona alta del valle de Ica" trata los diversos aspectos relacionados tanto al diseño agronómico como hidráulico para el cultivo de tara, teniendo en cuenta la relación suelo, agua, planta y condiciones climáticas de la zona del diseño, así como las características hidráulicas de los emisores de riego, líneas laterales y líneas múltiples hasta la determinación de la potencia del sistema de bombeo para el funcionamiento del sistema de fertirrigación para el cultivo de tara, mediante el procedimiento para realizar el diseño agronómico, se ha determinado que el consumo de agua para el cultivo de tara para un máximo desarrollo es de 45.9 litros por día y por planta, los cuales se regaran en un tiempo de 2.5 horas.

En relación al diseño hidráulico, que consiste en el diseño de la línea lateral, diseño de la línea múltiple, dimensionamiento de las líneas principales, hasta la determinación de la potencia del sistema de bombeo, para el funcionamiento del sistema de fertirrigación, que es de 7.00 HP.

Palabras clave:

- Diseño
- Sistema
- Fertirrigación
- Cultivo de Tara

SUMMARY

The present work of the thesis "Design and a Fertigation System in the cultivation of Tara (*caesalpinia spinosa*) in the upper area of the Ica Valley" deals with the various aspects related to both the agronomic and hydraulic design for the cultivation of tara, taking into account the relation soil, water, plant and climatic conditions of the area of the design, as well as the hydraulic characteristics of the emitters of irrigation, lateral lines and multiple lines until the determination of the power of the system of pumping for the operation of the system of fertirrigation for the cultivation of tara, by means of the procedure to carry out the agronomic design, it has been determined that the consumption of water for the cultivation of tare for a maximum development is 45.9 liters per day and per plant, which are irrigated in a time of 2.5 hours.

In relation to the hydraulic design, which consists of the design of the lateral line, design of the multiple line, dimensioning of the main lines, until the determination of the power of the pumping system, for the operation of the fertigation system, which is of 7.00 HP.

Keywords:

- Design
- System
- Fertirrigation
- Cultivation of Tara

INTRODUCCION

En toda la zona del valle de Ica, se siembra diferentes cultivos, tales como hortaliza y frutales cuyos productos tienen gran aceptación tanto en el mercado interno como en el externo por la gran producción que se obtiene y por la calidad de los productos obtenidos.

Uno de estos cultivos que últimamente está tomando mucha importancia entre los agricultores de la zona es el cultivo de la Tara, cuyo producto se utiliza en la medicina y en diversas actividades industriales y por la gran demanda que se presenta en el mercado nacional y el extranjero.

Pero, también en el factor que limita la producción de los cultivos es la falta de recurso hídrico que cada vez se hace más crítico en la zona del Valle de Ica, por la escasez de agua de avenida y poca recarga del acuífero, por lo que se hace necesario tomar todas las medidas necesarias para incrementar la eficiencia de uso del recurso hídrico, mediante la instalación de sistemas de fertirrigación y especialmente para el cultivo de Tara a instalarse en la Zona Alta del Valle de Ica.

El diseño del sistema de fertirrigación en el cultivo de Tara, permitirá a los agricultores a realizar un manejo adecuado del recurso hídrico y fertilizantes, además de incrementar la producción del cultivo de Tara, así como de su calidad en beneficio de los agricultores de la zona.

CAPITULO I

MARCO TEORICO

1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.1. Antecedentes a Nivel Internacional

No se ha encontrado antecedentes a nivel internacional sobre el diseño de sistemas de fertirrigación en el cultivo de Tara.

1.1.2. Antecedentes a Nivel Nacional

HUAMANI V. y HUACHIN C. (2015) – En su trabajo de Tesis trata los diversos aspectos relacionados al diseño tanto agronómico como hidráulico para el cultivo de vid teniendo en cuenta las condiciones de suelo, agua, planta y climáticas de la zona de villacuri.

Mediante el diseño agronómico se ha podido determinar el consumo de agua para el cultivo de vid para máxima demanda, tanto para la variedad Red Globe como Flame, equivalente a 46.38 lit/día/planta y con un tiempo de riego de 5.8 horas para la variedad Red Globe y 5.0 horas para la variedad Flame.

En relación al diseño hidráulico que consiste en el dimensionamiento de la líneas laterales, multiples, principales, hasta la determinación de la potencia del motor, siendo 20.00 HP para la variedad Flame.

1.1.3. Antecedentes nivel local

TASAYCO I. y HUARCAYA A. (2017) en su trabajo de Tesis, realizaron la metodología del diseño agronómico teniendo en cuenta las condiciones de suelo, agua, cultivo y climáticas de la zona del valle de Ica, resultando un consumo para un máximo desarrollo del cultivo de 842.8 litros por día y planta, la cual se repara en un tiempo máximo de 2.82 horas.

Así mismo en relación al diseño hidráulico que consiste en el dimensionamiento de la línea lateral, diseño de la línea multiple,

dimensionamiento de las líneas principales, hasta la potencia del sistema de bombeo, resultando una potencia de 6.00 HP.

1.2. BASES TEÓRICAS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Sobre el diseño agronomico de un sistema de riego (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 a excepción. Es la parte en la 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 del 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 mas dificultades presenta, tanto de tipo conceptual como de dificultad de cuantificar mediante formulas coeficientes, tables, 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 del agua.
2. Determinacion de la dosis, frecuencia y tiempo de riego, numero de emisores por planta y caudal del emisor. Keller J.1983.

1.2.2. Cálculo de las necesidades de agua Keller J.1983.

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

Evapotranspiración Actual (ETA): (según FAO 2006)

Es el uso potencial del agua por los cultivos agrícolas incluyendo la evaporación directa de la humedad del suelo y la transpiración de las plantas húmedas, este concepto es equivalente a la evapotranspiración del cultivo (ET_c), que viene a ser el producto de la evapotranspiración del Cultivo de Referencia (E_{to}) por el coeficiente del cultivo (K_c)

Evapotranspiración del Cultivo de Referencia (E_{to}): (según FAO 2006).

Es la cantidad de agua evaporada y transpirada por una cobertura de pequeñas plantas verdes (generalmente pasto), en estado activo de crecimiento y con un suministro continuo y adecuado de humedad, también se le denomina Evapotranspiración Potencial, esta se puede obtener mediante losímetros 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 de cultivo (Kc): F.A.O - 2006

Indica el grado de desarrollo del cultivo durante todo su periodo vegetativo.

1.2.3. Determinación de la lámina de riego, frecuencia, volumen de riego, número de emisores por planta, caudal del emisor y tiempo de riego. (Según Pizarro F. 1980).

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

Cálculo de la evapotranspiración de referencia (Eto):

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

Elección del coeficiente de cultivo (Kc):

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

Cálculo de la evapotranspiración actual (ETA):

Se calcula igual que en sistemas de riego por gravedad, en la cual:

$$ETA = ETo \cdot Kc$$

Efecto de la localización:

Se han propuesto 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:

$$\text{Efecto de localización} = PS/100 + 0.15 [1 - PS/100]$$

Donde:

PS= Porcentaje de sombreamiento de la planta en relación a su area de influencia para un máximo desarrollo del cultivo a instalar.

1.2.4. Cálculo del uso consuntivo diario de un cultivo regado por goteo (Según Keller J. 1983).

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

$$Uc = Ud [PS/100 + 0.15 [1 - PS/100]]$$

Donde:

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.

PS = Porcentaje de sombreamiento de la planta con relación a su area 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 area 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:

$$Dn = Uc.f$$

Donde:

Dn = Lamina de riego (mm/día)

Uc = Uso consuntivo diario (mm/día)

F = Frecuencia

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

$$dn = Uc$$

Cálculo 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.

$$RL = \frac{CEar}{2(MaxCEe)} \times 100$$

Donde:

RL = Requerimiento de lixiviación

(%) Cear = Conductividad eléctrica del agua de riego (ds/m)

Max CEe = Maxima conductividad eléctrica del extracto de saturación del Suelo para una producción = 0

Cálculo de la lámina bruta de riego: Keller J.1983

Viene a ser la lámina que considera la demanda del cultivo y las distintas perdidas y desperdicios del sistema.

1) Cuando $RL \leq 0.1$

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

Donde:

Rt = Relacion de transpiración, que representa el agua adicional que se tiene que aplicar aun durante el periodo de uso pico para compensar las perdidas inevitables por percolación profunda.

Dn = Lamina neta (mm/día)

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

Si hacemos $Rt = 1$ entonces tenemos

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

2) Cuando $RL > 0.1$

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

Cálculo de volumen bruto de riego: Keller J.1983

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

$$Vr = db \cdot Sp \cdot Sr$$

Donde:

Vr = Volumen de agua de riego (l/día)

Sp = Espandamiento entre líneas (m)

Sr = Espandamiento entre plantas (m)

Calculo del tiempo de riego: Keller J.1983

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

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

Donde:

Tr = Tiempo de riego (h/día)

Vr = Volumen de agua de riego (l/día)

E = Numero de goteo por planta (unid)

qa = Caudal del gotero (l/h)

CONCEPTOS

Relacion de transpiración (Rt) Keller J.1983

Es la lámina de agua de riego que se tiene que aplicar al area a fin de satisfacer exactamente la tranpiracion diaria dividida por la lámina de agua realmente traspirada (Td).

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

Coeficiente de Uniformidad (CU) Keller J.1983

A efectos de diseños 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 son exactamente iguales entre sí, a esta fracción se le llama coeficiente de uniformidad.

1.2.5. La eficiencia de riego en gravedad. INIPA - 1984

La mayoría de los sistemas de riego desperdician agua y los rios tienen mayor o menor pérdida de agua asociada a un costo de implementación de la infraestructura de riego.

Se sabe que el agua captada en un curso de agua, o del agua almacenada en un reservorio, solo se aprovecha la quinta parte y en los mejores casos la cuarta, situación que exige los mayores esfuerzos para mejorar la eficiencia de riego.

El manejo del agua de riego debe ser tan que asegure una alta producción sin pérdidas excesivas de agua y sin que cause problemas al terreno, como son la erosión que acarrea pérdidas de suelo y acumulación de sales en el perfil del suelo.

La eficiencia del riego, se halla su función de la eficiencia de conducción del agua y la eficiencia de la aplicación de la misma.

La eficiencia de riego en sistemas de riego por gravedad y según la textura del suelo son las siguientes:

TEXTURA DE SUELO	EFICIENCIA DE APLICACIÓN (%)
Ligera	45
Media	65
Pesada	60

INIPA - 1984

1.2.6. Taxonomía del cultivo de tara. Según el MINISTERIO DE

AGRICULTURA - 2009

Reino	: Plantae
Filo	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Fabales
Familia	: Caesalpiaceae
Genero	: Caesalpinia
Especie	: Spinosa

1.2.7. Generalidades del cultivo de tara

a) DESCRIPCIÓN

Es un árbol pequeño de 2 a 3 metros de altura, pudiendo alcanzar los 12 metros en la madurez. Presenta fuste corto, cilíndrico, tortuoso, provisto de corteza gris espinosa, con ramillas densamente pobladas; la copa es irregular, aparasolada y poco densa, con ramas ascendentes. Sus hojas son en forma de plumas, ovoides, color verde oscuro y mide 15 cm de largo. Sus flores son de color amarillo rojizo dispuestas en racimos de 8 a 15 cm de largo, hermafroditas, zigomorfos. Sus frutos son vainas explanadas e indehiscentes de color naranja de 8 a 10 cm de largo y 2cm de ancho, contienen de 4 a 7 granos de semilla redondeadas de 0.6 a 0.7 cm de diámetro borde.

b) ORIGEN

Es una planta originaria del Perú utilizada desde la época pre – hispánica en la medicina folklórica o popular y en los años recientes, como materia prima en el mercado mundial de hidrocoloides alimenticios.

Suelos silíceos y arcillosos, predominantes de la cuenca de Ayacucho.

El árbol de TARA es productivo a los 4 años y su producción se concentra en los departamentos de Ancash, Cajamarca, Huanuco, Ica, La Libertad y Lambayeque.

Temperatura entre 12 y 18°C, pudiendo aceptar hasta 20°C. En los valles interandinos la temperatura ideal es de 16 a 17°C. Precipitación de 400 a 600 mm al año. La TARA es una especie poco exigente en cuanto a calidad del suelo, aceptando los pedregosos, degradados y hasta lateríticos; desarrolla en forma óptima con porte arbóreo robusto en suelo franco y franco arenoso, ligeramente ácidos a medianamente alcalinos. Se encuentra desde los 800 a 3,000 msnm.

MINISTERIO DE AGRICULTURA - 2009

La TARA posee un inmenso potencial médico, alimenticio e industrial, siendo de gran utilidad para la producción de hidrocoloides o gomas, taninos y ácidos galico, entre otros.

Además, es utilizada en la protección de suelos, especialmente cuando no se dispone de agua de riego, a fin de dar buena protección a muchas tierras que hoy están en proceso de erosión y con fines comerciales. Se usa frecuentemente en asociación con cultivos como el maíz, papa, habas, alfalfa, sorgo o pastos.

No ejerce mucha competencia con los cultivos, por su raíz pivotante y profunda y por ser una especie fijadora de nitrógeno; así como tampoco por su copa, que no es muy densa y deja pasar la luz. Debido a su pequeño porte y a su sistema radicular profundo y denso, es preferida para barreras vivas, control de cárcavas y otras prácticas vinculadas a conservación de suelos en general, sobre todo en zonas áridas o semiáridas.

La TARA es un árbol nativo del Perú, distribuido en toda América Latina e introducida a países muy lejanos como Marruecos, India

y China, quienes han comenzado a aprovechar las ventajas económicas de esa valiosa especie.

En nuestro país se ha usado desde tiempos prehispánicos como especie tintorera y desde la época de la colonia se le empleó en el curtido de cueros. Hoy en día, también es muy requerida por sus propiedades curativas.

c) DISTRIBUCION Y HABITAT. Según MINISTERIO DE AGRICULTURA - 2009

Su hábitat abarca desde Venezuela hasta Bolivia. En el Perú, desarrolla en las lomas costeras y en los valles secos interandinos, entre 1,000 y 3,100 msnm.

La TARA está adaptada a climas tropicales, así como a diversos tipos de suelo que van desde arenosos hasta pedregosos, bien drenados y secos.

d) POTENCIAL. Según MINISTERIO DE AGRICULTURA - 2009

La TARA tiene un alto nivel potencial para la reforestación y para la producción industrial de tines, taninos, gomas y como insumo para las pinturas anticorrosivas.

Los taninos, que son compuestos orgánicos de origen vegetal, tienen gran aceptación en los mercados de exportación y ellos se obtienen de las vainas maduras pulverizadas. Los taninos se emplean como curtiente de cueros y han comenzado a reemplazar al cromo en la industria mundial de cueros.

La goma, que se encuentra en el endospermo o parte interna de las semillas, se utiliza para estabilizar y emulsionar alimentos.

La TARA es considerada una de las 17 oportunidades de negocios más importantes del país, en vista que producimos el 80% del total mundial.

Actualmente, el Perú es el principal exportador de TARA en el mundo, con aprox.6.400 toneladas equivalentes a US\$14 millones, durante el año 2004, donde esta actividad ha tenido un crecimiento del 34%.

e) **APROVECHAMIENTO. Según MINISTERIO DE AGRICULTURA - 2009**

MEDICINAL: Actua contra la amigdalitis al hacer gárgaras con la infusión de las vainas maduras y como cicatrizante cuando se lavan heridas con dicha infusión. Además, la TARA es utilizada contra la estomatitis, la gripe y la fiebre.

TINTE: las vainas de la TARA contienen una sustancia llamada tanino, la cual es utilizada para teñir de color negro. Las raíces pueden teñir de color azul oscuro.

CURTIENTE: Debido a su alto contenido de tanino, se la emplea en el curtido de cueros.

COSMETICO: El conocimiento de las hojas se utiliza para evitar la caída de cabello.

AGROFORESTERIA: La TARA es usada como cerco vivo y para el manejo de rebrotes.

PLAGUICIDA: El agua de la cocción de las vainas secas es efectivo contra pijo e insectos.

MORFOLOGIA

ALTURA: Este árbol puede alcanzar hasta 5 metros de alto.

TRONCO: El tronco posee una corteza leñosa de color marrón claro o gris oscuro.

RAMAS: De formas retorcidas y con espinas pequeñas de aprox. 4mm de largo.

HOJAS: Miden entre 8 y 12 cm de largo, son compuestas, alternas y están dispuestas en forma espiral, con 6 a 8 pares de folíolos opuestos.

FLORES: De color amarillo rojizo dispuestas en racimos de 8 a 20 cm de largo.

FRUTOS: En forma de vainas encorvadas que miden aprox. 10 cm de largo por 3cm de ancho, poseen un color naranja rojizo cuando están maduros. Contienen de 4 a 7 semillas ovoides, ligeramente aplanadas de color pardo oscuro o negruzco cuando están maduras.

MINISTERIO DE AGRICULTURA -2009

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

El cálculo hidráulico del sistema de riego por goteo comprende el desarrollo de las ecuaciones y procedimientos matemáticos que se utilizan para el diseño de cada una de las diferentes tuberías dentro del sistema.

Hidráulica de tuberías

Cálculo de la pérdida de carga por fricción: La ecuación de Hazem y Williams se usa normalmente para estimar las pérdidas por fricción en

laterales de aspersión y goteo, y de línea principales de diversos tipos de materias:

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

Donde:

Hf = Perdida de carga debida a fricción (m.c.a)

Q = Caudal en la tubería (l/seg)

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

D = Diametro interno de la tubería (mm)

L = Longitud de la tubería (m)

Valores típicos de C para uno en la ecuación de Hazem – Williams:

TUBERIA	C
Plastico	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 Hazemy williams fue desarrollada a partir de estudios de sistemas de distribución de agua usando tubos de diámetro mayor de 75 mm y decargas mayores a 3.2 Lt/seg.

Bajo estas condiciones de flujo el numero de Reynolds es mayor que 5×10^4 y la fórmula predice las perdidas de carga satisfactoriamente. Sin embargo, para tubos de diámetro pequeño y paredes lisas que se tuilizan en sistemas de riego por goteo, la formula Hazem y Williams con C = 150 subestima las perdidas de carga.

Una de las fórmulas mas exactas en el calculo de la perdida de carga continua que se produce cuando el agua fluye dentro de un conducto es la de Darcy Weisbach, que es la mas recomendada para las dimensiones de las diferentes tuberías (CO 150) que componen el sistema de riego por goteo.

$$hf = \frac{f \cdot L \cdot V^2}{D \cdot 2g}$$

Donde:

Hf = Perdida de carga por fricción

D = Factor de fricción

V = Velocidad de tubería (m)

L = Longitud de la tubería

D = Diametro de la tubería (m)

G = Aceleracion de la gravedad (9.81/seg²)

El factor de fricción **f**, debe determinarse de tal manera que la ecuación anterior cuantifique la perdida de energía; por consiguiente **f** no puede ser una constante, sino que depende de una serie de parámetro, como la velocidad **V**, el diámetro **D**, densidad **p**, viscosidad **μ**, y de ciertas características de la rugosidad de la pared de la tubería.

El facto de fricción **f**, para flujo laminar en tubos lisos esta dado por la ecuación:

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

Ry < 2000

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

Donde:

Ry= Número de Reynolds

Y para flujo turbulento, donde Ry ≥ 2000

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

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

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

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

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

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

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 125 mm (5 pulgadas) la ecuación se convierte en:

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

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

Pérdida de carga por fricción en tuberías con salidas múltiples:

(De acuerdo con Keller J.1983). El flujo de agua a través de una tubería de un diámetro determinado causa más fricción que el flujo a través de una tubería con número de salidas igualmente espaciadas. La razón para esta reducción en pérdida por fricción es que el volumen de flujo decrece cada vez que pasa frente a una salida.

El método desarrollado por Christiansen para el cómputo de las pérdidas de presión en tubería con salidas múltiples es el más utilizado. Primero se calculan las pérdidas por fricción en las líneas sin 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:

$$hf = 9.58 \times 10^7 \frac{(Q)^{1.75}}{D^{4.75}} L/100 F$$

Diametro < 125 mm

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

Diametro > 125 mm

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

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

Donde:

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

Y:

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

N = Numero de salidas en la línea.

GOTEROS. Según 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 a 20 m.c.a.
- Debe tener una sección hidráulica adecuada para evitar obstrucciones por lo que su fabricación debe ser precisa.
- Debe de ser económico y compacto (liviano)
- Resistente a la contaminación química y ambiental.
- Reducida pérdida de carga en el sistema de conexión.

Hidráulica de goteros Según Pizarro F. 1980

En el método de riego por goteo el agua es 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.

COEFICIENTE DE VARIACION DE FABRICACION. 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, K_d . 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 medida.

El coeficiente de variación de fabricación del gotero, 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 calcularse por la siguiente ecuación:

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

Donde:

- CV = coeficiente de variación de fabricación del gotero
- Q1, q2, qn = Caudal individual de goteros
- n = Numero de goteros
- q = Descarga promedio de los emisores muestreados
- O = Desviación estándar de las descargas de la muestra

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

1. Practicamente todos los caudales observados están comprendidos en $(1 \pm 3 CV)q$
2. Aproximadamente el 95% de los caudales observados están comprendidos en $(1 \pm 2 CV)q$
3. El promedio del 25% de los valores mas bajos de caudales es aproximadamente igual a $(1 + 1.27 CV)q$
4. Alrededor del 68% de las descargas están comprendidas en $(1 \pm CV)q$

De esta manera para un emisor con CV = 0.06 y q = 3.78 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 mas bajos estarán alrededor de 3.48 Lt/hr.

Los goteros pueden clasificarse de acuerdo a la siguiente guía:

Excelente-----CV < 0.05

Medio-----0.05 < CV < 0.07

Marginal-----0.07<CV<0.01
Inaceptable-----CV> 0.15

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

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

Donde:

CVS = coeficiente de variación de fabricación del sistema.

E = número de emisores por planta.

En estos casos, la variación de caudal para cada emisor alrededor de la planta es prácticamente compensada por otro distinto.

En cultivos en 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.

Sensibilidad a las obturaciones Según Pizarro F. 1980

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

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

Muy sensibles a las obturaciones-----d≤0.7 mm

Sensible-----0.7 mm≤d≤1.5 mm

Poco sensibles-----d>1.5mm

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

Tipos de goteros Según Pizarro F. 1980

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

Existen una cierta variedad de estos goteros, pudiendo clasificarse:

- **Emisores de largo recorrido:** En estos emisores la mayor pérdida de carga ocurre en una suave y larga tubería de pequeño diámetro. El flujo en esta sección es laminar, siendo sensible a las diferencias de presión en el sistema. Las tuberías tienen diámetros de 0.6 a 2 mm, siendo su CV entre 0.02y 0.05.
- **Emisores de laberinto:** Estos emisores de laberinto están formados por largos conductos tortuosos, en los caudales la perdida de carga debido a la combinacion de fricción, secciones agudas, contracciones y expansiones, consiguiendose menores valores de X normalmente 0.5.
- **Emisores 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 obturaciones.

La descarga del emisor responde a la ecuación:

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

Donde:

c = Coeficiente que depende de las características de la boquilla, varia entre 0.6 a 1.0

a = Sección transceral del flujo.

- **Emisores tipo vórtice:** Estos emisores tienen una cámara circular que produce el flujo vertical. La entrada del agua tangente a la pared circular interna de la cámara causa una rápida rotación de agua, formándose un vórtice en el centro de la cámara. La ecuación de descarga es la siguiente:

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

El coeficiente c, toma un valor de aproximadamente 0.4

- **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 presión, disminuyendo la sección de paso del agua y limitando así el caudal lo cual también puede dar lugar a ser muy sensible a las obstrucciones.

La ecuación de descarga tiene la siguiente fórmula

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

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

SOBRE EL DISEÑO DE LATERALES. Según Pizarro F. 1980

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 20 mm)

El diseño de las tuberías laterales comprende la determinación del caudal, la presión de entrada, longitud y las diferencias de presión que ocurre 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 espacio entre el múltiple (S_m) 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 equilibrar la presión de entrada y la pérdida de carga por fricción en la línea lateral.

1.3. MARCO CONCEPTUAL

1.3.1. Concepto de Evapotranspiración: (Según FAO 2006).

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

1.3.2. Concepto de Evaporación: (Según FAO 2006).

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: (Según FAO 2006).

La Transpiración consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y su posterior remoción hacia la atmósfera, los cultivos pierden agua predominantemente a través de los estomas. Estos son pequeñas aberturas en la hoja de la planta a través de las cuales atraviesan los gases y el vapor de agua de la planta hacia la atmósfera.

1.3.4. Concepto de Fertirrigación: (Según FAO 2006).

Técnica que permite aplicar agua conjuntamente con los fertilizantes a los cultivos.

CAPITULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

En la zona del valle de Ica el recurso hídrico se hace cada vez mas 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 Tara, por ser un cultivo que últimamente esta adquiriendo mucha importancia entre los agricultores de la zona del Valle de Ica.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA PRINCIPAL Y ESPECÍFICO

2.2.1. Problema general

¿Se podrá realizar un manejo eficiente del recurso hídrico mediante el diseño de sistemas de fertirrigación en los cultivos en la zona alta del valle de Ica?

2.2.2. Problema específico

¿Se podrá realizar un manejo eficiente del recurso hídrico en el cultivo de Tara mediante el diseño de un sistema de fertirrigación del cultivo de Tara 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 llevo a cabo en el predio denominado "LOS CACTUS" ubicado en el distrito de San Jose de los Molinos perteneciente a la zona alta del valle de Ica.

2.3.2. Delimitación Temporal

El presente trabajo de investigación se desarrollo a lo largo de un año en la cual se obtuvieron informacion del suelo, agua, cultivo y condiciones climáticas importantes en la zona Alta del valle de Ica.

2.3.3. Delimitacóon Social

Comprende a lospequeños agricultores, asociación de agricultores y empresas agrícolas pertenecientes a la zona alta del valle de Ica; cuyas actividades estén orientadas a conocer la conducción del cultivo de Tara, asi como la mejor eficiencia de uso y aprovechamiento del recurso hídrico en el desarrollo de este cultivo.

2.3.4. Delimitación conceptual

Para el presente trabajo de tesis se hizo uso, de los valores obtenidos de las variables meteorológicas de mayor importancia, para la zona media del valle de Ica; así tambien, se tomo en consideración los valores del coeficiente del cultivo (K_c) del cultivo de Tara, asi como de los análisis de suelos y aguas, y las variables meteorológicas de la Zona Alta del Valle de Ica, para realizar el sistema de fertirrigación.

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 mas escaso, por lo que se hace necesario realizar investigaciones que ayuden a mejorar la eficiencia de uso del recurso hídrico en todos los cultivos instalados en la zona media del valle de Ica, especialmente en el cultivo de Tara.

2.4.2. Importancia

La importancia del presente trabajo de tesis radica en que se va a poner a disposición de los agricultores de la zona, una metodología

que le permita diseñar sistemas de fertirrigación en la zona Alta del valle de Ica, especialmente en el cultivo de Tara, como una manera de incrementar la eficiencia en el uso del recurso hídrico que se aplicara en el cultivo de Tara.

2.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.5.1. Objetivo General

Realizar un manejo eficiente de los fertilizantes y del recurso hídrico, mediante el diseño de sistemas de fertirrigación para la zona alta del valle de Ica.

2.5.2. Objetivo específico

Diseñar un sistema de fertirrigación bajo las condiciones climáticas de la zona alta del Valle de Ica, así como las características de suelo, agua y características del cultivo de Tara.

2.6. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

2.6.1. Hipótesis general

Con los cálculos de los valores de la evapotranspiración del cultivo de referencia (E_{to}) y del coeficiente del cultivo de Tara (K_c) así como las características de suelos, agua y cultivo de Tara, se realizará un manejo eficiente del recurso hídrico para las condiciones de la zona Alta del Valle de Ica.

2.6.2. Hipótesis específica

Con los valores de las variables meteorológicas coeficiente del cultivo (k_c) de Tara y las características de suelo y agua se realizará el diseño de un sistema de fertirrigación para el cultivo de Tara. Con el diseño de la fertirrigación se realizará un buen manejo de los fertilizantes lo que mejorará la producción y calidad del producto.

2.7. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

2.7.1. Identificación de las variables

a) Variables Independientes

- Humedad
- Agua
- Horas de sol
- Velocidad del viento
- Temperatura media
- Coeficiente del cultivo (kc)
- Análisis de agua

b. Variables dependientes

- Mejor uso de los fertilizantes.

Indicadores

- Ahorro en fertilizantes
- Mejor producción.

2.7.2. Operacionalización de las variables

Cuadro N°5
Variables e indicadores empleados en la determinación de la evapotranspiración del cultivo

VARIABLES	INDICADORES	VALOR
1. VARIABLES DE INTERES Evapotranspiración del cultivo de Tara en la zona media del valle de Ica.	<ul style="list-style-type: none">- Heliografo- Anemógrafo- Termómetro- Higrómetro	<ul style="list-style-type: none">- Horas de sol- m/seg- °C- %
2. SALINIDAD DE AGUA DE RIEGO	<ul style="list-style-type: none">- conductometro	<ul style="list-style-type: none">- CE
3. PH DEL AGUA DE RIEGO	<ul style="list-style-type: none">- Potenciometro	<ul style="list-style-type: none">- Escala 1 - 14

CAPITULO III

ESTRATEGIA METODOLOGICA (METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION)

3.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1 Tipo de investigación

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

3.1.2 Nivel de investigación

El nivel de investigación es aplicativo.

3.1.3 Diseño de la investigación

El presente trabajo de investigación es de un diseño experimental longitudinal de tendencia, por lo que evalua mas, las variables meteorológicas y el coeficiente de desarrollo del cultivo de Tara, asi como las características de agua y suelo, para el diseño de un 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 tara a instalarse en la zona de estudio, una vez instalado el sistema de fertirrigación.

3.2.2. Muestra de estudio

La muestra de estudio lo constituyen cada una de las plantas del cultivo de Tara, que se instalara en terrenos de cultivo de la zona Alta del Valle de Ica, que se va a instalar a un espaciamiento de 5 m entre líneas y 5 m entre plantas haciendo un total de 667 plantas por Ha.

CAPITULO IV

TECNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

4.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

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

Las variables que se tomaron en consideración fueron:

- Humedad relativa media
- Horas de sol
- Velocidad del viento
- Temperatura media

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

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

4.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Heliofonógrafo.- Instrumento que mide y registra las horas de sol diarias
- Anemógrafo.- Instrumento que registra la velocidad y dirección del viento.
- Termómetro.- Instrumento que mide la temperatura.
- Higrómetro.- Instrumento que mide la humedad relativa del aire.
- Conductómetro.- Instrumento que mide la conductividad eléctrica.
- Potenciometro.- Instrumento que mide el pH del suelo.

4.3. VARIABLE A EVALUARSE

- Humedad relativa media.
- Horas de sol
- Velocidad del viento
- Temperatura media
- Coeficiente del cultivo (KASE)
- Salinidad del suelo
- Salinidad del agua de riego

CAPITULO V

PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1.1. Materiales utilizados en el diseño

Para el presente diseño del sistema de fertirrigación en el cultivo de tara se utilizaron los siguientes, materiales:

- Plano a escala 1:1000
- Análisis químico del suelo
- Análisis químico del agua deiego
- Escalimetro
- Wincha de 50.00 metros
- Computadora personal
- Material de escritorio
- Características hidráulicas del material y equipo de riego
- Información de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETO)

5.1.2. Análisis de suelo:

Se extrajeron 05 submuestras de 0 – 30 cms de profundidad de zonas representativas del area de cultivo y se formo una muestra uniforme, homogénea y representativa de 1.0 kg, aproximadamente, la cual fue enviada al laboratorio de análisis de suelos, agua y plantas de la facultad de agronomía, para su análisis respectivo.

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

Cuadro N° 01
Análisis Físico mecánico del suelo 2017

DETERMINACIONES	PROFUNDIDAD DEL SUELO	METODO EMPLEADO
ARENA (%)	76.15	Hidrometro
LIMO (%)	18.20	Hidrometro
ARCILLA (%)	5.65	Hidrometro
TEXTURA (%)	Arena Franca	Triangulo de Texturas

Cuadro N° 02
ANALISIS QUÍMICO DEL SUELO 2017

DETERMINACION	NIVEL 0.00 – 0.30	METODO USADO	INTERPRETACION
NITROGENO (%)	0.030	Micro kjeldual	Bajo
Fosforo disponible(ppm)	8.2	Olsen Modificado	Medio
Potasio disponible (kg/ha)	5.58	Peach	Medio
Materia organica (%)	0.455	Wal Kley y Black	Bajo
Calcareo Total (%)	0.62	Gasó Volumetrico	Bajo
C.E (ds/m) pH	0.90	Conductómetro	Normal
pH	7.85	Potenciómetro	Ligeramente Alcalino
Cationes Cambiables	6.75	Acetato de Amonio	Bajo
Ca++ (meq/100gr)	5.65	E.D.T.A	Bajo
Mg++(meq/100gr)	0.80	E.D.T.A	bAJO
K+ (meq/100gr)	0.20	Fotómetro de llama	Bajo
Na+ (meq/100gr)	0.10	Fotómetro de llama	Bajo

5.1.3. Análisis de Agua:

Con la finalidad de conocer el contenido de sales solubles y el pH del agua de riego se tomo una muestra de 1.00 litro de agua de riego, que ingresaba a la poza de almacenamiento, la cual fue enviada al laboratorio de análisis de suelos, aguas y plantas de la facultad de agronomía para su análisis respectivo.

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

Análisis Químico del Agua de Riego 2017

DETERMINACION	RESULTADO	METODO USADO	INTERRETACION
pH	7.25	Potenciómetro	Ligeramente alcalino
C.E (ds/m)	0.33	Conductómetro	Baja Salinidad

5.1.4. Observaciones Meteorológicas

A continuación presentamos las variables meteorológicas de la zona de diseño del sistema de fertirrigación para el cultivo de tara, de la estación M.A.P “San Camilo”

**Cuadro N°4
Observaciones Meteorológicas – año 2017**

VARIABLES METEOROLOGICAS

MESES	TEMPERATURA MEDIA °C	HORAS DE SOL	HUMEDAD RELATIVA
ENERO	26.1	5.03	63.4
FEBRERO	27.1	6.17	59.0
MARZO	26.9	4.86	58.3
ABRIL	24.7	6.63	64.9
MAYO	22.4	7.08	70.7
JUNIO	19.4	6.08	73.5
JULIO	18.3	6.52	74.0
AGOSTO	18.4	7.07	73.5
SETIEMBRE	20.0	8.29	69.5
OCTUBRE	22.4	9.48	65.4
NOVIEMBRE	21.4	8.31	65.0
DICIEMBRE	22.9	8.35	66.0

5.1.5. Diseño Agronómico del cultivo de Tara

DATOS:

- Cultivo: Tara
- Espaciamiento: Entre líneas 5.00m
Entre plantas 3.00m
- Número de plantas por hectáreas: 667
- Diámetro del cultivo para un máximo desarrollo: 3.00m
- Coeficiente del cultivo (kc) : 1.00
- Evapotranspiración del cultivo referencia (ETO) : 5.00mm/día
- Conductividad eléctrica del extracto de saturación para una producción: 14ds/m
- Conductividad eléctrica del agua de riego: 0.33 ds/m
- Coeficiente de uniformidad del sistema de riego: 90%
- Ecuación del gotero : $qa=0.44 ha^{0.54}$
 $qa=L/h$
 $ha=m.c.a$
- Presión de funcionamiento del gotero (ha): 10.00m.c.a
- Caudal medio del gotero (qa): 1.525L/m
- Líneas laterales por línea de cultivo: 2.00
- Espaciamiento entre goteros: 0.50m
- Coeficiente de variación de fabricación de emisores: 0.013
- Diámetro interno línea lateral: 17mm
- Caudal del gotero (qa) = 1.525 L/h
- Diámetro interno de la línea lateral (D.l) = 17mm
- Presión de funcionamiento emisor (ha) = 10.00 m.c.a
- Pendiente del terreno (S) = 0%
- Número de líneas laterales por línea de plantas = 2.00
- Determinación del gradiente de pérdida de carga por fricción:

$$J' = 7.89 \times 10^7 \frac{Q^{1.75}}{D^{7.5}} \left(\frac{S_e + f_e}{S_e} \right)$$

$$J' = 7.89 \times 10^7 \frac{(0.042)^{1.75}}{(17)^{4.75}} \left(\frac{0.50 + 0.15}{S_e} \right)$$

$$J' = 0.572 \text{ m.c.a./100m lateral}$$

- Cálculo de la pérdida de carga por fricción en la línea lateral

$$hf = J' \frac{L}{100} F$$

$$hf = 0.572 \text{ m.c.a} \times 10^7 \frac{50}{100} \times 0.36 = 0.102$$

- Cálculo de la presión de entrada en la línea lateral $h_m = h_a + \frac{3}{4} hf$
 $hf = 10.00 + 0.71(0.102) = 10.077 \text{ m.c.a}$, condición para aceptar el diseño de la línea lateral:

Como la pendiente en la dirección de la línea lateral es aproximadamente=0

$$hf \leq \frac{1}{2} \Delta HS$$

$$0.102 < 2.12 \text{ m.c.a}$$

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

Diseño de línea lateral

- En el presente trabajo de tesis, se tiene la línea lateral en pendiente (S) = 0, por lo que los datos necesarios para un buen diseño son:
 - ✓ Tolerancia de variación de presión en la línea lateral $(\frac{1}{2} \Delta HS) = 2.12 \text{ m.c.a}$.
- Longitud de la línea lateral (L) = 50.00 m
- Espaciamiento entre goteros (Se) = 0.50 m
- Pérdida de carga equivalente (Fe) = 0.15
- Caudal del gotero (qa) = 1.525 L/H
- Diámetro interno de la línea lateral (D.I.) = 17 mm
- Presión fundionamiento emisor (na) = 10.000 m.c.a.
- Pendiente de Terreno (S) = 0%
- Número de líneas laterales por línea de plantas = 2.00

- Determinacion del gradiente de perdida de carga por friccion:

$$J' = 7.89 \times 10^7 \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \left(\frac{Se + fe}{Se} \right)$$

$$J' = 7.89 \times 10^7 \frac{(0.042)^{1.75}}{(17)^{4.75}} \left(\frac{0.50 + 0.15}{0.50} \right)$$

$$J' = 0.572 \text{ m. c. a./100 m lateral}$$

Calculo de la perdida de carga por friccion en la línea lateral

$$hf = J' L / 100 F$$

$$hf = 0.572 \text{ m. c. a.} \times 50 / 100 \times 0.36 = 0.102 \text{ m. c. a.}$$

- Calculo de la presión de entrada en la línea lateral

$$hm = na + \frac{3}{4} nf = 10 + 0.75 (0.102) = 10.77 \text{ m.c.a.}$$

- Condicion para el diseño de la línea lateral:

Como la pendiente en la dirección de la línea lateral es aproximadamente = 0

$$hf \leq \frac{1}{2} \Delta HS$$

$$0.102 < 2.12 \text{ m. c. a.}$$

Por lo que el diseño de la linea lateral es el adecuado.

- Diseño Hidraulico de la línea multiple.

En el presente diseño de la unidad de Riego se tienen 2 lineas multiples:

- a) Línea Multiple a favor de la pendiente
- b) Línea Multiple en contra de la pendiente.

Por lo que tienen que realizar el diseño de la línea multiple para las 2 situaciones.

- a. Diseño de la línea multiple a favor de la pendiente.

Datos:

Longitud (L)=60.00 mm

Diametro Interno (D.I.) = 56.4 mm

Caudal = 2.02 L/S

Pendiente a favor de la línea multiple = 2.0%

- Calculo del gradiente de perdida de carga por friccion.

$$I = 7.89 \times 10^7 \frac{(2.02)^{1.75}}{(56.4)^{4.75}} = 1.30 \text{ m. c. a.}$$

- Calculo de la perdida de carga por friccion

$$nf = J L/100 F$$

$$nf = 1.30 \times 60/100 \times 0.37 = 0.289 \text{ m. c. a.}$$

- Determinacion de la presión de entrada en la línea multiple

$$Hm = hm + 3/4 nf - \frac{1}{2} \Delta EI$$

$$Hm = 10.077 \text{ m. c. a.} + 0.75 (0.289) - \frac{1}{2} (1.20)$$

$$Hm = 9.70 \text{ m. c. a.}$$

- Calculo de la presión de la línea multiple

$$Hu = Hm + nf - \Delta EI$$

$$Hu = 9.70 - 0.289 + 1.20 = 10.61 \text{ m. c. a.}$$

- Condicion para aceptar el diseño de la línea multiple a favor de la pendiente

$$Hu = Hm \leq \frac{1}{2} \Delta EI$$

$$10.61 - 9.70 < 2.12 \text{ m. c. a.}$$

$$0.91 < 2.12$$

Por lo tanto, se acepta el diseño de la línea múltiple en la dirección de la pendiente del terreno.

b. Cálculo de la línea Múltiple en contra de la pendiente del terreno (S) = 2%

- Cálculo de la gradiente de Pérdida de carga por fricción.

$$J = 7.89 \times 10^7 \frac{(2.02)^{1.75}}{(56.4)^{4.75}} = 1.30 \text{ m. c. a.}$$

- Cálculo de la pérdida de carga por fricción

$$nf = J L/100 F$$

$$nf = 1.30 \times 60/100 \times 0.37 = 0.289 \text{ m. c. a.}$$

- Determinación de la presión de entrada en la línea múltiple

$$Hm = hm + 3/4 nf - \frac{1}{2} \Delta EI$$

$$Hm = 10.077 \text{ m. c. a.} + 0.75 (0.289) + \frac{1}{2} (1.20)$$

$$Hm = 10.893 \text{ m. c. a.}$$

- Determinación de la presión mínimo en la línea múltiple

$$Hn = Hm - nf - \Delta EI$$

$$Hn = 10.893 - 0.289 - 1.20 = 9.404 \text{ m. c. a.}$$

Que tiene que pasar la siguiente condición para aceptar el diseño de la línea múltiple

$$Hm - Hn \leq \Delta HS$$

$$10.893 - 9.404 \leq 2.12 \text{ m. c. a.}$$

$$1.49 \leq 2.12 \text{ m.c.a.}$$

- Por tanto, se acepta el diseño de la línea múltiple en contra de la pendiente del terreno.

Diseño Hidráulico de la tubería principal

En esta parte del diseño se tiene que obtener los diámetros adecuados a la tubería principal, Manteniendo la velocidad del agua en un rango aproximado de 1.5 m/seg

1. Calcula de la pérdida de carga por fricción en el primer tramo

$$I = 7.89 \times 10^7 \frac{(4.02)^{1.75}}{(108.4)^{4.75}} = 350/100 = 0.685 \text{ m.c.a.}$$

2. Chequeo de la velocidad del agua en la tubería

$$Q = \Delta V$$

$$V = \frac{Q}{\Delta} = \frac{0.00404 \text{ m}^3/\text{seg}}{0.7854 (0.1084)^2} = 0.43 \text{ m/seg}$$

3. Calculo de la pérdida de carga por fricción tramo z

$$hf = 7.89 \times 10^7 \frac{(8.08)^{1.75}}{(108.4)^{4.75}} = 200/100 = 1.317 \text{ m.c.a.}$$

4. Chequeo de la velocidad del agua en la tubería

$$V = \frac{Q}{\Delta} = \frac{0.00808 \text{ m}^3/\text{seg}}{0.7854 (0.1084)^2} = 0.88 \text{ m/seg}$$

5. Determinacion de la carga dinámica total para el calculo del sistema de bombeo.

Componentes:

- a) Presion de entrada en la línea multiple = 10.893 m.c.a.
- b) Perdida de carga en la tubería principal = 2.002 m.c.a.
- c) Perdidad de carga en el cabezal de riego = 10.00 m.c.a.
- d) Perdida de carga en la válvula de central = 2.00 m.c.a
- e) Perdida de carga local (20%) perdida de carga en la tubería principal = 0.40 m.c.a.
- f) Carga debido a la pendiente del terreno = 11.00 m.c.a.
- g) Carga Dinamica total (AHT) = 36.295

6. Calculo de la potencia del sistema de bombeo

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

Donde:

HP = Potencia en caballos

ΔHT = Carga Dinamica Total m. c. a

Q = caudal m³/seg

δ = peso especifico del agua 1000 kg/m³

n = eficiencia bomba (70%)

m = eficiencia motor (90% motorelectrico)

$$HP = \frac{36.295 \times 0.00808 \times 1.000 \text{ kg/m}^3}{76 \times 0.70 \times 0.90}$$

$$HP = 7.00 \text{ HP}$$

La potencia a considerarse para el funcionamiento del sistema de fertirrigacion es de 7.00 HP.

5.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1. Como puede esperarse del análisis de suelo este es de textura arena franca, adecuada para el desarrollo del cultivo de tara, pero aplicando enmiendas puesto que es muy pedregoso, además es bajo en materia orgánica y nitrógeno total, además es medio en su contenido disponible de fósforo y potasio, siendo su salinidad igual a 0.90 dS/m, una salinidad normal que no causaría ningún efecto negativo al desarrollo del cultivo de tara, con respecto a su pH que es ligeramente alcalino con un valor de 7.85, no tendría efecto negativo en la asimilación de los fertilizantes al suelo, su fertilidad química es de una C.I.C. igual al 6.75 considerada baja, por lo que se debe aplicar fertilizantes químicos, acompañados de materia orgánica y arcilla bentonita lo que mejoraría las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.
2. Con respecto al agua de riego que tiene un pH de 7.25, este no afectaría demasiado la asimilación de los fertilizantes por el cultivo, así como la conductividad eléctrica del agua de riego de 0.33 dS/m, no afectaría el desarrollo del cultivo de tara ni se producirían acumulaciones de sales en el suelo.
3. Con respecto a las variables meteorológicas de la zona alta del valle de Ica, estas son las más adecuadas para el desarrollo del cultivo de tara, variando la temperatura media de 18.3°C en el mes de julio hasta 27.1°C en el mes de febrero, así como las horas de sol, necesarias para el buen desarrollo del cultivo de tara tienen una variación de 4.86 horas en el mes de marzo hasta 9.48 horas en el mes de octubre, la humedad relativa también fluctúa entre 38.3 en el mes de marzo hasta 74 en el mes de julio.
4. Con respecto al diseño agronómico, este es el método más adecuado para realizar el cálculo de las necesidades de agua del cultivo de tara, pues se ha tomado en cuenta el efecto de la relación, suelo agua planta y las condiciones climáticas de la zona alta del valle de Ica, obteniéndose un volumen de agua para un máximo desarrollo del cultivo de 45.9 litros por día y por planta las que se regaran en un tiempo de 2.5 hora.

CAPÍTULO VI

COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

6.1. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL

Con la información de las variables meteorológicas imperantes en la zona alta del Valle de Ica, el coeficiente del cultivo (K_c) de tara, condiciones de suelo agua y cultivo, se permitirá realizar un manejo eficiente del recurso hídrico, mediante el diseño de sistema de fertirrigación.

6.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Mediante la información de las variables meteorológicas, coeficiente del cultivo (K_c) de Tara, características del suelo y del agua de riego y de las características hidráulicas del equipo de riego, se ha diseñado el sistema de fertirrigación en el cultivo de tara para las condiciones de la zona alta del valle de Ica.

Con relación al diseño hidráulico se puede afirmar que la meteorología utilizada ha sido la adecuada puesto que se utiliza la información del diseño agrodinámico y las características hidráulicas de los emisores y material de riego para realizar el diseño de la unidad de riego que comprende el diseño hidráulico de la línea lateral y el diseño hidráulico de la línea múltiple, además del diseño de la línea principal hasta la potencia del sistema de bombeo que es de 7.00HP para el funcionamiento del sistema de fertirrigación para el cultivo de tara.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el presente trabajo de tesis se concluye en lo siguiente:

1. Que para el desarrollo del presente trabajo de tesis se han tomado en cuenta todos los parámetros que son necesarios para un buen diseño de sistema de un sistema de fertirrigación para los diferentes cultivos, especialmente para el cultivo de tara.
2. En relación al recurso suelo cuya textura es arena franca, con un pH=7.85 que no causaría problemas a la asimilación de los nutrientes por el cultivo de tara, así como una salinidad de 0.90 dS/m que no causando problemas al desarrollo del cultivo de tara, ni acumulaciones de sales en el suelo, con respecto a su fertilidad química esta es baja de un valor de la capacidad de intercambio catiónico igual a 6.75 meq/100gr, pero se tendría que aplicar materia orgánica y arcilla bentonita para mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas.
3. Lo mismo sucede con el agua de riego que tiene un pH = 7.25 Y una conductividad eléctrica de 0.33 dS/m, no presentando restricción alguna para el buen desarrollo del cultivo de tara.
4. En relación al diseño agronómico realizado para el cultivo de tara, se ha realizado tomando en cuenta la relación suelo-agua-planta de tara, además de la condiciones climáticas de la zona, lo que lo permite concluir que esta es la manera más adecuada para el cálculo de las necesidades hídricas del cultivo de tara, siendo el volumen de riego para un máximo desarrollo del cultivo 45.9 litros por un día y por planta.
5. Con respecto al diseño hidráulico, este se ha teniendo en cuenta la información del diseño agronómico y teniendo en cuenta las características hidráulicas de los emisores, así como las características de las líneas laterales y de las líneas múltiples y principales, obteniéndose una potencia del sistema de fertirrigación en el cultivo de tara.

CAPÍTULO VIII

RECOMENDACIONES

Para el presente trabajo de tesis: "**Diseño de un sistema de fertirrigación en el cultivo de tara (*Carsalpinia spinosa*) en la zona alta del valle de Ica**" se sugiere lo siguiente:

- 1) Para el diseño de un sistema de fertirrigación, para los diferentes cultivos de la zona del valle de Ica, especialmente para el cultivo de tara, se sugiere seguir la metodología usada en el presente trabajo tanto para el diseño agronómico que toma en cuenta la relación suelo-agua-cultivo de tara y las condiciones climáticas de la zona en estudio, así como para el diseño hidráulico que se toma en cuenta las características hidráulicas de los emisores de riego, así como las características hidráulicas de las líneas laterales y líneas múltiples, además de la tubería principal para realizar un cálculo exacto de la potencia del sistema de bombeo, para el funcionamiento del sistema de fertirrigación en el cultivo de tara.
- 2) Utilizar el diseño agronómico en el cultivo de tara para un manejo eficiente del recurso hídrico y fertilizantes, así como en los demás cultivos que se conducen en la parte alta del valle de Ica, así como en otras zonas.
- 3) Promover la instalación de los sistemas de fertirrigación en todos los cultivos instalados en la zona del valle de Ica, como una manera de optimizar el uso del agua de riego y mejorar la calidad de la producción de los cultivos.

CAPÍTULO IX

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. ALMEYDA V. Y CABRERA C., *Incidencia de los factores climáticos sobre la evapotranspiración del cultivo de referencia (Eto) en las zonas de los valles de Ica y pampa de villacuri, informe de investigación, Facultad de agronomía UNICA, 50 pág. 2001.*
2. BOSWELL M, *Micro - irrigación Desing Manual publicación de Hardielirrigation, 220 pág. 1995.*
3. DORENBOS J. y PRUIT W.Q., *Necesidades de agua para los cultivos, Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1989.*
4. DE PACO J., *Fundamento de Calculo Hidráulico en los Sistemas de Riego y de Drenajes, España Mundi Prensa. 1992.*
5. KELLER J., *Manual de Diseño de Sistemas de Riegos por Aspersión y Goteo, International Irrigation Center, 410 pág. 1983.*
6. MEDINA SAN JUAN J., *Riego por Goteo 2da Edición, España Mundi Prensa. 1995.*
7. MOYA T., *Riego Localizado y Fertirrigacion, 1 era Edición, España Mundi Prensa. 1994.*
8. PIZARRO F., *Riegos Localizados de Alta Frecuencia, 2da Edición, España Mundi prensa. 1980.*
9. SOCIEDAD QUÍMICA y MINERALES De CHILE, *Soquimich Comercial (SQM), Libro Azul, Manual Basico de Fertirriego, 2da Edición. Chile, 2002.*
10. VEIRMEREN L. y Joblin B.A. , *Riego Localizado, Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1980.*
11. FAO "*Evapotranspiración del Cultivo, guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma 300 pág. 2006.*
12. HUAMANÍ V. y HUACHIN C (2015) "*Diseño de un Sistema de Fertirrigación para el cultivo de vid (Vitis vinífera C.) vaeidad Red Globe y Flame en la zona de Villacuri – Ica*" Tesis título de Ingeniero Agrónomo – UNICA – Ica.

13. TASAYCO I. y HUARCAYA A. (2017) “*Diseño de un Sistema de Fertirrigación en el cultivo de Pecano (Carya illinoensis koch) en la zona baja del valle de Ica*” Tesis Título de Ingeniero Agrónomo – UNICA - Ica